

Aplikasi Monitoring Aset Berbasis QR Code Dengan Rule-Based Alert Engine Sebagai Peringatan Dini

Gitarosalina Sibarani, Kristofel Santa*, Medi Hermanto Tinambunan

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Manado, Indonesia

Email: ¹22210037@unima.ac.id, ^{2,*}kristofelsanta@unima.ac.id, ³medihermantotinambunan@unima.ac.id

Email Penulis Korespondensi: kristofelsanta@unima.ac.id

Submitted 31-01-2025; Accepted 16-02-2026; Published 25-02-2026

Abstrak

Pengelolaan aset kantor di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Minahasa masih dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan dan keterlambatan pembaruan data. Selain itu, sebagian besar sistem manajemen aset berbasis QR Code yang telah dikembangkan umumnya hanya berfokus pada proses pencatatan dan identifikasi aset, tanpa dilengkapi mekanisme peringatan dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi monitoring aset berbasis web yang mengintegrasikan teknologi QR Code dengan rule-based alert engine menggunakan metode Extreme Programming (XP). Metode penelitian meliputi pengembangan perangkat lunak secara iteratif, pengujian fungsional menggunakan black box testing, analisis waktu respons sistem, serta evaluasi kepuasan pengguna melalui kuesioner. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dengan waktu respons rata-rata di bawah 5 detik, sehingga mendukung penggunaan secara real-time. Rule-based alert engine mampu mendeteksi kondisi aset yang memerlukan perhatian secara otomatis dan menghasilkan notifikasi sebagai bentuk peringatan dini. Evaluasi pengguna menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap kemudahan penggunaan dan fungsionalitas sistem. Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi yang dikembangkan terbukti dapat meningkatkan akurasi pencatatan dan efisiensi pengelolaan aset dibandingkan dengan metode manual, serta berpotensi menjadi solusi digital yang adaptif dalam manajemen aset kantor.

Kata Kunci: Monitoring Aset; QR Code, Rule-Based Alert Engine; Extreme Programming; Manajemen Aset Kantor

Abstract

Asset management at PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Minahasa is still carried out manually, which has the potential to cause recording errors and delays in data updates. In addition, most QR Code-based asset management systems that have been developed generally only focus on the process of recording and identifying assets, without being equipped with an early warning mechanism. This study aims to develop a web-based asset monitoring application that integrates QR Code technology with a rule-based alert engine using the Extreme Programming (XP) method. The research methods include iterative software development, functional testing using black box testing, system response time analysis, and user satisfaction evaluation through questionnaires. Testing results show that all system functions run according to user requirements with an average response time of less than 5 seconds, thus supporting real-time use. The rule-based alert engine is capable of automatically detecting asset conditions that require attention and generating notifications as a form of early warning. User evaluation shows a high level of satisfaction with the ease of use and functionality of the system. Based on these results, the developed application has been proven to improve the accuracy of recording and efficiency of asset management compared to manual methods, and has the potential to become an adaptive digital solution in office asset management.

Keywords: Asset Monitoring; QR Code, Rule-Based Alert Engine; Extreme Programming; Office Asset Management

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan aset kantor merupakan aspek penting dalam menjamin kelancaran operasional organisasi yang berdampak langsung terhadap efisiensi dan produktivitas [1]. Menurut ISO 55000:2014, manajemen aset yang efektif berkontribusi terhadap peningkatan kinerja organisasi dan pengendalian biaya operasional. Namun, dalam praktiknya masih banyak organisasi yang menghadapi kendala dalam penerapan sistem manajemen aset berbasis digital, terutama terkait keterbatasan integrasi data, ketidaksesuaian antara proses bisnis dan teknologi, serta rendahnya visibilitas kondisi aset secara real-time. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, metode konvensional dalam monitoring aset mulai bergeser ke solusi digital berbasis web yang mendukung otomatisasi audit dan pemeliharaan aset secara lebih efisien dan terstruktur [2]. Implementasi sistem berbasis web mendukung otomatisasi dalam proses audit dan perawatan aset, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan ketepatan pengelolaan. Salah satu teknologi yang berkembang adalah penggunaan Quick Response (QR) Code sebagai media identifikasi dan pelacakan aset. Penggunaan QR Code memungkinkan proses identifikasi dilakukan secara cepat dan akurat karena informasi aset dapat diakses secara langsung melalui pemindaian kode. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi QR Code mampu meningkatkan akurasi pencatatan dan mengurangi waktu proses input data dibandingkan metode manual maupun barcode konvensional [3], [4]. Dengan demikian, penggunaan QR Code dalam sistem manajemen aset berbasis web menjadi solusi potensial untuk mengatasi tantangan pengelolaan aset manual dan meningkatkan kinerja manajemen aset secara menyeluruh.

Meskipun perkembangan teknologi telah diterapkan di berbagai sektor, namun masih terdapat organisasi yang belum sepenuhnya beralih ke sistem digital. Pengelolaan data aset di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Minahasa masih mengandalkan metode konvensional. Berdasarkan observasi awal periode Juni-Agustus, teridentifikasi beberapa permasalahan: proses pencatatan manual yang memerlukan waktu rata-rata 8-10 menit per aset dengan tingkat kesalahan 12.3%, data audit internal yang menunjukkan kasus ketidaksesuaian data dengan kondisi fisik di lapangan, tidak adanya sistem peringatan dini untuk mendeteksi aset yang mendekati masa pemeliharaan, waktu pelacakan lokasi dan status aset mencapai 30 menit. Hal ini menimbulkan berbagai permasalahan seperti keterlambatan pembaruan data, kesalahan pencatatan, serta sulit melakukan pelacakan posisi dan kondisi aset secara real-time. Selain itu, tidak adanya sistem terintegrasi juga menyulitkan proses audit dan pengambilan keputusan terkait pemeliharaan maupun pengadaan barang. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan aplikasi berbasis web dengan teknologi QR Code untuk memudahkan pelabelan dan pemantauan aset secara otomatis [5]. Lebih lanjut, penelitian . [6], [7] menekankan efisiensi identifikasi dan real-time tracking, namun belum mengimplementasikan mekanisme evaluasi kondisi aset berbasis logika deterministik yang mampu menghasilkan notifikasi preventif secara otomatis. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan pada penelitian-penelitian tersebut masih bersifat reaktif, yaitu hanya menyajikan informasi ketika diminta oleh pengguna, tanpa kemampuan secara aktif mendeteksi berdasarkan parameter operasional. Sistem tersebut umumnya belum mengintegrasikan fitur analisis kinerja maupun mekanisme peringatan dini yang dapat membantu pengambilan keputusan dalam melakukan tindakan preventif terhadap kondisi aset [8]. Gap ini menunjukkan perlunya pendekatan yang tidak hanya melakukan digitalisasi data aset, tetapi juga mampu memberikan insight otomatis melalui sistem notifikasi atau peringatan berbasis aturan tertentu [9].

Sejalan dengan arah pengembangan sistem manajemen aset terkini, penelitian menunjukkan bahwa penerapan Digital Twin dan monitoring berbasis kondisi dapat meningkatkan efektivitas deteksi kerusakan dan membantu perencanaan pemeliharaan yang lebih efisien [10]. Pendekatan berbasis machine learning dan pemodelan fisik memungkinkan sistem melakukan deteksi dini terhadap anomali pada aset sehingga mencegah kerusakan lebih besar di masa mendatang. Sementara itu, penelitian lainnya menegaskan bahwa transformasi manajemen aset menuju sistem predictive maintenance berbasis data telah menjadi tren yang signifikan, dengan potensi pengurangan biaya pemeliharaan hingga 35% dan peningkatan uptime sebesar 28%, karena mendukung pengambilan keputusan secara proaktif dan berbasis insight [11]. Namun, implementasi machine learning dan Digital Twin memerlukan data historis dalam jumlah besar, model komputasi kompleks, serta infrastruktur teknologi yang relatif tinggi, dimana kondisi ini belum tentu sesuai untuk organisasi dengan keterbatasan sumber daya dan kebutuhan implementasi sistem yang lebih cepat dan efisien. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan analisis kinerja aplikasi monitoring aset kantor berbasis QR Code dengan integrasi rule-based alert engine menggunakan metodologi Extreme Programming (XP)[12]. Integrasi rule-based alert engine dalam penelitian ini dirancang sebagai mekanisme evaluasi deterministik berbasis aturan IF-THEN untuk mendeteksi kondisi aset secara otomatis berdasarkan parameter masa aktif, status operasional, dan kondisi fisik aset. Pendekatan ini dipilih karena bersifat transparan, mudah dikontrol, serta tidak memerlukan dataset histori berskala besar sebagaimana pendekatan berbasis machine learning. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan data dan proses dalam organisasi, memudahkan akses informasi secara tepat dan akurat, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran [13]. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis berupa framework integrasi QR Code dengan rule-based alert engine yang dapat diadaptasi untuk berbagai organisasi, validasi efektivitas metodologi XP dalam pengembangan sistem manajemen aset, dan model evaluasi komprehensif. Kontribusi praktis meliputi solusi digitalisasi dengan sistem rule-based yang dapat dikustomisasi tanpa keahlian programming[14].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja aplikasi monitoring aset kantor berbasis web dengan integrasi QR Code dan rule-based alert engine menggunakan metode Extreme Programming, menganalisis fungsionalitas sistem melalui pengujian black box testing, mengevaluasi performa sistem dari aspek response time, mengukur tingkat kepuasan pengguna, dan membandingkan efisiensi sistem yang dikembangkan dengan metode manual. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian bisa menghasilkan sistem yang tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatat aset, tetapi juga sebagai sistem cerdas yang membantu pengambilan keputusan lewat pemberitahuan berdasarkan aturan yang mudah diubah. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sistem pemantauan aset modern yang terintegrasi, efektif, dan adaptif terhadap kebutuhan organisasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Extreme Programming (XP)

Penelitian ini menggunakan metode Extreme Programming (XP) karena bersifat iteratif, fleksibel, dan berorientasi pada umpan balik pengguna, sehingga sesuai untuk pengembangan aplikasi monitoring aset berbasis QR Code dengan integrasi rule-based alert engine. Dalam konteks penelitian ini, XP memungkinkan penyesuaian kebutuhan sistem secara berkelanjutan selama proses pengembangan, terutama pada sistem yang menuntut kecepatan dan ketepatan respons terhadap kebutuhan pengguna dengan evaluasi berulang setiap pengembangan [15]. Pelaksanaan penelitian dilakukan di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Minahasa pada periode Maret–Juli 2025 dengan melibatkan 20 pegawai sebagai responden pengguna sistem dan 30 aset sebagai objek pengujian. Pendekatan ini memungkinkan pengujian langsung terhadap performa aplikasi, meliputi proses pemindaian QR Code, pencatatan data aset, serta evaluasi mekanisme notifikasi otomatis yang dihasilkan oleh rule-based alert engine[16]. Tahapan metode XP yang digunakan

dalam penelitian meliputi: (1) Identifikasi kebutuhan dan analisis masalah melalui observasi lapangan, (2) perancangan arsitektur sistem dan perancangan database, (3) implementasi modul QR Code dan rule-based alert engine, (4) pengujian fungsional menggunakan black-box testing, (5) pengujian performa sistem (response time), serta (6) evaluasi kepuasan pengguna menggunakan kuesioner skala Likert. Setiap tahapan dilakukan secara iteratif mengikuti prinsip software increment dalam XP [17].

Pada metode Extreme Programming (XP), tahap perencanaan (planning) dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan pengguna melalui observasi dan kuesioner sebagai dasar perancangan sistem, dengan fokus pada penetapan prioritas fitur dan penyusunan user stories yang merepresentasikan kebutuhan fungsional pengguna, seperti pemindaian QR Code, pencatatan pemeliharaan aset, notifikasi otomatis, dan pelaporan kondisi aset secara real-time increment [17]. Tahap perancangan (design) difokuskan pada penyusunan struktur sistem yang efisien melalui integrasi modul QR Code, basis data, dan rule-based alert engine, dengan menerapkan prinsip simple design dan arsitektur Model-View-Controller (MVC) untuk memisahkan logika, antarmuka, dan akses data guna memudahkan pemeliharaan sistem [18], [19]. Tahap pengkodean (coding) dilakukan menggunakan PHP dan framework Laravel, dengan implementasi library QR Code serta rule-based engine berbasis logika IF-THEN untuk mengevaluasi kondisi aset, yang terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi deteksi kondisi kritis pada sistem monitoring [20]. Tahap pengujian (testing) dilakukan menggunakan black-box testing untuk memastikan kesesuaian fungsi terhadap requirement [21], [22]. Tahap peningkatan (refactoring) dilakukan berdasarkan umpan balik pengguna untuk meningkatkan stabilitas dan akurasi sistem.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui studi literatur, observasi, dan kuesioner. Studi literatur digunakan untuk memperoleh landasan teoritis terkait QR Code, monitoring aset, dan rule-based system melalui penelusuran jurnal terakreditasi nasional (SINTA) dalam rentang tahun 2020–2025 pada basis data ilmiah seperti Google Scholar. Observasi dilakukan secara langsung di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Minahasa untuk memahami kondisi operasional, alur kerja, serta kendala pengelolaan aset, sehingga rancangan sistem dapat disesuaikan dengan konteks nyata organisasi; pendekatan observasi partisipatif memungkinkan pemahaman fenomena secara mendalam [23]. Selain itu, kuesioner disebarakan kepada pegawai menggunakan skala Likert 1–5 dengan 20 pegawai untuk mengukur persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan sistem, kecepatan pemindaian QR Code, dan efektivitas notifikasi yang dihasilkan oleh rule-based alert engine secara kuantitatif [24].

2.3 Rule-Based Alert Engine

Secara konseptual, rule-based system merupakan pendekatan berbasis pengetahuan (knowledge-based system) digunakan sebagai mekanisme peringatan dini dalam sistem monitoring aset dengan menerapkan aturan logika IF-THEN untuk mengevaluasi kondisi aset dan menghasilkan notifikasi secara otomatis. Pendekatan rule-based system telah banyak diterapkan dalam sistem monitoring karena bersifat deterministik, dan efektif dalam mendeteksi kondisi yang dievaluasi oleh sistem [20]. Proses evaluasi aturan dilakukan melalui langkah berikut: (1) Sistem membaca parameter tanggal pembelian dan masa aktif dari database, (2) sistem menghitung selisih waktu antara tanggal saat ini dan `expiry_date` menggunakan fungsi perbandingan tanggal, (3) hasil perhitungan dibandingkan dengan threshold yang telah ditentukan (pada penelitian ini ≤ 30 hari), (4) jika kondisi terpenuhi, sistem secara otomatis mengubah status aset dan menghasilkan notifikasi pada dashboard pengguna. Berbeda dengan pendekatan berbasis machine learning yang membutuhkan proses pelatihan model dan analisis data historis dalam skala besar, pendekatan ini dipilih karena tidak memerlukan data historis dalam jumlah besar dan lebih sesuai untuk implementasi pada organisasi dengan keterbatasan sumber daya [25].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menjelaskan performa aplikasi Monitoring Aset Kantor Berbasis Web Integrasi QR Code dan Rule-Based Alert Engine yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur utama berjalan dengan baik, mencakup aspek fungsi aplikasi, waktu tanggap (response time), dan kepuasan pengguna [26]. Penjabaran hasil penelitian ini disusun berdasarkan tahapan penerapan metodologi XP yang telah dijelaskan pada tahap sebelumnya, dimulai dari implementasi logika rule-based alert sistem, pengujian fungsional setiap modul, analisis performa sistem, hingga evaluasi pengguna. Dengan demikian, bagian ini tidak hanya menampilkan hasil pengujian, tetapi juga menguraikan bagaimana algoritma dan metode yang diterapkan mampu menyelesaikan permasalahan pencatatan manual dan ketiadaan sistem peringatan dini yang telah diidentifikasi pada bagian pendahuluan.

3.1 Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian dilakukan menggunakan metode black-box testing pada seluruh modul utama aplikasi, yaitu manajemen aset, pemindaian QR Code, notifikasi berbasis aturan (rule-based alert), serta modul pelaporan. Pengujian ini secara langsung merepresentasikan tahap testing dalam metodologi XP, di mana setiap iterasi pengembangan divalidasi untuk memastikan kesesuaian antara user stories dan implementasi sistem. Fokus utama pengujian pada modul rule-based alert adalah memastikan bahwa logika IF-THEN yang dirancang benar-benar dieksekusi sesuai parameter masa aktif aset. Sebanyak 20 responden terlibat dalam pengujian dengan skala penilaian sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Puas (STP), 2 = Tidak Puas (TP), 3 = Cukup puas (CP), 4 = Puas (P), 5 = Sangat Puas(SP). Dengan kategori rentang skor: 4.21-5.00 (Sangat baik), 3.41-4.20 (Baik), 2.61-3.40 (Cukup), 1.80-2.60 (Kurang), 1.00-1.80 (Sangat kurang) [27]. Untuk mengukur keberhasilan penerapan fungsi sistem secara kuantitatif, hasil evaluasi kepuasan pengguna terhadap aspek fungsionalitas ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Kepuasan Fungsional

Indikator	Tingkat kepuasan pengguna					Hasil Akhir	
	SP (5)	P (4)	CP (3)	TP (2)	STP (1)	Rata-rata	Kategori
Aplikasi dapat melakukan scan QR code dengan baik dan akurat	10	5	5	-	-	4.25	Baik
Fitur pencatatan aset bekerja dengan lengkap dan sesuai kebutuhan	5	8	7	-	-	3.90	Baik
Sistem peringatan dini berfungsi dengan tepat waktu	8	5	7	-	-	4.05	Baik
Notifikasi peringatan mudah dipahami dan informatif	7	8	5	-	-	4.10	Baik
Fitur pencarian dan filter aset bekerja dengan baik	11	4	5	-	-	4.30	Sangat Baik
Laporan yang dihasilkan akurat dan sesuai dengan data aset	7	6	7	-	-	4.00	Baik
Semua fitur yang tersedia berfungsi tanpa error	8	6	6	-	-	4.10	Baik
Rata-rata keseluruhan						4.10	Baik

Keberhasilan seluruh skenario uji ini menunjukkan bahwa algoritma rule-based alert yang diterapkan mampu bekerja secara deterministik tanpa menghasilkan konflik kondisi atau notifikasi yang tidak relevan. Dengan kata lain, penerapan metode rule-based alert dalam penelitian ini terbukti efektif dalam memastikan konsistensi respons sistem terhadap perubahan parameter aset [28], [29].

3.2 Hasil Pengujian Waktu Tanggap (Response Time)

Pengujian waktu tanggap dilakukan untuk mengukur kecepatan aplikasi dalam memproses permintaan pengguna. Parameter yang diukur meliputi waktu rata-rata saat pengguna: mengakses halaman utama, menampilkan daftar aset, melakukan pemindaian QR Code, dan menghasilkan laporan aset. Tabel berikut menunjukkan hasil uji waktu tanggap yang dilakukan terhadap 20 responden, dengan skala penilaian sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Puas (STP), 2 = Tidak Puas (TP), 3 = Cukup puas (CP), 4 = Puas (P), 5 = Sangat Puas(SP). Dengan kategori rentang skor: 4.21-5.00 (Sangat baik), 3.41-4.20 (Baik), 2.61-3.40 (Cukup), 1.80-2.60 (Kurang), 1.00-1.80 (Sangat kurang). Untuk mengukur keberhasilan penerapan fungsi sistem secara kuantitatif, hasil evaluasi kepuasan pengguna terhadap aspek response time ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Kepuasan Terhadap Response Time

Indikator	Tingkat kepuasan pengguna					Hasil akhir	
	SP (5)	P (4)	CP (3)	TP (2)	STP (1)	Rata-rata	Kategori
Aplikasi loading dengan cepat saat diakses	11	4	5	-	-	4.30	Sangat Baik
Proses scan QR code berjalan dengan cepat dan responsif	3	11	6	-	-	3.85	Baik
Aplikasi tidak mengalami lag atau lambat saat digunakan	5	7	8	-	-	3.85	Baik
Pencarian data aset memberikan hasil dengan cepat	5	9	6	-	-	3.95	Baik
Aplikasi dapat menangani banyak data aset tanpa penurunan performa	8	4	8	-	-	4.00	Baik
Rata-rata keseluruhan						3.99	Baik

Hasil evaluasi kepuasan pengguna terhadap kecepatan sistem menunjukkan rata-rata skor 3.99 dari skala 5.0, yang termasuk kategori "Baik". Hal ini mengindikasikan bahwa pengguna merasakan sistem berjalan dengan responsif dan tidak mengalami keterlambatan yang mengganggu dalam operasional sehari-hari. Persepsi positif ini mengindikasikan bahwa kecepatan sistem yang diterapkan sudah memenuhi ekspektasi pengguna dalam operasional sehari-hari.

3.3 Hasil Pengujian Kepuasan Pengguna

Uji kepuasan dilakukan terhadap 20 responden yang terdiri atas pegawai dan pengelola aset kantor. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1-5 dengan parameter kemudahan pengguna, kecepatan sistem, keakuratan data, dan tampilan antarmuka dengan skala penilaian sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Puas (STP), 2 = Tidak Puas (TP), 3 = Cukup puas (CP), 4 = Puas (P), 5 = Sangat Puas(SP). Dengan kategori rentang skor: 4.21-5.00 (Sangat baik), 3.41-4.20 (Baik), 2.61-3.40 (Cukup), 1.80-2.60 (Kurang), 1.00-1.80 (Sangat kurang). Untuk mengukur keberhasilan penerapan fungsi sistem secara kuantitatif, hasil pengujian kepuasan pengguna dapat ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kepuasan Pengguna

Indikator	Tingkat kepuasan pengguna					Hasil akhir	
	SP (5)	P (4)	CP (3)	TP (2)	STP (1)	Rata-rata	Kategori
Tampilan aplikasi menarik dan profesional	9	5	6	-	-	4.15	Baik
Menu dan navigasi aplikasi mudah dipahami	8	7	5	-	-	4.15	Baik
Aplikasi mudah digunakan bahkan untuk pengguna baru	10	6	4	-	-	4.30	Sangat Baik
Instruksi dan panduan dalam aplikasi jelas dan membantu	4	9	7	-	-	3.85	Baik
Proses input data aset sederhana dan tidak memakan waktu yang lama	7	6	7	-	-	4.00	Baik
Informasi yang ditampilkan dengan jelas dan mudah dibaca	9	6	5	-	-	4.20	Baik
Data aset tersimpan dengan aman dan tidak hilang	6	6	8	-	-	3.90	Baik
Sistem alert bekerja konsisten sesuai aturan	8	7	5	-	-	4.15	Baik
Aplikasi dapat diandalkan untuk monitoring aset sehari-hari	10	4	6	-	-	4.20	Baik
Rata-rata Keseluruhan						4.10	Baik

Hasil ini mengindikasikan bahwa pengguna merasa aplikasi mudah digunakan dan memiliki performa yang stabil. Rata-rata kepuasan keseluruhan 4.10/5.0 menunjukkan tingkat penerimaan yang baik dari pengguna. Dengan demikian, aplikasi ini memenuhi kriteria fungsionalitas dan user experience untuk digunakan sebagai alat bantu dalam proses monitoring aset kantor berbasis web.

3.4 Analisis Fungsional

Untuk menguji fungsi-fungsi aplikasi, digunakan metode black box testing pada setiap modul utama, yaitu pengelolaan aset, pemindaian kode QR, notifikasi berbasis aturan, dan pelaporan aset. Setiap modul diuji sebanyak 10 kali dengan berbagai skenario penggunaan, untuk memastikan sistem dapat memproses dengan stabil dan tidak mengalami error. Metode black box testing dipilih karena efektif untuk mengetahui apakah sistem sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna tanpa harus melihat ke dalam kode programnya. Pilihan metode ini juga didukung oleh penelitian yang menyebutkan bahwa black box testing efektif untuk mengukur kesesuaian perilaku sistem dengan kebutuhan fungsional, terutama pada aplikasi berbasis web [30], [31].

Tabel 4. Analisis Fungsional

No	Modul Diuji	Jumlah Test Case	Skenario Pengujian	Hasil	Interpretasi
1	Manajemen Aset	10	Tambah, ubah, hapus data aset	100% sukses	Fitur CRUD stabil dan sesuai requirement
2	Pemindaian QR Code	10	Pemindaian 5 jenis aset berbeda	100% sukses	Akurasi pembacaan QR Code
3	Rule-Based Alert	10	Notifikasi untuk masa aktif aset	100% sukses	Logika aturan berjalan sesuai parameter
4	Pelaporan Aset	10	Cetak dan ekspor laporan aset	100% sukses	Output sesuai format data.

Penelitian ini mengkonfirmasi temuan yang menunjukkan bahwa penggunaan QR Code dalam pengelolaan aset dapat meningkatkan akurasi pencatatan dan efisiensi proses dibandingkan metode manual [3]. Selain itu, sistem yang mengintegrasikan rule-based alert engine memberikan keunggulan tambahan dalam mendeteksi kondisi kritis aset secara otomatis, yang belum banyak diakomodasi dalam penelitian sebelumnya [7]. Dengan demikian, inovasi yang dihadirkan dalam aplikasi ini tidak hanya mendigitalisasikan pencatatan aset tetapi juga memperluas fungsi monitoring menjadi sistem proaktif yang dapat mengatasi kendala pemeliharaan.

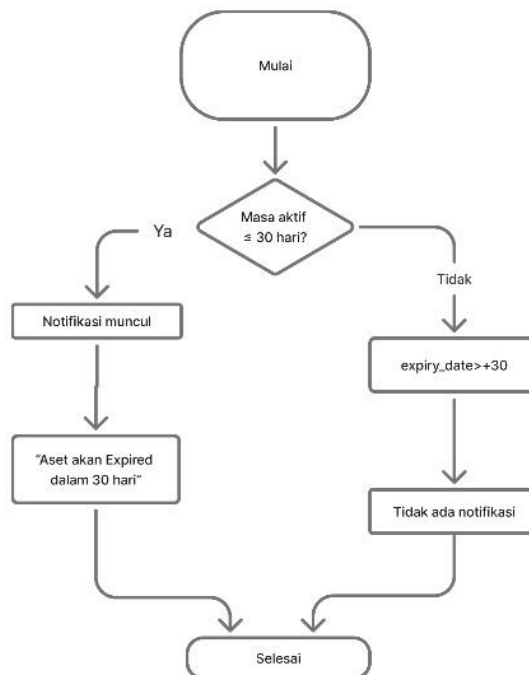
3.5 Analisis Logika Notifikasi Berbasis Aturan (Rule-Based Alert)

Mekanisme rule-based alert diuji melalui simulasi menggunakan 30 dataset aset dengan variasi kondisi yang beragam, antara lain: kondisi rusak, hampir melewati batas kedaluwarsa, dan status tidak aktif. Fokus utama pengujian ini adalah untuk memastikan ketepatan dan reliabilitas sistem dalam mengidentifikasi serta merespons perubahan status aset secara real-time. Secara teknis, evaluasi aturan dilakukan melalui proses komparasi antara nilai expiry_date dan tanggal sistem saat ini (current_date). Sistem kemudian membandingkan selisih waktu terhadap threshold_days yang telah ditentukan. Jika selisih waktu kurang dari atau sama dengan batas yang ditetapkan, maka sistem secara otomatis menghasilkan notifikasi dan memperbaharui status aset. Proses ini memiliki kompleksitas konstan karena hanya melibatkan operasi perbandingan langsung tanpa iterasi data dalam skala besar. Untuk menunjukkan konsistensi keputusan sistem terhadap variasi kondisi parameter, pada Tabel 5 hasil pengujian terhadap skenario logika aturan ditampilkan secara rinci.

Tabel 5. Analisis Logika Notifikasi Berbasis Aturan

Kondisi Uji	Detail Parameter & Hasil		
	Parameter	Hasil	Interpretasi
Masa aktif ≤ 30 hari	threshold_days=30	Notifikasi muncul	Peringatan sesuai logika aturan
Masa aktif berakhir	expiry_date=now()	Status “expired” dan notifikasi dikirim	Validasi sukses
Masa aktif > 30 hari	Expiry date $> +30$	Tidak ada notifikasi	Sistem menahan alert dengan benar

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5, alur keputusan dari mekanisme rule-based alert divisualisasikan pada Gambar 1. Flowchart rule-based alert ini menggambarkan logika sistem dalam menentukan kondisi pengiriman notifikasi sesuai parameter masa aktif aset.



Gambar 1. Flowchart Rule-based Alert

Pengujian terhadap mekanisme notifikasi berbasis aturan menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan yang tepat waktu dan relevan, sejalan dengan efektivitas yang ditemukan dalam studi yang memanfaatkan rule-based notification untuk mempertahankan keandalan sistem monitoring. Mekanisme ini memungkinkan respons preventif yang mengurangi risiko kerusakan berat dan gangguan operasional, yang jelas mengungguli sistem monitoring tanpa alert otomatis. Namun, sistem dapat dikembangkan dengan algoritma adaptif untuk mengurangi false positives dan memastikan hanya alert dengan prioritas tinggi yang ditindaklanjuti.

3.6 Analisis Performa Sistem (Response Time)

Pengujian performa dilaksanakan dengan menganalisis waktu respons aplikasi pada empat aktivitas ini yang paling sering diakses pengguna, meliputi: akses halaman utama, tampilan daftar aset, fitur pemindaian QR Code, dan pembuatan laporan. Setiap skenario pengujian direplikasi sebanyak 20 kali diselingi dengan jeda 10 detik untuk menghindari overlaps proses dan memastikan akurasi data performa, serta potensi degradasi kinerja pada kondisi penggunaan normal. Pengujian performa ini merepresentasikan validasi terhadap efisiensi implementasi sistem yang telah dikembangkan pada

tahap coding dalam XP. Waktu response yang stabil menunjukkan bahwa integrasi modul QR Code dan rule-based alert engine tidak menimbulkan beban komputasi yang signifikan terhadap server. Ringkasan hasil pengukuran waktu response sistem disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Performa Sistem (Response Time)

No	Modul	Jumlah uji	Rata-rata (detik)	Standar deviasi	Interpretasi
1	Halaman utama	20	2.01	0.15	Cepat dan responsif
2	Daftar aset	20	2.53	0.14	Stabil
3	Pemindaian QR Code	20	2.34	0.13	Stabil
4	Laporan aset	20	3.03	0.16	Efisiensi dan konsistensi

Hasil pengujian teknis menunjukkan korelasi yang baik dengan persepsi pengguna (Tabel 2). Rata-rata 2-3.03 detik (Tabel 6) sejalan dengan skor kepuasan pengguna 3.99/5.0 yang menunjukkan sistem memenuhi batas toleransi 5 detik [32] baik secara objektif maupun subjektif.

3.7 Analisis Fitur Perpanjangan Masa Aktif

Fitur perpanjangan masa aktif aset dirancang untuk memberikan fleksibilitas bagi admin dalam memperbaharui periode validitas aset tanpa menghapus rekam jejak riwayat data yang telah tersimpan, sehingga audit trail dan integritas database tetap terpelihara dengan baik. Sebuah riset tentang *asset lifecycle management*[33], pembaruan masa aktif dengan log terkontrol meningkatkan akurasi manajemen siklus hidup aset tanpa mengganggu validitas data. Validasi fungsionalitas dilakukan melalui analisis komparatif terhadap kondisi sebelum dan sesudah proses perpanjangan, dengan fokus pada perubahan log notifikasi, update status aset, dan konsistensi historikal. Pendekatan pengujian ini memastikan bahwa setiap perpanjangan tercatat dengan akurat tanpa menyebabkan kehilangan informasi penting. Fitur ini merupakan implementasi lanjutan dari logika rule-based alert, di mana sistem tidak hanya mendeteksi kondisi kritis tetapi juga menyediakan mekanisme korektif melalui pembaruan masa aktif. Dengan demikian, sistem tidak berhenti pada tahap notifikasi, melainkan mendukung siklus manajemen aset secara berkelanjutan. Ringkasan analisis Fitur Perpanjangan dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Fitur Perpanjangan

No	Skenario	Kondisi Awal	Tindakan	Kondisi Akhir	Dampak
1	Aset mendekati kedaluarsa	expiry_date < 30 hari	Perpanjangan 30 hari	Status kembali aktif	Notifikasi diatur ulang
2	Aset sudah expired	status=expired	Perpanjangan 60 hari	Status diubah menjadi aktif	Data historis tetap tersimpan
3	Aset diperpanjang dini	expiry_date > 30 hari	Perpanjangan 20 hari	Status tetap aktif	Tidak menimbulkan alert ganda.

Hasil ini menunjukkan bahwa fitur perpanjangan tidak hanya berfungsi sebagai pembaruan tanggal kedaluarsa, tetapi juga sebagai mekanisme sinkronisasi antara status aset, log notifikasi, dan histori perubahan. Dengan demikian, implementasi fitur ini memperkuat konsistensi rule-based alert engine dalam menjaga kesinambungan siklus hidup aset secara sistematis, akuntabel, dan terdokumentasi dengan baik.

3.8 Keterbatasan dan Rekomendasi

Meskipun hasil aplikasi memuaskan, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, cakupan pengujian masih terbatas pada 30 aset dan 20 pengguna, sehingga skala pengujian perlu diperluas untuk validitas hasil yang lebih komprehensif. Kedua, ketergantungan pada jaringan internet dapat menjadi hambatan di lokasi dengan akses terbatas, mengingat QR Code dan alert engine memerlukan koneksi yang stabil untuk sinkronisasi data [34]. Ketiga, kerusakan fisik pada QR Code dapat menurunkan efektivitas pemindaian, sehingga pemeliharaan label QR Code menjadi hal krusial dalam operasional jangka panjang.

Sistem ini memiliki potensi dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi teknologi Internet of Things (IoT) untuk monitoring kondisi aset secara real-time melalui sensor fisik, seperti yang direkomendasikan oleh literatur industri 4.0. Pendekatan predictive maintenance yang menggabungkan data riwayat dengan machine learning dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini kerusakan lebih akurat dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan aset [11]. Selain itu, integrasi Digital Twin dapat menjadi inovasi untuk simulasi kondisi aset dan perencanaan pemeliharaan lebih efektif [10].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan aplikasi monitoring aset kantor berbasis web yang mengintegrasikan teknologi QR Code dengan rule-based alert engine. Hasil pengujian black box menunjukkan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh modul utama dengan kecepatan respons yang memadai untuk mendukung interaksi real-time. Penerapan QR Code terbukti meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam proses identifikasi serta pelacakan aset, sehingga berhasil mengatasi permasalahan kesalahan pencatatan yang sering terjadi pada sistem manual. Mekanisme peringatan berbasis

aturan yang diterapkan mampu mendeteksi kondisi aset yang memerlukan perhatian secara otomatis, memungkinkan pengambilan tindakan preventif yang lebih cepat dan tepat. Fitur perpanjangan masa aktif aset dirancang untuk memberikan fleksibilitas dalam pembaharuan periode validitas tanpa menghilangkan riwayat data yang telah tercatat, sehingga integrasi audit trail tetap terjaga untuk keperluan dokumentasi dan evaluasi. Hasil evaluasi pengguna menunjukkan bahwa aplikasi memiliki antarmuka yang intuitif dan performa yang konsisten dalam operasional sehari-hari, mengindikasikan tingkat penerimaan yang baik dari sisi pengguna. Kemampuan sistem dalam menghasilkan laporan secara otomatis juga membantu manajemen dalam melakukan monitoring dan pengambilan keputusan berbasis data lebih efektif. Secara keseluruhan, aplikasi berbasis web ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan data aset, tetapi juga sebagai instrumen pengambilan keputusan proaktif melalui notifikasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik organisasi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem manajemen aset yang lebih modern, terintegrasi, dan adaptif terhadap dinamika kebutuhan organisasi, khususnya dalam mendukung transformasi digital di bidang pengelolaan aset kantor.

REFERENCES

- [1] I. Widarti, S. Lestari, and M. H. Tinambunan, "SISTEM MONITORING DIGITAL UNTUK PENCATATAN JUMLAH SAMPAH PADA TPA KULO YANG ADA DI KABUPATEN MIANAHASA," 2025.
- [2] M. Ryan Herdiyana, A. Prastyo, M. Sobirin, and W. Haryono, "Implementasi Aplikasi Labeling Dan Tracking Aset Menggunakan QR Code Berbasis Web Untuk Optimasi Manajemen Aset." [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/biikma>
- [3] S. Marcel Grandynarta, "Sistem Manajemen Aset Sekolah dengan QR Code dan Website," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [4] M. H. Tinambunan, S. Wahyuni, A. Yasir, Y. Simanjuntak, and A. Hamzah, "IMPLEMENTASI METODE AGILE DALAM PENGEMBANGAN APLIKASI ABSENSI BERBASIS QRCODE PADA SMP NEGERI 7 PERCUT SEI TUAN," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, 2024, doi: 10.46576/djtechno.
- [5] D. Nurcahya Avianty, A. Hidayat Jatmika, L. Miftahul Ulum, and U. Pelayanan Perbendaharaan Wilayah Pulau Lombok, "SISTEM INFORMASI MANAJEMEN ASET PADA BPKAD PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT BERBASIS WEBSITE DENGAN FRAMEWORK LARAVEL (Asset Management Information System in BPKAD Province of West Nusa Tenggara Based on Laravel Framework)." [Online]. Available: <http://begawe.unram.ac.id/index.php/JBTI/>
- [6] I. Taufan et al., "DESAIN SISTEM INFORMASI UNTUK TRACKING DAN TRACING PADA WAREHOUSE DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI QR CODE," 2021.
- [7] R. Faaldiansyah and W. S. Utami, "Pengembangan Aplikasi Pemantauan Stok Barang Menggunakan QR Code Secara Real-Time Tracking dengan Metode Prototype Berbasis Android," *ILKOMNIKA*, vol. 6, no. 3, pp. 373–382, Dec. 2024, doi: 10.28926/ilkomnika.v6i3.682.
- [8] Benrahman, "Asset Management Information and Tracking System with QR Code Based on the Human Centred Design Method," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1830/1/012006.
- [9] B. Anggara, A. H. Anshor, and W. Hadikristanto, "Implementation Web-Based Qr-Code Information System Design in Warehouse Inventory Management System Using Rapid Application Development (RAD) Method at PT Dharma Precision Parts," *Formosa Journal of Computer and Information Science*, vol. 3, no. 2, pp. 81–90, Aug. 2024, doi: 10.55927/fjcis.v3i2.10117.
- [10] A. Hagen and T. M. Andersen, "Asset management, condition monitoring and Digital Twins: damage detection and virtual inspection on a reinforced concrete bridge," *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 20, no. 7–8, pp. 1242–1273, 2024, doi: 10.1080/15732479.2024.2311911.
- [11] M. Krishna Menon and R. Tuladhar, "Asset Management decision-making through data-driven Predictive Maintenance – an overview, techniques, benefits and challenges," *Maintenance, Reliability and Condition Monitoring*, vol. 4, no. 2, pp. 44–63, Dec. 2024, doi: 10.21595/marc.2024.24232.
- [12] K. Santa, R. Johaness Karouw, J. Kampus Unima, K. Tonsaru, and K. Tondano Selatan, "IMPLEMENTASI METODE EXTREME PROGRAMMING PADA APLIKASI PELAYANAN PUBLIK KEWASPADAAN NASIONAL DAN PENANGANAN KONFLIK KESBANGPOL KOTA MANADO," vol. 7, no. 1, 2025.
- [13] K. : Jurnal, I. Pengetahuan, T. Kelautan, S. Imam, T. W. Pribadi11, and H. M. Rahman11, "Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan, 19 (2) (2022):64-76 Study of QR Code Technology Application for Monitoring Activity of Ship Planned Maintenance System H) Check for updates," 2022. [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal://creativecommons.Org/licenses/by-sa/4.0/>
- [14] I. Mokoginta, S. Campvid Kumajas, M. Hermanto Tinambunan, and B. Morris Harold Kilis, "Digitalisasi Desa Pontodon Timur Menggunakan Metode Prototype Digitalization of East Pontodon Village Using the Prototype Method".
- [15] E. Hariyanto, J. Naufal, and M. A. Kurniawan, "Development of Web-Based Archiving Management System Using Extreme Programming Method at PT Media Medan Pers," 2025. [Online]. Available: <https://proceeding.pancabudi.ac.id/index.php/ICDSET/>
- [16] N. Tesalonika Sumakul and M. Hermanto Tinambunan, "PROMOSI TEMPAT WISATA DI KOTA TOMOHON BERBASIS WEB MENGGUNAKAN ALGORITMA PROTOTYPE."
- [17] F. Fatoni and D. Irawan, "Implementasi Metode Extreme Programming dalam Pengembangan Sistem Informasi Izin Produk Makanan," *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, vol. 8, no. 2, pp. 159–164, Aug. 2019, doi: 10.32736/sisfokom.v8i2.679.
- [18] E. Y. Anggraeni, S. Hartati, and D. Murwanto, "QR Code-Based Information System Designed to Display Irrigation Unit Data," *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 750–757, Apr. 2025, doi: 10.32877/bt.v7i3.2165.
- [19] M. Hermanto Tinambunan, Mk. Marthin Yohannes Simanjuntak, Mk. Nasib Marbun, and Mk. Gabriel Kenisa Meqfaden Baali, "MEMBANGUN BACKEND & APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE (API) DENGAN LARAVEL."
- [20] Y. Herdiana, K. Nistrina, and A. Dwiputra, "KOMPUTER FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI."

- [21] G. W. Saraswati and M. A. Ali, "PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN PENGELOLAAN SAMPAH MENGGUNAKAN METODE EXTREME PROGRAMMING," *Jurnal Manajemen Informatika & Sistem Informasi (MISI)*, vol. 7, no. 2, 2024, doi: 10.36595/misi.v5i2.
- [22] Ian. Sommerville, *Software engineering*. Pearson, 2016.
- [23] I. Sataria et al., "ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM INFORMASI INVENTARISASI BARANG MILIK NEGARA (BMN) KANTOR DPD RI DI IBUKOTA PROVINSI BERBASIS WEB PADA SEKRETARIAT JENDERAL DPD RI," 2018.
- [24] D. A. Septianingsih and D. Andi, "PENGARUH GAYA KEPEMIMPINAN DAN MOTIVASI KERJA TERHADAP KINERJA PEGAWAI SMK SIERE CENDEKIA," *JORAPI : Journal of Research and Publication Innovation*, vol. 3, no. 2, 2025, [Online]. Available: <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JOAIIA/index>
- [25] M. Rafli Rahmadani, D. Neipa Purnamasari, A. Kurniawan Saputro, H. Sukri, and D. Rahmawati, "IoT-Based Air Quality Monitoring System Using Rule-Based Method in Pertamina Green Village," 2024. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.xxxx/jjstel.vXiX>
- [26] "Argentino+Michaelovic+Kawengian+OK".
- [27] D. T. Suryanto, T. Rosnani, M. Si, M. Hanafi, and A. Syukur, "PENGARUH BUDAYA ORGANISASI TERHADAP KINERJA PELAYANAN SATUAN KERJA DENGAN KOMITMEN ORGANISASIONAL DAN KOMPETENSI SEBAGAI VARIABEL INTERVENING PADA KANTOR PELAYANAN PERBENDAHARAAN NEGARA (KPPN) PONTIANAK."
- [28] I. Permatasari, F. Adhania, S. A. Putri, and S. R. C. Nursari, "Pengujian Black Box Menggunakan Metode Analisis Nilai Batas pada Aplikasi DANA," 2023.
- [29] F. Cristiadzi Fawaz, I. Fauzan, R. Haris, and A. Saifudin, "PENGUJIAN FUNGSIONALITAS SISTEM INVENTARIS BARANG BERBASIS WEB PADA SMK NEGERI 7 KABUPATEN TANGERANG DENGAN METODE BLACK BOX TESTING," 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/index>
- [30] M. Mintarsih, "Pengujian Black Box Dengan Teknik Transition Pada Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Dengan Metode Waterfall Pada SMC Foundation," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 33–35, Feb. 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i1.727.
- [31] "218-Article Text-4382-1-10-20240308".
- [32] D. Galletta, R. Henry, S. McCoy, and P. Polak, "Web Site Delays: How Tolerant are Users?," *J. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–28, Jan. 2004, doi: 10.17705/1jais.00044.
- [33] "218-Article Text-4382-1-10-20240308".
- [34] D. Irawan, P. Studi Sistem Informasi, I. Komputer, and U. Muhammadiyah Metro, "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN ASET BERBASIS WEB."