PEMANFAATAN TEKNOLOGI DYNAMIC SECURE QR CODE UNTUK MENINGKATKAN VALIDITAS DAN KEAMANAN TRANSAKSI E-TICKET

Proposal Tugas Akhir

Oleh

Fahreza Yunanda
18221013

PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Desember 2025

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN TEKNOLOGI DYNAMIC SECURE QR CODE UNTUK MENINGKATKAN VALIDITAS DAN KEAMANAN TRANSAKSI E-TICKET

Proposal Tugas Akhir

Oleh

Fahreza Yunanda
18221013

Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung

Proposal Tugas Akhir ini telah disetujui dan disahkan
di Bandung, pada tanggal 12 Desember 2025

Pembimbing

Dr. Yusuf Kurniawan S.T., M.T.

NIP. 197203262008011014

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR KODE

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Tiket atau karcis adalah surat kecil (carik kertas khusus) sebagai tanda telah membayar ongkos dan sebagainya (untuk naik bus, menonton bioskop, dan sebagainya). Tiket merupakan sebuah dokumen yang berfungsi sebagai bukti hak akses atau tanda pembayaran yang sah untuk menggunakan suatu layanan atau memasuki suatu area tertentu. Secara historis, tiket konvensional dalam bentuk fisik telah menjadi bagian tak terpisahkan dari berbagai sektor, mulai dari transportasi hingga hiburan. Namun, seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi, terjadi pergeseran paradigma menuju digitalisasi tiket menjadi tiket elektronik (*e-ticket*). Inovasi layanan ini sangat erat kaitannya dengan adopsi sistem teknis berbasis komputer yang memungkinkan peningkatan efisiensi dan efektivitas operasional (Lübeck dkk. 2012). Pergeseran paradigma tersebut didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan manajemen informasi yang sebelumnya sulit dilakukan dengan sistem manual atau kartu magnetik (Lübeck dkk. 2012).

Adopsi *e-ticket* mulai marak pada awal tahun 2000-an, yang dipelopori oleh industri penerbangan di tahun 1990-an, dan kini telah diadopsi secara masif di berbagai sektor. *E-ticket* menawarkan berbagai keunggulan signifikan dibandingkan tiket konvensional yang rentan terhadap inefisiensi. Lübeck dkk. (2012) menyoroti bahwa sistem konvensional seringkali terkendala oleh lemahnya kontrol operasional yang menyebabkan maraknya perdagangan tiket ilegal serta penyalahgunaan manfaat tiket khusus (seperti tiket pelajar) karena sulitnya identifikasi pengguna. Dari sisi pengguna, *e-ticket* memberikan kemudahan distribusi dan akses, menghilangkan risiko kehilangan tiket fisik, serta membantu menghindari antrean panjang. Selain itu, sistem ini juga lebih efisien dari segi biaya operasional karena mengurangi penggu-

naan kertas dan menghindari komisi yang dibayarkan kepada sistem distribusi dan agen.(Chen 2007).

Untuk merealisasikan berbagai keunggulan *e-ticket* tersebut, diperlukan medium representasi data yang efisien dan kompatibel dengan perangkat pengguna. Di antara berbagai alternatif teknologi, *Quick Response Code* (QR Code) muncul sebagai solusi dominan yang diadopsi secara luas dalam implementasi *e-ticket*. QR Code adalah jenis kode batang (*barcode*) matriks atau kode dua dimensi yang dapat menyimpan informasi digital (Shin dkk. 2012). Tidak seperti *barcode* satu dimensi, QR Code mengenkode data secara horizontal dan vertikal, menawarkan kepadatan informasi yang lebih tinggi dan kecepatan pembacaan yang lebih cepat (Alsuhibany 2025). Tiwari (2016) menjelaskan bahwa tingkat penerimaan QR Code yang tinggi secara global berbanding lurus dengan pertumbuhan pengguna ponsel pintar, yang memungkinkan teknologi ini menjangkau konsumen secara luas dan cepat. Ubikuitas perangkat pemindai yang terintegrasi dalam ponsel pintar, menjadikan QR Code pilihan yang praktis dan efisien untuk diterapkan sebagai medium *e-ticket*. Kepopuleran dan kemudahan akses tersebut mendorong adopsi luas QR Code pada gerbang transportasi maupun acara hiburan. Akan tetapi, di balik kenyamanan tersebut, model *e-ticket* konvensional yang mengandalkan QR Code dalam bentuk statis, secara inheren mewarisi celah keamanan yang serius.

Sistem *e-ticket* pada umumnya mengadopsi model QR Code statis. Pada model ini, data tiket seperti identitas pengguna atau tautan validasi, dienkode secara langsung ke dalam pola matriks citra. Karakteristik fundamental dari QR Code statis adalah informasi yang tersimpan di dalamnya bersifat tetap (*fixed information*) (Yanuarafi 2023); artinya, setelah kode dibangkitkan (*generated*), pola visualnya tidak akan berubah dan terus valid sepanjang masa berlaku tiket. Proses validasi bergantung sepenuhnya pada pemindaian di pintu masuk, yaitu saat alat pemindai menerjemahkan kembali pola matriks menjadi data identitas untuk dicocokkan dengan basis data. Meskipun arsitektur ini menawarkan kemudahan implementasi, menurut Yanuarafi (2023), penggunaan QR Code statis memiliki kelemahan signifikan dalam aspek keamanan. Sifatnya yang permanen membuat sistem ini rentan terhadap penyalahgunaan, seperti duplikasi ilegal dan pemalsuan, yang pada akhirnya mengancam integritas ekosistem *e-ticket* secara keseluruhan.

Kelemahan mendasar dari arsitektur statis adalah sifatnya yang "sekali terbit, berlaku selamanya" tanpa mekanisme pembaruan autentikasi. Celah tersebut dieksploitasi secara luas melalui serangan penggandaan (*cloning*) dan serangan putar ulang

(*replay attack*). Sung dkk. (2015) dalam analisis keamanannya menegaskan bahwa QR Code sangat mudah diduplikasi melalui fitur tangkapan layar (*screen capture*) pada perangkat seluler, yang kemudian dapat ditransfer ke pihak lain tanpa bisa dicegah oleh sistem konvensional. Dampak dari kerentanan ini menciptakan efek domino kerusakan pada ekosistem pertiketan. Pertama, pada aspek validasi di lapangan, insiden konser Coldplay di Jakarta tahun 2023 memperlihatkan kekacauan di pintu masuk ketika banyak pemegang tiket sah gagal mendapatkan akses karena tiket mereka telah digandakan dan digunakan lebih dulu oleh pihak lain. Berdasarkan analisis hukum, modus ini terjadi karena pelaku mempelajari desain visual tiket statis lalu menggandakannya untuk dijual ke banyak korban (Berma 2023). Kedua, lemahnya sistem keamanan turut menyuburkan praktik percaloan (*scalping*), yaitu dengan menjual kembali tiket yang telah dibeli secara legal, dengan harga berkali-kali lipat dari harga resmi sehingga merusak kewajaran pasar (Pamela 2023). Ketiga, kegagalan kontrol akses berlanjut hingga ke dalam arena, seperti pada salah satu pertandingan Timnas Indonesia di GBK. Pada kasus tersebut, penonton tanpa hak akses valid berhasil masuk dan menduduki kursi pemegang tiket sah, memicu konflik fisik dan ketidaknyamanan (Kurniawan 2024). Terakhir, dari sisi kerugian materiil, investigasi Kompas mengungkapkan data Pusat Pelaporan dan Analisis Transaksi Keuangan (PPATK) yang mencatat 182 kasus transaksi mencurigakan terkait penipuan tiket konser pada tahun 2024 dengan total nilai Rp 2,3 miliar (Diveranta dkk. 2025). Rangkaian kasus ini menegaskan bahwa sistem konvensional saat ini gagal memberikan perlindungan menyeluruh, baik dari sisi keamanan akses, keadilan harga, maupun perlindungan hak konsumen.

Kompleksitas permasalahan tersebut mulai dari kekacauan validasi fisik, inflasi harga akibat percaloan, hingga kerugian materiil akibat penipuan, membuktikan bahwa sistem verifikasi yang hanya mengandalkan QR Code statis tidak lagi memadai. Diperlukan sebuah pendekatan komprehensif untuk menjamin integritas transaksi dan data. Berdasarkan analisis masalah tersebut, sebuah sistem *e-ticket* yang ideal harus memiliki tiga karakteristik pertahanan utama. Pertama, tiket harus bersifat dinamis (*dynamic*) menggunakan mekanisme pembangkitan QR Code yang berubah secara berkala berbasis waktu, sehingga tangkapan layar menjadi tidak valid setelah durasi tertentu (Sung dkk. 2015). Kedua, tiket harus menjamin kerahasiaan (*confidentiality*) melalui enkripsi muatan data (*payload*) untuk melindungi privasi pengguna dari pembacaan data sembarangan serta risiko eksfiltrasi data dari penyimpanan lokal (Sung dkk. 2015). Ketiga, tiket harus bersifat aman (*secure*) menggunakan mekanisme tanda tangan digital (*digital signature*) yang menjamin aspek nirsangkal (*non-repudiation*), untuk memastikan tiket diterbitkan oleh otoritas yang sah dan

tidak dimodifikasi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *e-ticket* yang mengusung konsep *Dynamic Secure QR Code*. Urgensi penelitian ini difokuskan pada sektor hiburan dan olahraga skala besar, mengingat sektor ini memiliki risiko kerugian tertinggi akibat manipulasi tiket. Melalui implementasi sistem ini, diharapkan tercipta ekosistem pertiketan yang lebih sehat yang memberikan manfaat ganda: konsumen mendapatkan jaminan perlindungan hak akses dan data pribadi, sementara penyelenggara acara dapat memitigasi kebocoran pendapatan (*revenue leakage*) akibat tiket palsu. Penelitian ini akan berfokus pada pengembangan prototipe sistem yang mampu membangkitkan dan memvalidasi tiket dengan arsitektur keamanan berlapis tersebut.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, teridentifikasi adanya kelemahan fundamental pada arsitektur *e-ticket* berbasis QR Code statis yang rentan terhadap berbagai eksploitasi keamanan. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang arsitektur sistem *e-ticket* yang mengintegrasikan konsep *Dynamic Secure QR Code* untuk menjamin aspek kerahasiaan (*confidentiality*), integritas (*integrity*), dan nirsangkal (*non-repudiation*)?
2. Bagaimana mekanisme pembangkitan dan validasi tiket menggunakan kombinasi algoritma enkripsi, pembangkitan kode dinamis berbasis waktu, dan Tanda Tangan Digital untuk mencegah pemalsuan dan modifikasi tiket.
3. Bagaimana efektivitas penerapan kode dinamis berbasis waktu dalam memitigasi serangan penggandaan tiket (*cloning*) melalui tangkapan layar (*screenshot*) dan serangan putar ulang (*replay attack*) dibandingkan dengan sistem statis?

I.3 Tujuan

Mengacu pada rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Merancang arsitektur sistem *e-ticket* yang mampu memenuhi standar keamanan informasi, meliputi aspek kerahasiaan data (*confidentiality*), integritas data (*integrity*), dan nirsangkal (*non-repudiation*).
2. Mengimplementasikan prototipe (*proof-of-concept*) sistem yang dapat mem-

bangkitkan dan memvalidasi tiket menggunakan kombinasi enkripsi muatan, kode dinamis berbasis waktu, dan tanda tangan digital (*digital signature*).
3. Mengevaluasi efektivitas sistem yang diusulkan melalui serangkaian pengujian keamanan untuk membuktikan kemampuannya dalam memitigasi serangan penggandaan tiket (*cloning*) dan pemalsuan tiket (*forgery*).

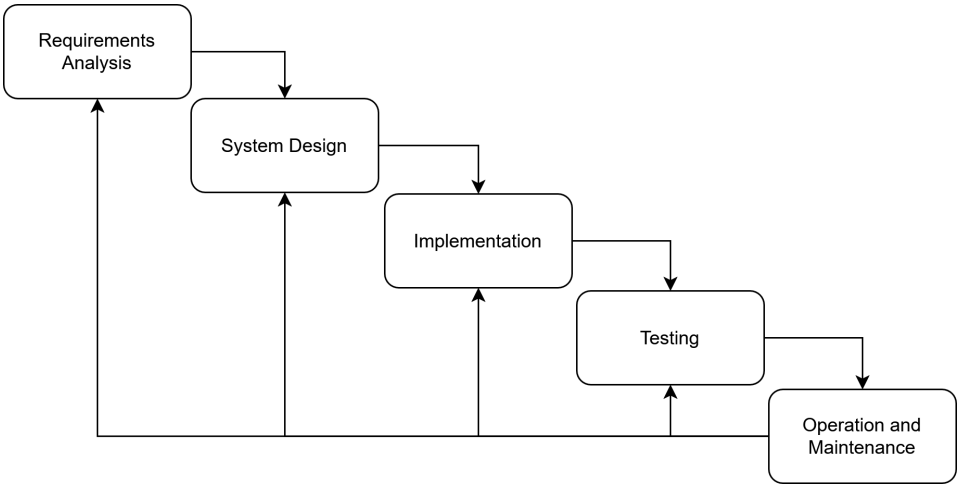
I.4 Batasan Masalah

Agar pengerjaan tugas akhir dapat lebih terarah dan tidak melenceng dari tujuan utamanya, ruang lingkup permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi modul inti keamanan, yaitu proses pembangkitan (*generation*) dan validasi (*validation*) *Dynamic Secure QR Code*, tanpa membahas aspek antarmuka pengguna (UI-/UX) secara mendalam.
2. Penelitian ini tidak akan membangun sistem *e-commerce* atau *marketplace* penjualan tiket yang utuh. Fitur pendukung seperti manajemen akun pengguna, gerbang pembayaran (*payment gateway*), dan manajemen acara (*event management*) berada di luar lingkup penelitian.
3. Luaran sistem yang dibangun berupa prototipe (*proof-of-concept*) yang bertujuan untuk mendemonstrasikan kelayakan logika keamanan, bukan sebagai aplikasi skala produksi yang siap dirilis secara komersial (siap pakai).
4. Implementasi teknis prototipe akan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan pustaka (*library*) kriptografi standar dan modul QR Code yang relevan.
5. Penelitian tidak mencakup perancangan perangkat keras (*hardware*) pemindai khusus. Proses pemindaian dan validasi diasumsikan dilakukan menggunakan perangkat lunak pada ponsel pintar berbasis kamera.

I.5 Metodologi

Pengerjaan tugas akhir ini menerapkan kerangka kerja *Software Development Life Cycle* (SDLC) dengan pendekatan model *Waterfall* sebagai metodologi. Model ini dipilih karena pengerjaan tugas akhir yang memiliki kebutuhan sistem (*requirements*) yang didefinisikan secara jelas di tahap awal, yaitu berfokus pada aspek keamanan QR Code, serta membutuhkan alur pengerjaan yang terstruktur. Tahapan pengembangan sistem dalam pengerjaan tugas akhir mengacu pada standar rekayasa perangkat lunak menurut Sommerville (2016), yang secara visual dapat dilihat pada Gambar I.1.



Gambar I.1 Alur Metodologi Penelitian Model Waterfall

Rincian tahapan yang akan dilalui selama pelaksanaan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. **Analisis Kebutuhan (*Requirements Analysis*)**
   Tahapan ini merupakan langkah fundamental untuk mengumpulkan fakta empiris dan merumuskan spesifikasi kebutuhan sistem. Proses investigasi dilakukan dengan mengobservasi fenomena kegagalan sistem *e-ticket* pada acara berskala besar di media sosial, serta mengumpulkan data sekunder dari sumber kredibel, seperti laporan PPATK dan pemberitaan media massa terkait modus kejahatan tiket. Selain itu, dilakukan studi literatur terhadap penelitian terdahulu dan standar teknis terkait algoritma kriptografi untuk menentukan kombinasi teknologi yang tepat, seperti mekanisme *Time-based One-Time Password* (TOTP) dan Tanda Tangan Digital, untuk menjawab permasalahan keamanan yang telah dirumuskan.
2. **Perancangan Sistem (*System Design*)**
   Pada tahap ini, spesifikasi kebutuhan diterjemahkan menjadi representasi desain perangkat lunak yang mencakup tiga fokus utama. Pertama, dilakukan pemodelan arsitektur sistem dengan merancang diagram arsitektur yang menggambarkan interaksi antara sisi klien (aplikasi seluler) dan sisi server (*backend*). Kedua, dilakukan perancangan logika dan alur data melalui pembuatan diagram alur (*Flowchart*) dan diagram aktivitas (*Activity Diagram*) untuk mendetailkan algoritma pembangkitan tiket yang melibatkan proses enkripsi *payload* dan penandatanganan digital. Terakhir, tahap ini meliputi perancangan antarmuka pengguna (*User Interface*) untuk aplikasi seluler guna memastikan fitur pemindaian dan tampilan tiket dapat digunakan dengan baik.

3. **Implementasi (*Implementation*)**

   Tahapan ini bertujuan untuk merealisasikan rancangan desain menjadi unit program yang fungsional. Implementasi dilakukan dengan mengembangkan aplikasi seluler (*mobile app*) menggunakan kerangka kerja **React Native/Expo** yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna dan alat pemindai QR Code. Aplikasi ini akan terintegrasi dengan logika keamanan inti yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python, yang bertugas menangani proses kriptografi, pembangkitan token dinamis, dan validasi tanda tangan digital di sisi *backend*.

4. **Pengujian (*Testing*)**

   Setelah prototipe berhasil dibangun, tahap pengujian dilakukan untuk memverifikasi keandalan sistem dan memastikannya bebas dari cacat logika keamanan. Pengujian akan dilakukan menggunakan skenario *Security Testing* yang mensimulasikan serangan nyata, seperti uji ketahanan terhadap serangan tangkapan layar (*screenshot*) dan uji deteksi pemalsuan tiket. Tujuannya adalah untuk membuktikan secara empiris bahwa sistem mampu menolak tiket yang tidak sah atau tiket yang telah dimodifikasi.

5. **Operasi dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance*)**

   Dalam konteks pengerjaan tugas akhir, tahapan ini diadaptasi menjadi fase dokumentasi dan penyusunan laporan. Pengerjaannya difokuskan pada penyusunan laporan akhir. Seluruh artefak tugas akhir, mulai dari hasil analisis, desain, kode program, hingga hasil pengujian, akan didokumentasikan secara sistematis. Tahapan ini juga mencakup penarikan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan di awal penelitian serta saran perbaikan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1 Sistem Tiket Elektronik (*E-Ticket*)

Perkembangan teknologi informasi telah mengubah paradigma layanan di berbagai sektor industri, termasuk dalam manajemen akses dan reservasi melalui sistem tiket elektronik atau *e-ticket*. Subbab ini akan membahas definisi, evolusi, serta karakteristik fundamental dari sistem *e-ticket*.

II.1.1 Definisi dan Konsep Dasar

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), tiket atau karcis adalah surat kecil (carik kertas khusus) sebagai tanda telah membayar ongkos dan sebagainya (untuk naik bus, menonton bioskop, dan sebagainya). Tiket merupakan dokumen yang berfungsi sebagai hak akses atau tanda pembayaran yang sah untuk menggunakan suatu layanan. Seiring dengan perkembangan teknologi, terjadi transformasi bentuk tiket konvensional yang berbasis kertas menjadi wujud digital yang tersimpan dalam basis data komputer, yang disebut sebagai *electronic ticket* atau *e-ticket*.

Secara konseptual, *e-ticket* bukan sekadar penggantian media kertas, melainkan sebuah kontrak digital yang merepresentasikan hak kepemilikan (*entitlement*) atas suatu layanan atau produk. Informasi yang sebelumnya tercetak di atas kertas—seperti detail acara, nomor kursi, dan identitas pemegang—kini dikodekan menjadi data digital yang dihubungkan dengan basis data di server pusat. Hal ini memungkinkan proses validasi dilakukan secara *real-time* melalui pencocokan data, bukan sekadar pemeriksaan visual fisik kertas.

II.1.2 Evolusi dan Transformasi Digital

Pergeseran menuju *e-ticket* merupakan bagian dari proses inovasi layanan yang lebih luas. Dalam konteks transportasi publik, Lübeck dkk. (2012) menjelaskan bah-

wa tiket elektronik dikembangkan sebagai evolusi dari sistem kartu pita magnetik dan tiket kertas konvensional. Pengembangan ini didorong oleh kekhawatiran akan inefisiensi dalam manajemen informasi dan kontrol operasi pada sistem terdahulu.

Pada fase awal, sistem konvensional seringkali terkendala oleh keterbatasan dalam pelacakan data. Adopsi sistem teknis terkomputerisasi kemudian muncul sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional. Menurut Lübeck dkk. (2012), implementasi sistem tiket elektronik merupakan bentuk inovasi proses yang merampingkan dan mengkualifikasi operasional dengan mengurangi proses manual sehingga meningkatkan kualitas layanan secara keseluruhan. Transformasi ini mengubah cara pengelolaan informasi karena sistem kini mampu meregistrasi pengguna, mengontrol penjualan kredit, dan menerbitkan laporan manajemen yang akurat untuk pemantauan data.

II.1.3 Keunggulan dan Efisiensi Operasional

Adopsi luas sistem *e-ticket* didorong oleh berbagai keunggulan signifikan dibandingkan sistem konvensional. Chen (2007) menyoroti bahwa motivasi utama maskapai penerbangan beralih ke *e-ticketing* adalah penghematan biaya distribusi tiket dan biaya penanganan (*handling overheads*). Sistem ini memungkinkan eliminasi tiket kertas, yang berdampak langsung pada pengurangan biaya tenaga kerja, pencetakan, pengiriman, dan akuntansi. Bagi pengguna, manfaat utamanya adalah kenyamanan akibat sifat tiket yang *paperless*, yang secara spesifik menghilangkan risiko kehilangan tiket fisik sebelum perjalanan.

Di sisi lain, dalam konteks transportasi darat, Lübeck dkk. (2012) menekankan bahwa keuntungan krusial dari *e-ticket* terletak pada peningkatan manajemen informasi dan kontrol. Sistem ini efektif membatasi perdagangan tiket ilegal (*illegal trade*) yang sebelumnya marak terjadi pada tiket fisik, serta mempersulit penyalahgunaan manfaat tiket khusus (seperti tiket pelajar) karena kredit tiket kini bersifat personal dan tidak dapat dipindahtangankan. Selain itu, sistem elektronik juga meningkatkan keamanan dengan mengurangi jumlah uang tunai yang beredar di dalam kendaraan, sehingga mengurangi daya tarik bagi tindak kejahatan seperti perampokan.

II.2 Teknologi *Quick Response* (QR) Code

II.2.1 Sejarah dan Prinsip Kerja

Quick Response Code (QR Code) adalah jenis kode batang matriks dua dimensi yang dikembangkan oleh Denso Wave pada tahun 1994. Awalnya ditujukan untuk pelacakan inventaris suku cadang kendaraan, teknologi ini kini telah diadopsi secara masif di berbagai sektor mulai dari pemasaran hingga manajemen akses (Tiwari 2016; Shin dkk. 2012). Shin dkk. (2012) mendefinisikan QR Code sebagai pola persegi yang terdiri dari modul hitam dengan latar belakang putih yang dirancang untuk didekodekan dengan kecepatan tinggi menggunakan perangkat pemindai atau kamera ponsel pintar.

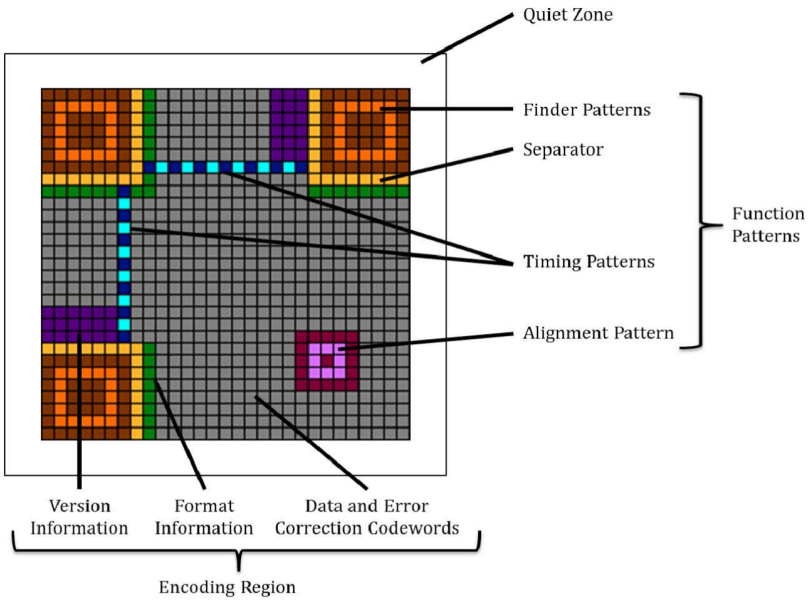
Berbeda dengan kode batang (*barcode*) satu dimensi yang hanya menyimpan data secara horizontal, QR Code mengodekan informasi dalam dua arah, yaitu vertikal dan horizontal. Struktur dua dimensi ini memungkinkan QR Code memiliki densitas informasi yang jauh lebih tinggi dan kapasitas penyimpanan yang lebih besar dalam ruang fisik yang lebih kecil dibandingkan pendahulunya (Alsuhibany 2025). Kapasitas ini memungkinkan penyimpanan berbagai jenis mode data, termasuk numerik, alfanumerik, biner, hingga karakter Kanji (Tiwari 2016), yang menjadikannya medium ideal untuk menyimpan data tiket elektronik yang kompleks.

II.2.2 Struktur QR Code

Kemampuan QR Code untuk dibaca dengan cepat dan akurat (*high-speed reading*) didukung oleh strukturnya yang unik. Berdasarkan spesifikasi teknis yang dijelaskan oleh Tiwari (2016), setiap simbol QR Code dibangun dari modul-modul persegi yang disusun dalam *array* persegi reguler. Struktur ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu pola fungsi (*function patterns*) dan wilayah pengodean (*encoding region*), yang dikelilingi oleh batas zona tenang (*quiet zone*) di keempat sisinya.

Wilayah pengodean (*encoding region*) berisi data yang merepresentasikan informasi versi, informasi format, data konten, dan *codeword* koreksi kesalahan. Sementara itu, pola fungsi adalah bentuk-bentuk spesifik yang ditempatkan di area tertentu untuk memastikan pemindai dapat mengidentifikasi dan mengorientasikan kode dengan benar. Terdapat empat jenis pola fungsi, yaitu *finder pattern*, *separator*, *timing patterns*, dan *alignment patterns*.

Komponen visual utama QR Code dapat dilihat pada Gambar II.1, dan untuk rincian dari *function patterns* dijelaskan sebagai berikut:



Gambar II.1 Struktur QR Code (Tiwari 2016)

a) ***Finder Pattern*:** Tiga struktur kotak konsentris yang terletak di sudut kiri atas, kanan atas, dan kiri bawah. Pola ini memungkinkan pemindai mendeteksi posisi dan orientasi kode dari segala arah (360 derajat), sehingga pemindaian dapat dilakukan secara omni-direksional.
b) ***Separators*:** Area selebar satu modul berwarna putih (kosong) yang terletak di antara setiap *finder pattern* dan wilayah pengodean (*encoding region*) untuk memisahkan keduanya.
c) ***Alignment Pattern*:** Pola yang berfungsi mengoreksi distorsi jika kode dipindai pada permukaan melengkung atau sudut miring.
d) ***Timing Pattern*:** Garis putus-putus yang menghubungkan pola pencari untuk menentukan koordinat modul dan kepadatan simbol.
e) ***Quiet Zone*:** Area margin kosong di sekeliling simbol (minimal selebar 4 modul) yang memisahkan kode dari elemen visual di sekitarnya.

II.2.3 Koreksi Kesalahan (*Error Correction*)

Salah satu keunggulan teknis QR Code yang krusial untuk implementasi *e-ticket* adalah kemampuan koreksi kesalahan menggunakan algoritma Reed-Solomon. Fitur ini memungkinkan data tetap dapat dipulihkan dan dibaca meskipun sebagian area simbol rusak atau kotor (Tiwari 2016). Tingkat koreksi kesalahan dibagi menjadi empat level sebagaimana ditampilkan pada Tabel II.1.

Pemilihan level koreksi kesalahan ini menjadi pertukaran (*trade-off*) antara keta-

Tabel II.1 Tingkat Koreksi Kesalahan (*Error Correction Level*) pada QR Code (Tiwari 2016)

Level	Keterangan	Kemampuan Pemulihan Data
L	*Low* (Rendah)	$\approx 7\%$
M	*Medium* (Menengah)	$\approx 15\%$
Q	*Quartile* (Tinggi)	$\approx 25\%$
H	*High* (Sangat Tinggi)	$\approx 30\%$

hanan kode dan kapasitas data. Untuk tiket elektronik yang berisiko mengalami kerusakan fisik (jika dicetak) atau gangguan tampilan layar, level M atau Q umumnya direkomendasikan (Tiwari 2016).

II.2.4 QR Code Statis vs. Dinamis

Dalam implementasi sistem informasi, QR Code dikategorikan berdasarkan sifat data yang dikandungnya. Pemahaman terhadap perbedaan ini sangat krusial dalam konteks keamanan tiket.

a) **QR Code Statis**
Informasi dienkodekan secara langsung dan permanen ke dalam pola matriks. Sifatnya yang *fixed information* berarti data tidak dapat diubah setelah kode dibangkitkan. Yanuarafi (2023) mencatat bahwa jenis ini memiliki kelemahan keamanan karena pola visualnya yang tetap memudahkan pelaku kejahatan untuk melakukan duplikasi.

b) **QR Code Dinamis (Konvensional)**
Dalam definisi pemasaran umum, QR dinamis menyimpan sebuah tautan pendek (*short URL*) yang mengarahkan pengguna ke server tujuan. Pola QR tetap sama, namun konten di server bisa diubah. Meskipun fleksibel, pendekatan ini masih rentan terhadap penggandaan jika tautan tersebut tidak dilindungi mekanisme otentikasi tambahan.

c) **QR Code Dinamis Berbasis Waktu (Konteks Pengerjaan Tugas Akhir)**
Berbeda dengan definisi konvensional, pengerjaan tugas akhir ini mengadopsi konsep dinamis yang muatan data (*payload*) berubah secara periodik menggunakan algoritma berbasis waktu. Hal ini menyebabkan pola visual QR Code berubah total setiap interval waktu tertentu. Sung dkk. (2015) menyoroti pentingnya mekanisme kedaluwarsa (*expiration*) pada QR Code untuk mencegah penggunaan ulang kode yang telah disalin. Dengan pendekatan ini, salinan tiket hasil tangkapan layar (*screenshot*) akan menjadi tidak valid secara otomatis setelah durasi waktu tertentu habis.

II.3 Ancaman dan Kerentanan pada Sistem *E-Ticket*

Dalam konteks keamanan informasi, penting untuk membedakan antara ancaman (*threat*) dan serangan (*attack*). **Ancaman** merujuk pada potensi kejadian negatif yang dapat merugikan aset sistem, reputasi, atau nilai ekonomi penyedia layanan. Sementara itu, **serangan** adalah metode atau teknik spesifik yang dieksekusi oleh pelaku kejahatan untuk mengeksploitasi celah keamanan guna merealisasikan ancaman tersebut. Subbab ini akan menguraikan lanskap ancaman dari perspektif bisnis dan operasional, serta menganalisis vektor serangan teknis yang memungkinkan ancaman tersebut terjadi.

II.3.1 Identifikasi Ancaman (*Threat Landscape*)

Ancaman merepresentasikan risiko tingkat tinggi yang dihadapi oleh ekosistem pertiketan. Berdasarkan studi kasus dan literatur terkini, terdapat tiga kategori ancaman utama yang menjadi fokus mitigasi:

a) **Praktik Percaloan (*Scalping*)**
   Ancaman ekonomi yang terjadi ketika tiket diborong oleh calo untuk dijual kembali dengan harga berkali-kali lipat dari harga normalnya yang merusak kewajaran pasar. Pamela (2023) melaporkan bahwa praktik ini sangat merugikan konsumen secara finansial dan merusak reputasi penyelenggara acara.

b) **Penipuan Tiket (*Fraud*)**
   Ancaman kriminal berupa penjualan tiket palsu atau tiket yang tidak valid kepada konsumen. Investigasi Diveranta dkk. (2025) mencatat kerugian miliaran rupiah akibat praktik ini, yang mengancam kepercayaan publik terhadap sistem penjualan tiket digital.

c) **Infiltrasi Akses Ilegal**
   Ancaman operasional yang terjadi ketika individu tidak berhak berhasil memasuki area acara. Hal ini tidak hanya merugikan pendapatan, tetapi juga menimbulkan risiko keamanan fisik dan ketidaknyamanan bagi pemegang tiket sah yang kursinya ditempati pihak lain (Kurniawan 2024).

II.3.2 Analisis Vektor Serangan (*Attack Vectors*)

Untuk mewujudkan ancaman-ancaman di atas, pelaku kejahatan menggunakan berbagai metode serangan teknis yang mengeksploitasi kelemahan pada QR Code statis. Berikut adalah analisis mengenai metode serangan tersebut:

II.3.2.1 Serangan Penggandaan (*Cloning Attack*)

Serangan ini merupakan metode utama untuk melakukan penipuan tiket. Pelaku menyalin citra QR Code yang sah melalui fitur tangkapan layar (*screen capture*) dan mendistribusikannya kepada korban. Sung dkk. (2015) menegaskan bahwa kerentanan utama sistem *mobile* adalah kemudahan menduplikasi tampilan layar, yang disebabkan oleh sistem statis yang gagal membedakan antara citra asli di aplikasi dan citra salinan di galeri foto.

II.3.2.2 Serangan Putar Ulang (*Replay Attack*)

Serangan ini mengeksploitasi validitas data tiket yang tidak memiliki batasan waktu yang ketat. Dalam skenario ini, data tiket yang sah ditangkap (disalin) dan dikirimkan ulang (*replayed*) ke sistem pemindai di waktu atau lokasi berbeda. Tanpa mekanisme kedaluwarsa (*expiration*), tiket yang sama dapat digunakan berulang kali untuk memasukkan banyak orang. Sung dkk. (2015) menyarankan penggunaan kedaluwarsa pada kode untuk membatalkan validitasnya setelah jangka waktu tertentu guna mematahkan serangan ini.

II.3.2.3 Eksfiltrasi Data (*Data Exfiltration*)

Serangan ini menargetkan kerahasiaan data pengguna. Sung dkk. (2015) menjelaskan bahwa data kredensial yang disimpan tanpa enkripsi di penyimpanan lokal perangkat rentan dicuri oleh *malware*. Informasi yang dicuri ini kemudian dapat digunakan oleh penyerang untuk merekonstruksi tiket valid atau melakukan pencurian identitas pengguna.

II.4 Landasan Teori Kriptografi untuk Solusi

Solusi keamanan yang diusulkan dalam penelitian ini, yaitu *Dynamic Secure QR Code*, dibangun di atas fondasi algoritma kriptografi modern. Subbab ini akan menguraikan konsep teoretis dari teknologi kriptografi yang digunakan, meliputi kriptografi asimetris sebagai kerangka kerja utama, tanda tangan digital untuk menjamin aspek nirsangkal, serta algoritma *Time-based One-Time Password* (TOTP) sebagai mekanisme pembaruan kode secara dinamis.

II.4.1 Kriptografi Asimetris (*Public-Key Cryptography*)

Kriptografi asimetris, atau sering disebut kriptografi kunci publik, merupakan konsep fundamental dalam keamanan informasi modern yang diperkenalkan untuk meng-

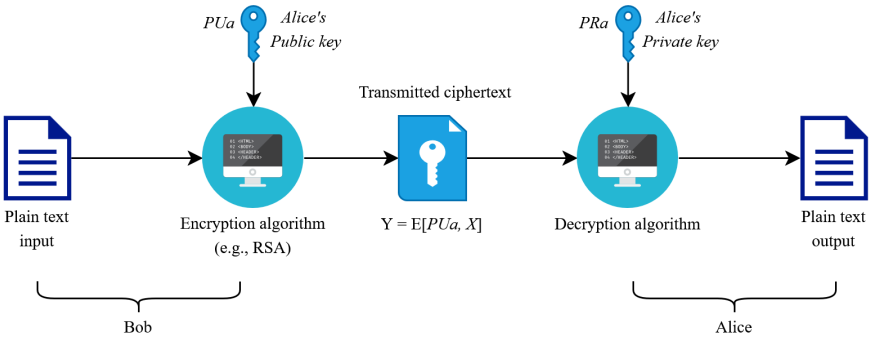
atasi kelemahan distribusi kunci pada kriptografi simetris. Stallings (2022) menjelaskan bahwa skema ini menggunakan dua kunci berbeda yang saling berkaitan secara matematis, yaitu kunci publik dan kunci privat.

Stallings (2022) menjelaskan, skema enkripsi kunci publik terdiri dari enam komponen utama yang saling berinteraksi, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar II.2. Komponen-komponen tersebut adalah:

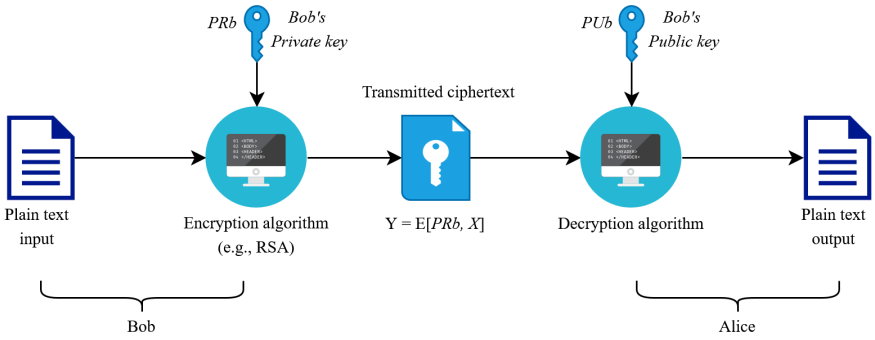
a) ***Plaintext*:** Ini adalah pesan atau data asli yang dapat dibaca (*readable*) yang dimasukkan ke dalam algoritma sebagai input.
b) **Algoritma Enkripsi:** Algoritma yang melakukan berbagai transformasi matematis terhadap *plaintext* untuk mengubahnya menjadi bentuk yang tidak dapat dibaca.
c) **Kunci Publik dan Privat:** Sepasang kunci yang telah dipilih sedemikian rupa sehingga jika salah satu digunakan untuk enkripsi, maka kunci pasangannya digunakan untuk dekripsi. Transformasi pasti yang dilakukan oleh algoritma bergantung pada kunci publik atau privat yang diberikan sebagai input.
d) ***Ciphertext*:** Pesan terenkripsi atau teracak yang dihasilkan sebagai output. *Ciphertext* bergantung pada *plaintext* dan kunci yang digunakan. Untuk pesan yang sama, dua kunci yang berbeda akan menghasilkan dua *ciphertext* yang berbeda.
e) **Algoritma Dekripsi:** Algoritma yang menerima *ciphertext* dan kunci pasangan yang cocok (kunci privat jika dienkripsi dengan publik, atau sebaliknya), lalu menghasilkan kembali *plaintext* asli.

Mekanisme kerja sistem ini didasarkan pada fungsi satu arah (*one-way function*). Dalam skenario menjaga kerahasiaan (*confidentiality*), pengirim menggunakan kunci publik penerima untuk mengenkripsi pesan, dan hanya penerima yang memiliki kunci privat pasangannya yang dapat mendekripsi pesan tersebut (Gambar II.2a). Sebaliknya, dalam skenario autentikasi, kunci privat digunakan untuk mengenkripsi (menandatangani) pesan, yang kemudian dapat diverifikasi oleh siapa saja menggunakan kunci publik (Gambar II.2b).

Pada pengerjaan tugas akhir ini, secara spesifik akan memanfaatkan algoritma *Elliptic Curve Cryptography* (ECC). Berbeda dengan algoritma RSA yang mendasarkan keamanannya pada faktorisasi bilangan prima besar, ECC mendasarkan keamanannya pada masalah logaritma diskrit kurva eliptik (*Elliptic Curve Discrete Logarithm Problem*). Keunggulan utama ECC adalah efisiensi sumber daya yang dijelaskan Bafandehkar dkk. (2013) dalam studi perbandingannya, menunjukkan bahwa ECC mampu memberikan tingkat keamanan yang setara dengan RSA namun de-



(a) Enkripsi Kunci Publik (Kerahasiaan)



(b) Enkripsi Kunci Privat (Autentikasi)

Gambar II.2 Skema Enkripsi Kunci Publik (Stallings 2022)

ngan ukuran kunci yang jauh lebih kecil. Sebagai ilustrasi, kunci ECC sebesar 160-bit menawarkan tingkat keamanan yang setara dengan kunci RSA 1024-bit. Karakteristik ini menjadikan ECC sangat ideal untuk diimplementasikan pada perangkat dengan sumber daya komputasi terbatas seperti ponsel pintar dalam sistem *e-ticket*.

II.4.2 Tanda Tangan Digital (*Digital Signature*)

Tanda tangan digital adalah mekanisme kriptografi yang berfungsi sebagai analog digital dari tanda tangan tulisan tangan, namun dengan tingkat keamanan yang jauh lebih tinggi karena melekat secara matematis pada dokumen yang ditandatangani. Menurut Stallings (2022), tanda tangan digital memberikan tiga jaminan keamanan utama: autentikasi sumber (memastikan pengirim adalah pihak yang sah), integritas data (memastikan data tidak diubah sejak ditandatangani), dan nirsangkal (*non-repudiation*) (pengirim tidak dapat menyangkal telah mengirim pesan tersebut).

Proses pembuatan tanda tangan digital melibatkan penggunaan fungsi *hash* dan kunci privat pengirim. Data atau pesan (*message*) terlebih dahulu diproses melalui

fungsi *hash* untuk menghasilkan nilai ringkasan (*digest*) yang unik. Nilai *hash* ini kemudian dienkripsi menggunakan kunci privat pengirim untuk membentuk tanda tangan digital. Pada sisi penerima (verifikator), proses validasi dilakukan dengan mendekripsi tanda tangan menggunakan kunci publik pengirim untuk mendapatkan nilai *hash* asli, dan membandingkannya dengan nilai *hash* yang dihitung ulang dari data yang diterima. Jika kedua nilai tersebut identik, maka integritas dan keaslian data terjamin. Dalam penelitian ini, algoritma yang digunakan adalah *Elliptic Curve Digital Signature Algorithm* (ECDSA), yang merupakan varian dari DSA yang beroperasi pada grup kurva eliptik.

II.4.3 *Time-based One-Time Password* (TOTP)

Untuk mencapai karakteristik dinamis pada sistem *e-ticket*, penelitian ini mengadopsi algoritma *Time-based One-Time Password* (TOTP). TOTP merupakan pengembangan dari algoritma *HMAC-based One-Time Password* (HOTP) yang didefinisikan dalam standar IETF RFC 4226. HOTP membangkitkan kata sandi sekali pakai berdasarkan penghitung kejadian (*event counter*) yang disinkronisasi antara klien dan server. Rumus dasar HOTP didefinisikan sebagai berikut:

$$HOTP(K, C) = Truncate(HMAC\text{-}SHA\text{-}1(K, C)) \tag{II.1}$$

Keterangan:

- K adalah kunci rahasia bersama (*shared secret key*).
- C adalah nilai pencacah (*counter*).
- $HMAC\text{-}SHA\text{-}1$ adalah fungsi *keyed-hash message authentication code*.

Namun, HOTP memiliki kelemahan potensial berupa desinkronisasi jika tombol pembangkit ditekan berulang kali tanpa validasi ke server. Untuk mengatasi hal ini, diperkenalkan TOTP melalui standar RFC 6238. TOTP menggantikan nilai pencacah (C) dengan nilai waktu terkini. Algoritma ini menggunakan interval waktu (*time step*) sebagai faktor pengubah, sehingga kode yang dihasilkan akan valid hanya dalam jendela waktu tertentu (misalnya 30 detik).

Perhitungan nilai langkah waktu (T) dalam TOTP dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \lfloor \frac{CurrentTime - T0}{X} \rfloor \tag{II.2}$$

Keterangan:

- $CurrentTime$ adalah waktu saat ini dalam detik (biasanya format *Unix epoch*).
- $T0$ adalah waktu awal penghitungan (biasanya 0).
- X adalah durasi langkah waktu (*time step*), yang secara *default* adalah 30 detik.

Dengan demikian, nilai TOTP dibangkitkan dengan memasukkan nilai T ke dalam fungsi HOTP:

$$TOTP = HOTP(K, T) \tag{II.3}$$

Penggunaan TOTP menjamin bahwa *payload* QR Code akan selalu berubah secara periodik mengikuti waktu server, sehingga memitigasi risiko serangan putar ulang (*replay attack*) akibat penggunaan tiket hasil tangkapan layar yang telah kedaluwarsa.

II.5 Penelitian Terkait

Pengembangan sistem keamanan berbasis QR Code telah menjadi subjek penelitian yang aktif dalam beberapa tahun terakhir seiring dengan meningkatnya ancaman digital. Subbab ini meninjau secara mendalam beberapa penelitian terdahulu yang relevan untuk memetakan posisi dan kontribusi penelitian ini. Tinjauan dilakukan terhadap tiga perspektif utama, yaitu: (1) mekanisme anti-pemalsuan pada media fisik, (2) analisis kerentanan pada autentikasi seluler, dan (3) studi implementasi QR Code dinamis.

II.5.1 Sistem QR Code Anti-Pemalsuan Berbasis *Watermarking* dan CNN (Alsuhibany 2025)

Dalam studi ini, Alsuhibany (2025) mengembangkan sistem untuk memitigasi ancaman substitusi kode batang (*barcode substitution fraud*) dan serangan pencetakan ulang (*reprinting attack*) yang sering terjadi pada label produk dan dokumen fisik. Alsuhibany (2025) mengidentifikasi bahwa QR Code standar tidak memiliki fitur keamanan inheren, sehingga pelaku kejahatan dapat dengan mudah menyalin atau mengganti kode asli dengan kode palsu untuk memanipulasi informasi produk. Hal ini tidak hanya menyebabkan kerugian finansial, tetapi juga merusak kepercayaan konsumen sehingga memerlukan pengawasan manual yang lebih ketat.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan keamanan dua lapis. Lapisan pertama adalah mekanisme *tamper-proof generation* menggunakan teknik *digital watermarking* pada domain spasial. Teknik ini menyisipkan pola keamanan unik (yang berbeda untuk setiap pasar) ke dalam citra QR Code menggunakan metode modifikasi *Least Significant Bit* (LSB). Penulis mengklaim bahwa metode ini dipilih karena kesederhanaannya dan ketahanannya terhadap distorsi umum seperti pencetakan dan pemindaian ulang. Lapisan kedua adalah mekanisme verifikasi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Model tersebut dilatih untuk mendeteksi perbedaan mikroskopis atau degradasi kualitas (*noise*) yang membedakan antara QR Code asli dan hasil cetak ulang (*reprinted*).

Meskipun metode ini terbukti efektif dalam mendeteksi pemalsuan pada media fisik, pendekatannya memiliki keterbatasan jika diterapkan pada tiket digital berbasis layar ponsel. Dalam ekosistem *e-ticket*, ancaman utama adalah duplikasi melalui tangkapan layar (*screenshot*) yang menghasilkan salinan digital identik secara bit-per-bit, tanpa degradasi fisik yang dapat dideteksi oleh model CNN tersebut. Oleh karena itu, solusi berbasis analisis citra statis seperti yang ditawarkan Alsuhibany perlu dilengkapi dengan mekanisme dinamis (perubahan konten) untuk mematahkan validitas salinan digital tersebut.

II.5.2 Analisis Kerentanan Autentikasi Seluler Berbasis QR Code (Sung dkk. 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Sung dkk. (2015) menyajikan analisis keamanan komprehensif terhadap sistem autentikasi yang menggunakan QR Code pada perangkat seluler. Berbeda dengan pandangan umum yang menganggap QR Code aman, penelitian ini mengungkap berbagai vektor serangan kritis, khususnya yang terjadi pada sisi klien (*client-side*).

Sung dkk. (2015) mengklasifikasikan kerentanan tersebut ke dalam beberapa kategori utama. Pertama, kerentanan penggandaan (*cloning*), adalah ketika QR Code mudah disalin melalui fitur tangkapan layar (*screen capture*) karena sistem tidak dapat membedakan citra asli di aplikasi dengan citra salinan. Kedua, serangan putar ulang (*replay attack*) yang terjadi ketika kode valid digunakan kembali di luar waktu yang diizinkan. Ketiga, eksfiltrasi data (*stored data exfiltration*), yaitu risiko pencurian data kredensial yang tersimpan di memori lokal perangkat oleh aplikasi berbahaya (*malware*) jika tidak dilindungi oleh enkripsi yang memadai. Selain itu, penelitian ini juga membahas ancaman lain seperti penyadapan pesan jaringan (*ne-*

twork eavesdropping) dan pengungkapan algoritma internal melalui teknik rekayasa balik (*reverse engineering*).

Sebagai usulan mitigasi terhadap implementasi perangkat lunak, Sung dkk. (2015) mengusulkan kerangka kerja implementasi aman (*secure implementation*) yang mencakup beberapa lapisan pertahanan. Rekomendasi utamanya meliputi penerapan mekanisme kedaluwarsa (*expiration*) untuk mencegah serangan putar ulang, enkripsi data penyimpanan untuk mencegah eksfiltrasi, serta pengaburan kode (*code obfuscation*) untuk mempersulit analisis algoritma oleh penyerang. Penelitian tugas akhir ini akan mengadopsi beberapa rekomendasi tersebut dengan cara mengimplementasikan algoritma TOTP untuk manajemen kedaluwarsa otomatis dan enkripsi asimetris pada *payload* tiket guna melindungi data dari risiko eksfiltrasi dan manipulasi.

II.5.3 Studi Komparasi QR Code Statis dan Dinamis (Yanuarafi 2023)

Dalam konteks implementasi sistem autentikasi kehadiran, Yanuarafi (2023) melakukan studi komparatif antara penggunaan QR Code statis dan dinamis pada sistem presensi pegawai di lingkungan universitas. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh maraknya kecurangan presensi yang terjadi akibat kelemahan sistem statis, yang terjadi akibat kode identitas yang bersifat tetap mudah disalin dan dibagikan kepada rekan kerja untuk melakukan presensi palsu ("titip absen").

Hasil penelitian menunjukkan bahwa QR Code dinamis memiliki keunggulan signifikan dalam aspek keamanan dibandingkan varian statis. Dengan mekanisme perubahan kode secara berkala, celah keamanan berupa penggunaan ulang kode (*reuse*) atau penggandaan kode statis dapat diminimalisasi secara efektif. Yanuarafi (2023) menyimpulkan bahwa meskipun implementasi sistem dinamis membutuhkan sumber daya komputasi yang lebih besar, tingkat akurasi dan keamanan data yang dihasilkan jauh lebih tinggi, menjadikannya standar yang direkomendasikan untuk sistem yang membutuhkan manajemen absensi yang baik.

Meskipun penelitian ini berhasil membuktikan keunggulan konsep dinamis, fokus utamanya terletak pada fungsionalitas aplikasi presensi dan pencegahan berbagi kode secara sederhana. Penelitian tersebut belum membahas mekanisme perlindungan integritas data secara kriptografis, seperti penggunaan tanda tangan digital (*digital signature*), untuk menjamin bahwa data dinamis yang dihasilkan benar-benar berasal dari otoritas yang sah dan tidak dimanipulasi oleh pihak ketiga selama proses transmisi. Celah inilah yang akan dilengkapi oleh penelitian Tugas Akhir ini melalui

arsitektur *Dynamic Secure QR Code*.

II.5.4 Posisi Penelitian dan Kontribusi

Berdasarkan tinjauan literatur di atas, dapat dipetakan bahwa penelitian-penelitian terdahulu umumnya berfokus pada salah satu aspek keamanan secara terpisah. Belum banyak ditemukan sistem yang mengintegrasikan mekanisme pertahanan secara holistik untuk menjawab tiga kebutuhan utama keamanan tiket, yaitu: (1) Aspek dinamis untuk mencegah serangan penggandaan, (2) aspek kerahasiaan untuk melindungi data privasi pengguna, dan (3) aspek integritas untuk menjamin keaslian penerbit tiket.

Penelitian ini bertujuan mengisi celah penelitian (*research gap*) tersebut dengan mengusulkan arsitektur *Dynamic Secure QR Code*. Kontribusi utama penelitian ini adalah penggabungan algoritma TOTP, enkripsi asimetris (ECC) yang efisien untuk perangkat seluler (Bafandehkar dkk. 2013), dan tanda tangan digital dalam satu sistem yang padu. Perbandingan posisi penelitian ini dengan penelitian terkait dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II.2 Perbandingan Fitur Keamanan Penelitian Terkait dengan Penelitian yang Diusulkan

Peneliti	**Fokus Penelitian**	**Dinamis**	**Rahasia**	**Integritas**
Sung dkk. (2015)	Analisis kerentanan autentikasi *mobile*	Saran	Saran	-
Alsuhibany (2025)	*Watermarking* digital pada media cetak	Tidak	Tidak	Ya
Yanuarafi (2023)	Perbandingan presensi statis vs dinamis	Ya	Tidak	-
Penelitian Ini	**Sistem *E-Ticket* (TOTP + Enkripsi + TTD)**	**Ya**	**Ya**	**Ya**

BAB III

ANALISIS MASALAH

III.1 Analisis Kondisi Saat Ini

Menurut Laudon dan Laudon (2020), gambarkan terlebih dahulu model konseptual sistem yang ada saat ini. Model konseptual ini berisi berbagai komponen atau subsitem dan interaksi antarsubsistem tersebut. Setelah itu, berikan penjelasan tentang masalah yang ada pada sistem tersebut. Paragraf berikut berisi contoh penjabaran masalah sistem informasi fasilitas kesehatan untuk pasien (Pressman 2019).

III.2 Analisis Kebutuhan

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetuer.

III.2.2 Kebutuhan Fungsional

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

III.3 Analisis Pemilihan Solusi

III.3.1 Alternatif Solusi

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetuer at, consectetuer sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

III.3.2 Analisis Penentuan Solusi

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetuer a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod.

Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetuer. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

BAB IV

DESAIN KONSEP SOLUSI

Ilustrasikan desain konsep solusi dalam bentuk model konseptual dan penjelasan secara ringkas, beserta perbedaannya dengan sistem saat ini. Ilustrasi harus dapat dibandingkan (*before* and *after*). Karena masih berupa proposal, bab ini hanya berisi gambar desain konsep solusi tersebut dan penjelasan perbandingannya dengan gambar sistem yang ada saat ini (yang tergambar di awal Bab III).

BAB V

RENCANA SELANJUTNYA

Jelaskan secara detail langkah-langkah rencana selanjutnya, hal-hal yang diperlukan atau akan disiapkan, dan risiko dan mitigasinya, yang meliputi:

1. Rencana implementasi, termasuk alat dan bahan yang diperlukan, lingkungan, konfigurasi, biaya, dan sebagainya.
2. Desain pengujian dan evaluasi, misalnya metode verifikasi dan validasi.
3. Analisis risiko dan mitigasi, misalnya tindakan selanjutnya jika ada yang tidak berjalan sesuai rencana.

DAFTAR PUSTAKA

Alsuhibany, Suliman A. 2025. "Innovative QR Code System for Tamper-Proof Generation and Fraud-Resistant Verification". *Sensors* 25 (13). ISSN: 1424-8220. https://doi.org/10.3390/s25133855. https://www.mdpi.com/1424-8220/25/13/3855.

Bafandehkar, Mohsen, Sharifah Md Yasin, Ramlan Mahmod, dan Zurina Hanapi. 2013. "Comparison of ECC and RSA Algorithm in Resource Constrained Devices". *IT Convergence and Security 2012,* 1–7.

Berma, Raienheart Boas. 2023. "Analisis Kerugian Penonton Konser (Coldplay) Ditinjau Dari Hukum Positif Indonesia". Badan Pembinaan Hukum Nasional (BPHN). Diakses pada 8 Desember 2025. https://rechtsvinding.bphn.go.id/?page=artikel&berita=856.

Chen, Fisher Chia-Yu. 2007. "Passenger use intentions for electronic tickets on international flights". *Journal of Air Transport Management* 13 (2): 110–115. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2006.09.004.

Diveranta, Aditya, Fajar Ramadhan, Johanes Galuh Bimantara, dan Harry Susilo. 2025. "Jejak Transaksi Penipuan Tiket Konser Disamarkan (5)". Diakses pada 8 Desember 2025. https://www.kompas.id/artikel/jejak-transaksi-penipuan-tiket-konser-disamarkan.

Kurniawan, Hery. 2024. "Banyak Penonton Tidak Bertiket Masuk SUGBK saat Timnas Indonesia Vs Jepang: Malah yang Punya Tiket Tidak Dapat Tempat Duduk". Diakses pada 29 Oktober 2025.

Laudon, Kenneth C., dan Jane P. Laudon. 2020. *Sistem Informasi Manajemen.* Jakarta: Pearson Education.

Lübeck, Rafael Mendes, Milton Luiz Wittmann, dan Luciana Flores Battistella. 2012. "Electronic Ticketing System As a Process of Innovation". *Journal of Technology Management & Innovation* 7 (1): 18–29. ISSN: 0718-2724. https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000100002.

Pamela, Dyah Ayu. 2023. "Tiket Konser Coldplay di Jakarta 2023 Dijual Calo Berkali-kali Lipat hingga Rp22 Juta di Marketplace". Diakses pada 29 Oktober 2025.

Pressman, Roger S. 2019. *Rekayasa Perangkat Lunak: Pendekatan Praktisi.* Yogyakarta: McGraw-Hill Education.

Shin, Dong-Hee, Jaemin Jung, dan Byeng-Hee Chang. 2012. "The psychology behind QR codes: User experience perspective". *Computers in Human Behavior* 28 (4): 1417–1426. ISSN: 0747-5632. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.03.004. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563212000702.

Sommerville, Ian. 2016. *Software Engineering.* 10th edisi. Global Edition. Harlow, England: Pearson Education Limited. ISBN: 978-1-292-09613-1.

Stallings, William. 2022. *Cryptography and Network Security: Principles and Practice.* 8th edisi. Global Edition. Pearson Education Limited. ISBN: 978-1-292-43749-1.

Sung, Siwon, Joonghwan Lee, Jinmok Kim, Jongho Mun, dan Dongho Won. 2015. "Security analysis of mobile authentication using QR-codes". Dalam *Computer Science & Information Technology (CS & IT),* 151–160. AIRCC Publishing Corporation. https://doi.org/10.5121/csit.2015.51612.

Tiwari, Sumit. 2016. "An Introduction to QR Code Technology". Dalam *2016 International Conference on Information Technology (ICIT),* 39–44. https://doi.org/10.1109/ICIT.2016.021.

Yanuarafi, Arisal. 2023. "Perbandingan QR Code Statis dan QR Code Dinamis dalam Pengambilan Absen Pegawai di Lingkungan Universitas Bung Hatta". *Al-Ma'arif: Jurnal Ilmu Perpustakaan dan Informasi Islam* 3 (2). ISSN: 0740-8188. https://doi.org/10.37108/almaarif.v3i2.1289.