Journal Scientific of Mandalika (JSM)
https://www.ojs.cahayamandalika.com/index.php/jomla

Vol. 7, No. 6, 2026
e-ISSN: 2745-5955 | p-ISSN: 2809-0543
hh. 788-804

Rancangan sistem e-maintenance elektronika bandara berbasis web dan qr code studi kasus bandara douw aturure nabire

Asrul Saefullah Kadir[1*], M. Arif Sulaiman[2], Toni[3]
[1,2,3]Program Studi Diploma IV Teknik Navigasi Udara Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
*Corresponding Author e-mail:asroel187@gmail.com

Abstract: *Maintenance of airport electronic equipment is a critical aspect in ensuring flight safety, security, and operational continuity. However, the recording and reporting of electronic equipment maintenance activities at the Douw Aturure Nabire Class II Airport Management Unit (UPBU) are still conducted manually using physical logbooks. This condition leads to several issues, including the risk of data loss, difficulties in tracing maintenance history, and limited technical supervision.This study aims to design and implement a web-based E-Maintenance system for airport electronic equipment integrated with Quick Response (QR) Code technology to improve the efficiency and reliability of maintenance record management. The system development method applied in this study is Agile Software Development using the Feature Driven Development (FDD) approach.The developed system supports maintenance data entry by technicians, equipment identification through QR Code scanning, technical validation of maintenance reports by supervisors, and digital generation of maintenance reports. The results of system testing using the Black Box Testing method indicate that all system functionalities operate according to user requirements and system design specifications.Based on these results, it can be concluded that the developed E-Maintenance system is capable of improving the efficiency of maintenance data recording and management, facilitating maintenance history tracking, and enhancing data reliability through a structured technical validation mechanism.*
Keywords: *E-Maintenance, Airport Electronic Equipment, QR Code, Agile Development, Feature Driven Development.*

Abstrak:Pemeliharaan peralatan elektronika bandara merupakan aspek penting dalam menjamin keselamatan, keamanan, dan kelancaran operasional penerbangan. Namun, proses pencatatan dan pelaporan pemeliharaan peralatan elektronika di Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Kelas II Douw Aturure Nabire masih dilakukan secara manual menggunakan buku *logbook* fisik, sehingga menimbulkan berbagai kendala, seperti risiko kehilangan data, kesulitan penelusuran riwayat pemeliharaan, serta keterbatasan pengawasan teknis.Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *E-Maintenance* Peralatan Elektronika Bandara berbasis web yang terintegrasi dengan teknologi *Quick Response* (QR) Code guna meningkatkan efisiensi dan keandalan pencatatan pemeliharaan. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *Agile Software Development* dengan pendekatan *Feature Driven Development* (FDD).Sistem yang dikembangkan mampu mendukung proses pencatatan pemeliharaan oleh *teknisi*, identifikasi peralatan melalui pemindaian *QR Code*, validasi laporan oleh *supervisor*, serta penyajian laporan pemeliharaan secara digital. Hasil pengujian menggunakan metode *Black Box* menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan rancangan sistem.Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem *E-Maintenance* yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi pencatatan dan pengelolaan data pemeliharaan, mempermudah penelusuran riwayat peralatan, serta meningkatkan keandalan data melalui mekanisme validasi teknis.
Kata kunci: *E-Maintenance*, Peralatan Elektronika Bandara, *QR Code*, Agile Development, *Feature* Driven Development.

How to Cite: Asrul Saefullah Kadir, M. Arif Sulaiman,Toni. (2026). Rancangan sistem e-maintenance elektronika bandara berbasis web dan qr code studi kasus bandara douw aturure nabire. *Journal Scientific of Mandalika (JSM) E-ISSN 2745-5955 | P-ISSN 2809-0543, 7*(2), 265-275. https://doi.org/10.36312/10.36312/vol4iss1pp788-804

https://doi.org/10.36312/10.36312/vol4iss1pp788-804

Copyright©2026, Author (s)
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk sektor transportasi udara. Bandar udara sebagai simpul utama transportasi udara dituntut untuk memiliki sistem pengelolaan yang efisien, akurat, dan terdokumentasi dengan baik guna menjamin keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan. Salah satu aspek penting dalam operasional bandar udara adalah pemeliharaan peralatan *Elektronika* bandara.

Unit *Elektronika* bandara bertanggung jawab terhadap pemeliharaan berbagai peralatan penting seperti sistem keamanan, sistem informasi penerbangan, dan sistem komunikasi. Seluruh peralatan tersebut harus selalu berada dalam kondisi laik operasi dan terdokumentasi secara sistematis. *International Civil Aviation Organization* (ICAO) melalui *Annex 14* menegaskan bahwa fasilitas dan peralatan bandar udara wajib dipelihara dan dicatat secara berkala untuk menjamin keselamatan operasional penerbangan [1].

Berdasarkan hasil observasi di Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Kelas II Douw Aturure Nabire, Papua Tengah pencatatan kegiatan pemeliharaan peralatan *Elektronika* masih dilakukan secara manual menggunakan buku

logbook fisik. Metode pencatatan ini memiliki berbagai kelemahan, seperti risiko kehilangan data akibat kerusakan dokumen, seperti yang pernah terjadi di bandara Douw Aturure pada tahun 2019 telah terjadi kebakaran yang mengakibatkan hangusnya *logbook,* peralatan kesulitan dalam penelusuran riwayat pemeliharaan, serta keterbatasan pengawasan oleh *supervisor*. Kondisi ini berdampak pada kurang optimalnya evaluasi kondisi peralatan dan pengambilan keputusan teknis.

"Regulasi nasional menekankan pentingnya dokumentasi pemeliharaan fasilitas teknis di bandar udara. Direktur Jenderal Perhubungan Udara mengatur prosedur pemeliharaan dan pelaporan fasilitas telekomunikasi penerbangan secara sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan." [3]. Dan juga pentingnya pengendalian dokumen berbasis sistem terintegrasi [2].

Seiring dengan perkembangan teknologi, penerapan sistem *E-Maintenance* berbasis web menjadi solusi yang relevan untuk menggantikan metode pencatatan manual. Integrasi teknologi *QR Code* memungkinkan setiap peralatan memiliki identitas digital yang mempermudah proses identifikasi dan penelusuran riwayat pemeliharaan secara cepat dan akurat [4]. Penerapan validasi teknis dalam sistem *E-Maintenance* juga berperan penting dalam meningkatkan keandalan dan akurasi data pemeliharaan. Pemanfaatan teknologi berbasis cloud memungkinkan pengelolaan data aset dan pemeliharaan dilakukan secara terintegrasi dan real-time [7]

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan perancangan dan implementasi sistem *E-Maintenance* Peralatan *Elektronika* Bandara berbasis web dengan integrasi *QR Code* sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keterpaduan pengelolaan pemeliharaan peralatan *Elektronika* di Bandar Udara Douw Aturure Nabire.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D). Metode ini digunakan karena penelitian tidak hanya bertujuan untuk menganalisis permasalahan, tetapi juga menghasilkan suatu produk berupa sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandara berbasis web serta menguji kelayakan sistem yang dikembangkan.

Metode perancangan dan pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah Agile Software Development dengan pendekatan Feature Driven Development (FDD) sebagai kerangka pengembangan sistem yang dilakukan secara bertahap. Pendekatan Agile menekankan proses iteratif, fleksibilitas, serta keterlibatan pengguna secara berkelanjutan dalam setiap tahapan pengembangan sistem [9],[10]. Pendekatan *Feature Driven Development* (FDD) berorientasi pada pengembangan sistem berbasis fitur yang terdefinisi dengan jelas. Setiap fitur dikembangkan melalui tahapan perencanaan, perancangan, implementasi, dan pengujian secara sistematis, sehingga memudahkan pengendalian kualitas dan kemajuan pengembangan sistem [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Perancangan dan Implementasi Sistem

Proses perancangan dan implementasi sistem E-Maintenance didasarkan pada hasil analisis kebutuhan sistem yang telah dilakukan sebelumnya. Setiap fitur yang dikembangkan merupakan hasil penerjemahan kebutuhan pengguna yang teridentifikasi pada tahap need analysis, sehingga sistem yang dihasilkan memiliki keterkaitan langsung dengan permasalahan dan kebutuhan operasional di lapangan.

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam proses perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandara. Instrumen penelitian pada tugas akhir ini disusun untuk mendukung proses analisis kebutuhan, validasi sistem, serta penilaian kelayakan sistem yang dikembangkan.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari:

1. Form Validasi Ahli, digunakan sebagai instrumen utama untuk menilai kelayakan teknis dan kesesuaian fungsi sistem. Instrumen ini diisi oleh teknisi dan supervisor Unit Elektronika Bandara yang memiliki kompetensi dalam pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Penilaian difokuskan pada fungsi utama sistem, seperti pencatatan pemeliharaan, pemindaian QR Code, validasi laporan, dan penyajian laporan.
2. Kuesioner Persepsi Pengguna menggunakan Google Form, digunakan sebagai instrumen pendukung untuk mengetahui tingkat kebutuhan, kemudahan penggunaan, dan penerimaan sistem oleh pengguna di lingkungan operasional. Kuesioner ini disebarkan kepada anggota Unit Elektronika Bandara UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire dan disusun menggunakan skala Likert lima tingkat.
3. Dokumentasi Sistem, berupa tangkapan layar (screenshot) tampilan sistem, hasil pengujian, serta laporan yang dihasilkan oleh sistem. Instrumen ini digunakan untuk mendukung penyajian hasil implementasi dan pembahasan sistem.

Seluruh instrumen penelitian yang digunakan disajikan secara lengkap pada bagian lampiran sebagai bukti pelaksanaan penelitian dan validasi sistem. Penyusunan instrumen penelitian ini disesuaikan dengan hasil analisis kebutuhan sistem dan tujuan pengembangan sistem E-Maintenance.

Sebelum dilakukan perancangan dan implementasi sistem E-Maintenance, terlebih dahulu dilakukan analisis kebutuhan pengguna untuk memastikan sistem yang dikembangkan sesuai dengan kondisi dan kebutuhan operasional di

lapangan. Analisis kebutuhan ini dilakukan menggunakan kuesioner berbasis Google Form dengan skala Likert 1–5 yang disebarkan kepada teknisi Unit Elektronika Bandara UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire sebagai pengguna utama sistem.

Kuesioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kebutuhan terhadap sistem berbasis web, fitur pencatatan pemeliharaan, identifikasi peralatan menggunakan QR Code, mekanisme validasi oleh supervisor, serta penyajian laporan pemeliharaan dalam bentuk digital. Hasil pengisian kuesioner kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik untuk memberikan gambaran tingkat kebutuhan pengguna terhadap sistem E-Maintenance yang dikembangkan.



Gambar IV. 1 Grafik Hasil Analisis Kebutuhan Sistem E-Maintenance

Berdasarkan grafik hasil kuesioner tersebut, seluruh pernyataan memperoleh nilai persentase di atas 80%, yang menunjukkan bahwa pengguna sangat membutuhkan sistem E-Maintenance untuk mendukung kegiatan pemeliharaan peralatan elektronika bandara secara lebih efektif dan terstruktur.

Penyusunan instrumen penelitian ini disesuaikan dengan hasil analisis kebutuhan sistem dan tujuan pengembangan sistem E-Maintenance, sehingga setiap instrumen yang digunakan memiliki keterkaitan langsung dengan kebutuhan pengguna yang dianalisis pada tahap berikutnya.

1. Analisis Kebutuhan Pengguna

   Tahap awal dalam proses perancangan sistem *E-Maintenance* adalah melakukan analisis kebutuhan pengguna. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional sistem berdasarkan peran dan tanggung jawab masing-masing pengguna, yaitu *Administrator*, *Teknisi*, dan *Supervisor*.

Administrator membutuhkan sistem yang mampu mengelola data peralatan secara terpusat, termasuk pendataan aset, pengelompokan jenis peralatan, serta pengaturan jadwal pemeliharaan. Selain itu, *Administrator* juga memerlukan akses untuk mengelola data pengguna sistem agar hak akses dapat diberikan sesuai dengan tugas masing-masing personel.

Teknisi membutuhkan sistem yang mudah digunakan di lapangan dan dapat diakses melalui perangkat *mobile*. Sistem harus memungkinkan *teknisi* untuk melakukan pencatatan pemeliharaan secara cepat, mengunggah dokumentasi foto, serta mencatat kondisi peralatan secara akurat. Oleh karena itu, antarmuka sistem dirancang agar responsif dan sederhana, sehingga dapat digunakan dengan efektif di berbagai kondisi kerja.

Supervisor membutuhkan sistem yang mampu menampilkan informasi pemeliharaan secara ringkas namun informatif. *Supervisor* juga memerlukan fitur validasi laporan untuk memastikan bahwa setiap kegiatan pemeliharaan telah dilaksanakan sesuai prosedur. Selain itu, sistem harus mampu menghasilkan laporan pemeliharaan dalam format yang siap digunakan untuk keperluan administrasi dan pelaporan.

Berdasarkan analisis kebutuhan pengguna yang telah dilakukan, perancangan sistem E-Maintenance diarahkan untuk menjawab permasalahan utama yang ditemukan di lapangan, yaitu keterbatasan pencatatan manual, kesulitan penelusuran riwayat pemeliharaan, dan tidak adanya sistem validasi teknis yang terintegrasi. Implementasi fitur-fitur utama dalam sistem ini menunjukkan bahwa kebutuhan pengguna telah diterjemahkan secara sistematis ke dalam fungsi aplikasi berbasis web.

Penerapan metode Agile Software Development dengan pendekatan Feature Driven Development (FDD) memungkinkan sistem dikembangkan secara bertahap berdasarkan prioritas kebutuhan operasional. Setiap fitur yang diimplementasikan memiliki keterkaitan langsung dengan kebutuhan pengguna sebagaimana diidentifikasi pada tahap analisis kebutuhan, sehingga sistem yang dihasilkan bersifat aplikatif dan relevan dengan kondisi operasional di UPBU Douw Aturure Nabire.

2. Perancangan Basis Data dan Alur Sistem

Setelah analisis kebutuhan pengguna dilakukan, tahap selanjutnya adalah perancangan basis data dan alur sistem. Basis data dirancang untuk menyimpan seluruh informasi yang berkaitan dengan pengguna, peralatan, aktivitas pemeliharaan, jadwal, serta log aktivitas sistem.

Struktur basis data terdiri dari beberapa tabel utama, antara lain tabel pengguna, tabel peralatan, tabel aktivitas pemeliharaan, tabel jadwal pemeliharaan, dan tabel log aktivitas. Relasi antar tabel dirancang sedemikian rupa agar data saling terhubung dan konsisten, sehingga memudahkan proses pengolahan dan penelusuran informasi.

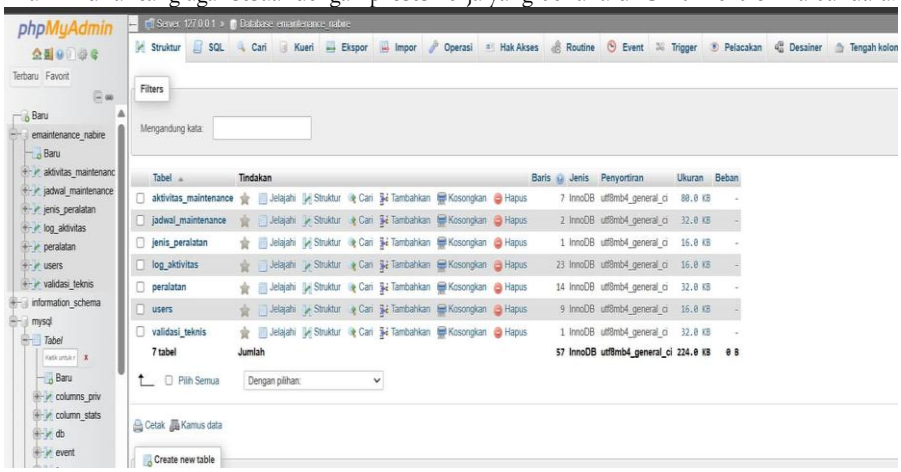


Gambar IV. 2 *Entity Relationship Diagram*

Entity Relationship Diagram (ERD) pada Gambar IV.1 menggambarkan struktur basis data sistem E-Maintenance yang dikembangkan. ERD ini menunjukkan hubungan antar entitas utama dalam sistem, yaitu entitas pengguna, peralatan, pemeliharaan, dan validasi teknis.

Setiap entitas dirancang untuk merepresentasikan kebutuhan data yang muncul dalam proses pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Hubungan antar entitas memastikan bahwa data pemeliharaan dapat ditelusuri berdasarkan identitas peralatan, waktu pemeliharaan, serta pihak yang melakukan dan memvalidasi kegiatan tersebut. Dengan struktur ini, sistem mampu menyimpan dan mengelola data pemeliharaan secara terintegrasi dan konsisten.

Perancangan alur sistem dilakukan untuk menggambarkan proses kerja sistem secara menyeluruh, mulai dari proses *login* pengguna, pemindaian *QR Code*, peng*input*an laporan pemeliharaan, hingga proses validasi dan pencetakan laporan. Alur ini dirancang agar sesuai dengan proses kerja yang berlaku di Unit Elektronika bandara.



Gambar IV. 3 Struktur *Database* Sistem

3. Perancangan Antarmuka dan Akses Pengguna

Antarmuka sistem *E-Maintenance* dirancang dengan memperhatikan aspek kemudahan penggunaan (*user friendly*) dan responsivitas. Sistem menggunakan *framework Bootstrap* 5 untuk memastikan tampilan dapat menyesuaikan dengan berbagai ukuran layar, baik pada perangkat desktop maupun *mobile*.

Pembagian tampilan antarmuka disesuaikan dengan hak akses pengguna. *Administrator* dan *Supervisor* menggunakan tampilan berbasis desktop yang menampilkan informasi secara lengkap, sedangkan *Teknisi* menggunakan tampilan *mobile* yang lebih ringkas dan fokus pada fungsi utama, yaitu pencatatan pemeliharaan.

Pendekatan desain ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja pengguna serta meminimalkan kesalahan penggunaan sistem di lapangan.

Proses perancangan dan implementasi sistem ini dilaksanakan berdasarkan tahapan Feature Driven Development (FDD), yang selanjutnya dijabarkan secara rinci pada Subbab C.

Pengujian sistem pada penelitian ini difokuskan pada pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing serta pengujian kompatibilitas perangkat. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna pada berbagai perangkat yang digunakan.

Namun demikian, pengujian performa sistem, pengujian keamanan, dan pengujian beban kerja penyimpanan belum dilakukan secara mendalam. Hal ini menjadi salah satu keterbatasan penelitian dan membuka peluang pengembangan lanjutan untuk menguji ketahanan sistem dalam skala penggunaan yang lebih besar.

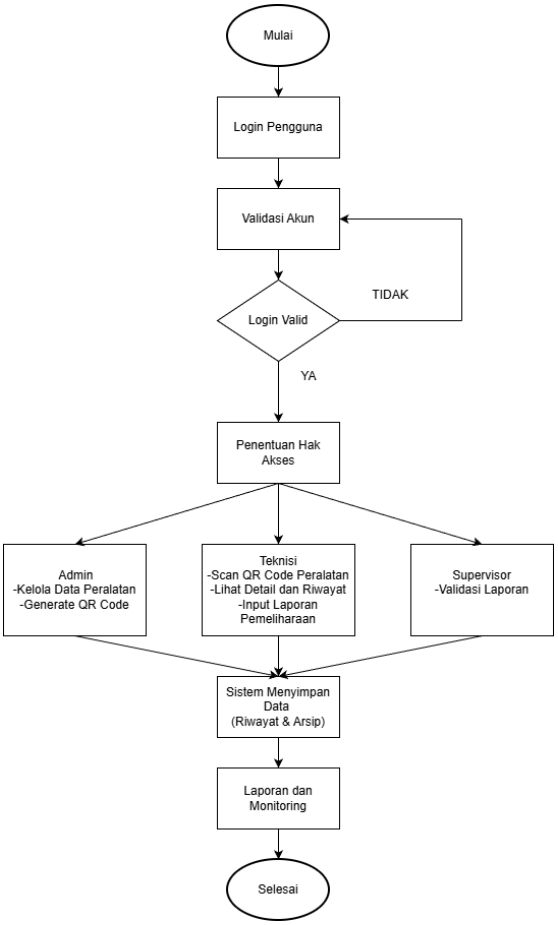
B. Hasil Implementasi Sistem Berdasarkan Tahapan Feature Driven Development (FDD)

Subbab ini menyajikan hasil implementasi sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandar Udara yang dikembangkan menggunakan metode Feature Driven Development (FDD). Penyajian hasil disusun berdasarkan tahapan FDD untuk menunjukkan bahwa setiap proses pengembangan sistem telah dilaksanakan secara nyata dan menghasilkan keluaran yang terukur. Dengan demikian, keterkaitan antara metodologi pengembangan dan sistem yang dihasilkan dapat dibuktikan secara jelas.

I. Implementasi Tahap Develop an Overall Model

Tahap *Develop an Overall Model* bertujuan untuk memperoleh pemahaman menyeluruh terhadap sistem yang akan dikembangkan. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting pemeliharaan peralatan elektronika bandar udara di UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire yang masih menggunakan pencatatan manual melalui buku logbook.

Berdasarkan hasil analisis, ditemukan beberapa permasalahan utama, antara lain kesulitan dalam menelusuri riwayat pemeliharaan peralatan, potensi kehilangan data, serta keterlambatan dalam penyusunan laporan pemeliharaan. Selain itu, proses identifikasi peralatan di lapangan masih dilakukan secara manual sehingga kurang efisien.



Gambar IV. 4 Diagram Alur Sistem

Berdasarkan permasalahan tersebut, disusun model konseptual sistem E-Maintenance yang menggambarkan alur kerja pemeliharaan, peran pengguna sistem (administrator, teknisi, dan supervisor), serta hubungan antar proses pemeliharaan. Model ini menjadi dasar dalam perancangan fitur dan struktur sistem pada tahap selanjutnya.

2. Implementasi Tahap Build a Feature List

Tahap *Build a Feature List* dilakukan untuk mengidentifikasi dan menyusun daftar fitur yang dibutuhkan dalam sistem E-Maintenance berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya. Penyusunan fitur difokuskan pada kebutuhan nyata pengguna sistem di lingkungan operasional bandar udara.

Fitur-fitur utama yang dihasilkan pada tahap ini meliputi fitur autentikasi pengguna, pengelolaan data peralatan, identifikasi peralatan menggunakan QR Code, pencatatan kegiatan pemeliharaan oleh teknisi, validasi laporan oleh supervisor, serta penyajian laporan pemeliharaan secara digital. Setiap fitur dirancang untuk mendukung proses pemeliharaan peralatan agar lebih terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.

Tabel IV. 1 Daftar Fitur Sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandara

No	Nama Fitur	Deskripsi Fitur	Pengguna
1	Login Pengguna	Fitur untuk autentikasi pengguna sistem menggunakan username dan password agar hanya pengguna berwenang yang dapat mengakses sistem.	Teknisi, Supervisor, Admin
2	Manajemen Data Pengguna	Fitur untuk mengelola data akun pengguna sistem, termasuk penambahan, perubahan, dan penghapusan data pengguna.	Admin
3	Manajemen Data Peralatan	Fitur untuk menyimpan dan mengelola data peralatan elektronika bandara, meliputi kode peralatan, nama, lokasi, dan status peralatan.	Admin
4	Generate QR Code Peralatan	Fitur untuk menghasilkan QR Code unik pada setiap peralatan sebagai identitas digital peralatan.	Admin
5	Scan QR Code Peralatan	Fitur untuk melakukan pemindaian QR Code menggunakan perangkat kamera guna mengakses data peralatan secara cepat.	Teknisi
6	Tampilan	Fitur untuk menampilkan detail data peralatan	Teknisi,

No	Nama Fitur	Deskripsi Fitur	Pengguna
	Informasi Peralatan	setelah QR Code dipindai, termasuk riwayat pemeliharaan.	Supervisor
7	Input Data Pemeliharaan	Fitur untuk mencatat hasil kegiatan pemeliharaan peralatan seperti tanggal, jenis pemeliharaan, dan keterangan teknis.	Teknisi
8	Penyimpanan Data ke Database	Fitur untuk menyimpan seluruh data pemeliharaan ke dalam basis data secara terstruktur dan terdokumentasi.	Sistem
9	Validasi Pemeliharaan	Fitur untuk melakukan pemeriksaan dan persetujuan hasil pemeliharaan yang telah diinput oleh teknisi.	Supervisor
10	Riwayat Pemeliharaan	Fitur untuk menampilkan histori pemeliharaan peralatan secara lengkap dan kronologis.	Teknisi, Supervisor
11	Laporan Pemeliharaan	Fitur untuk menghasilkan laporan pemeliharaan peralatan dalam format digital sebagai bahan dokumentasi dan evaluasi.	Supervisor, Admin
12	Export Laporan	Fitur untuk mengekspor laporan pemeliharaan ke dalam format file (PDF/Excel).	Supervisor, Admin
13	Dashboard Sistem	Fitur untuk menampilkan ringkasan informasi sistem seperti jumlah peralatan, status pemeliharaan, dan aktivitas terbaru.	Admin
14	Logout Sistem	Fitur untuk mengakhiri sesi penggunaan sistem secara aman.	Semua Pengguna

Daftar fitur yang telah disusun digunakan sebagai acuan utama dalam perencanaan dan implementasi sistem pada tahap berikutnya.

3. Implementasi Tahap Build a Feature List

Tahap *Build a Feature List* dilakukan untuk mengidentifikasi dan menyusun daftar fitur yang dibutuhkan dalam sistem E-Maintenance berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya. Penyusunan fitur difokuskan pada kebutuhan nyata pengguna sistem di lingkungan operasional bandar udara.

Fitur-fitur utama yang dihasilkan pada tahap ini meliputi fitur autentikasi pengguna, pengelolaan data peralatan, identifikasi peralatan menggunakan QR Code, pencatatan kegiatan pemeliharaan oleh teknisi, validasi laporan oleh supervisor, serta penyajian laporan pemeliharaan secara digital. Setiap fitur dirancang untuk mendukung proses pemeliharaan peralatan agar lebih terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.

Daftar fitur yang telah disusun digunakan sebagai acuan utama dalam perencanaan dan implementasi sistem pada tahap berikutnya.

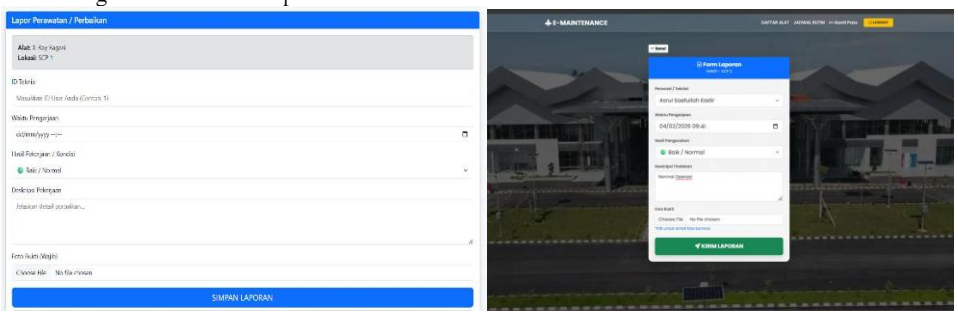
Tabel IV. 2 Prioritas Pengembangan Fitur Sistem E-Maintenance

No	Nama Fitur	Prioritas	Alasan Penetapan Prioritas
1	Login Pengguna	Tinggi	Merupakan gerbang utama sistem dan wajib tersedia sebelum fitur lain dapat digunakan.
2	Manajemen Data Pengguna	Tinggi	Diperlukan untuk mengatur hak akses teknisi, supervisor, dan admin.
3	Manajemen Data Peralatan	Tinggi	Menjadi basis data utama sebelum proses pemeliharaan dapat dilakukan.
4	Generate QR Code Peralatan	Tinggi	QR Code merupakan identitas utama peralatan dalam sistem E-Maintenance.
5	Scan QR Code Peralatan	Tinggi	Digunakan langsung oleh teknisi di lapangan untuk mengakses data peralatan.
6	Tampilan Informasi Peralatan	Tinggi	Dibutuhkan untuk memastikan teknisi memperoleh informasi peralatan secara cepat dan akurat.
7	Input Data Pemeliharaan	Tinggi	Merupakan fungsi inti pencatatan kegiatan pemeliharaan peralatan.
8	Penyimpanan Data ke Database	Tinggi	Menjamin data pemeliharaan terdokumentasi dan dapat ditelusuri.
9	Validasi Pemeliharaan	Sedang	Digunakan untuk memastikan keabsahan data melalui persetujuan supervisor.
10	Riwayat Pemeliharaan	Sedang	Mendukung proses evaluasi dan penelusuran historis pemeliharaan peralatan.
11	Laporan	Sedang	Dibutuhkan untuk kebutuhan dokumentasi dan

No	Nama Fitur	Prioritas	Alasan Penetapan Prioritas
	Pemeliharaan		pelaporan manajemen.
12	Export Laporan	Rendah	Fitur pendukung untuk kebutuhan arsip dan distribusi laporan.
13	Dashboard Sistem	Rendah	Bersifat informatif dan tidak memengaruhi fungsi utama sistem.
14	Logout Sistem	Rendah	Fitur penutup sesi penggunaan sistem.

4. Implementasi Tahap Plan by Feature

Tahap *Plan by Feature* merupakan tahap perencanaan pengembangan sistem berdasarkan daftar fitur yang telah ditentukan. Pada tahap ini dilakukan penentuan urutan dan prioritas pengembangan fitur agar proses implementasi dapat berjalan secara terstruktur. Fitur-fitur inti yang berkaitan langsung dengan pencatatan dan identifikasi peralatan, seperti manajemen data peralatan, pencatatan pemeliharaan, dan pemindaian QR Code, diprioritaskan untuk dikembangkan terlebih dahulu. Selanjutnya, fitur pendukung seperti validasi laporan dan penyajian laporan dikembangkan secara bertahap.



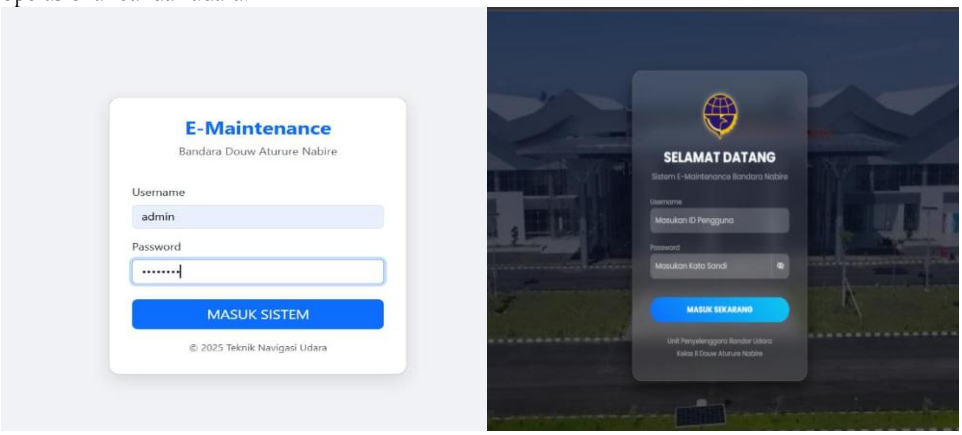
Gambar IV. 5 Pengembangan Sistem Antar Muka Pada Fitur Pelaporan

Perencanaan berbasis fitur ini memungkinkan proses pengembangan sistem dilakukan secara terkontrol serta meminimalkan risiko kesalahan pada saat implementasi.

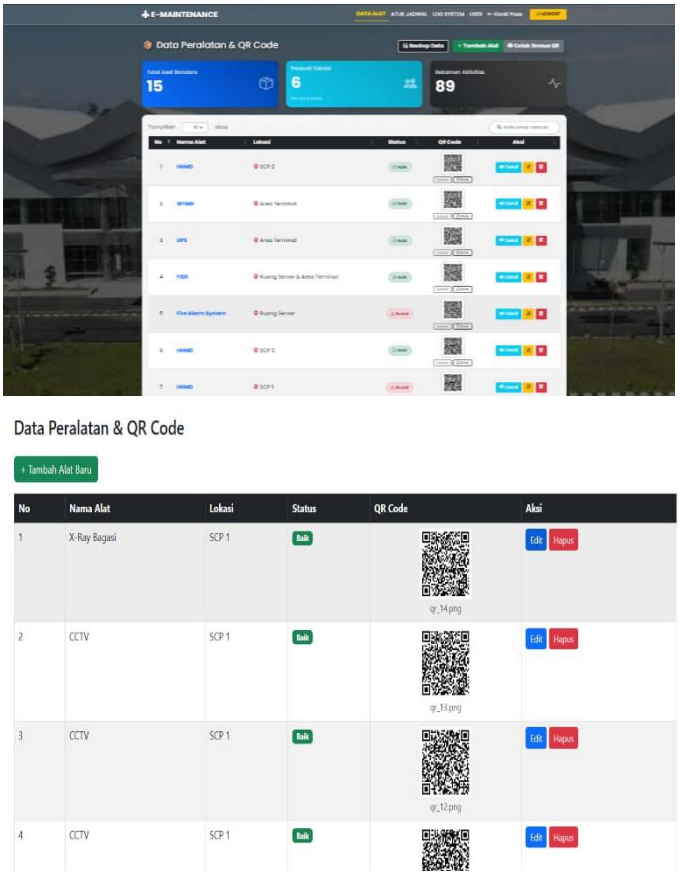
5. Implementasi Tahap Build by Feature

Tahap *Build by Feature* merupakan tahap implementasi nyata dari sistem E-Maintenance berbasis web. Pada tahap ini, setiap fitur yang telah dirancang dikembangkan dan diintegrasikan ke dalam sistem secara bertahap sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan. Implementasi sistem meliputi fitur login pengguna dengan pembagian hak akses, pengelolaan data peralatan oleh administrator, pemindaian QR Code untuk identifikasi peralatan, pencatatan kegiatan pemeliharaan oleh teknisi, serta proses validasi laporan oleh supervisor. Sistem dirancang agar dapat diakses melalui perangkat komputer maupun smartphone untuk mendukung kegiatan pemeliharaan di lapangan.

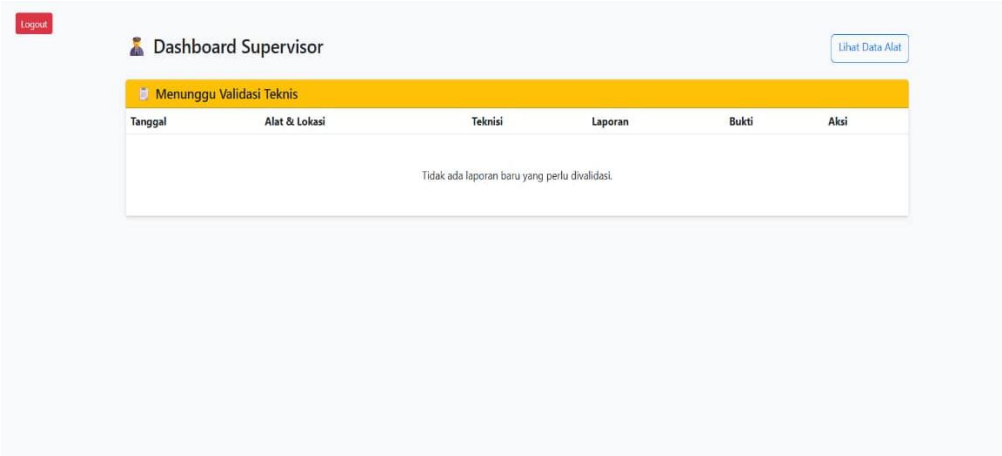
Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung proses pemeliharaan peralatan elektronika secara digital, mempermudah pencatatan kegiatan pemeliharaan, serta meningkatkan efisiensi dan keakuratan data. Sistem yang telah dibangun selanjutnya diuji dan divalidasi untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan operasional bandar udara.



Gambar IV. 6 Pengembangan Antar Muka Pada fitur *Login*



Gambar IV. 7 Pengembangan Antar Muka Pada Fitur Tampilan Informasi Peralatan



Gambar IV. 8 Fitur Dashboard Supervisor Sebelum Pengembangan

Hasil implementasi sistem pada setiap tahapan Feature Driven Development menunjukkan bahwa pendekatan pengembangan berbasis fitur memudahkan proses penyesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna. Setiap fitur yang dihasilkan memiliki keterkaitan langsung dengan kebutuhan operasional pemeliharaan peralatan elektronika bandara.

C. Hasil Implementasi Sistem

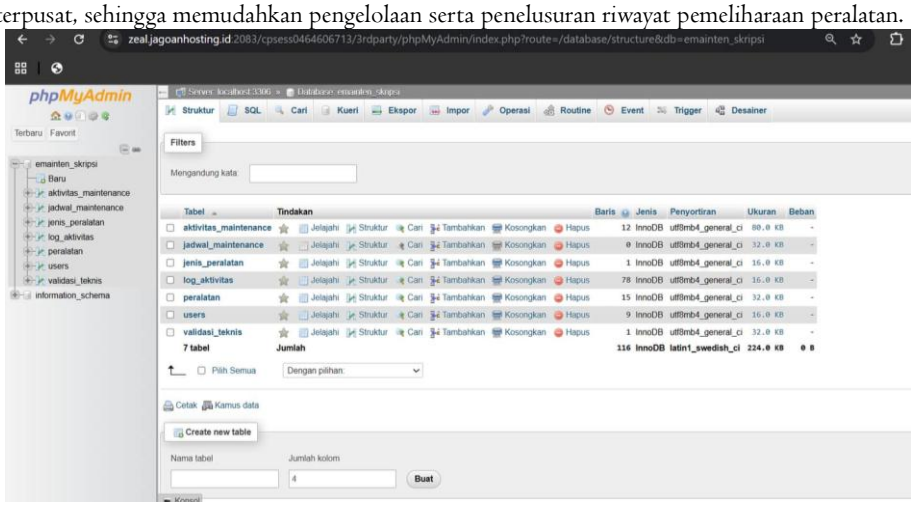
Sistem *E-Maintenance* Peralatan Elektronika Bandara berbasis web berhasil dibangun dan diimplementasikan sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan pada Bab III. Sistem telah diunggah (*hosting*) dan dapat diakses secara daring melalui domain *E-Maintenance-nabire.web.id*, sehingga memungkinkan sistem digunakan secara fleksibel oleh *teknisi* dan *supervisor* tanpa ketergantungan pada jaringan lokal.

Implementasi sistem dilakukan berdasarkan tahapan pengembangan menggunakan pendekatan *Feature Driven Development* (FDD), dengan fokus pada pengembangan fitur-fitur fungsional yang mendukung kegiatan pemeliharaan peralatan Elektronika bandara.

I. Hasil Pemodelan Data (Tahap *Develop an Overall Model*)

Struktur basis data sistem *E-Maintenance* telah berhasil diimplementasikan menggunakan MySQL. Basis data dirancang untuk menjamin keterkaitan dan integritas data antara pengguna sistem, peralatan Elektronika, serta aktivitas pemeliharaan yang dilakukan oleh *teknisi*.

Relasi antar tabel memastikan bahwa setiap laporan pemeliharaan dapat ditelusuri kembali berdasarkan identitas peralatan dan *teknisi* yang melakukan pekerjaan. Struktur basis data ini mendukung proses penyimpanan data secara terpusat, sehingga memudahkan pengelolaan serta penelusuran riwayat pemeliharaan peralatan.



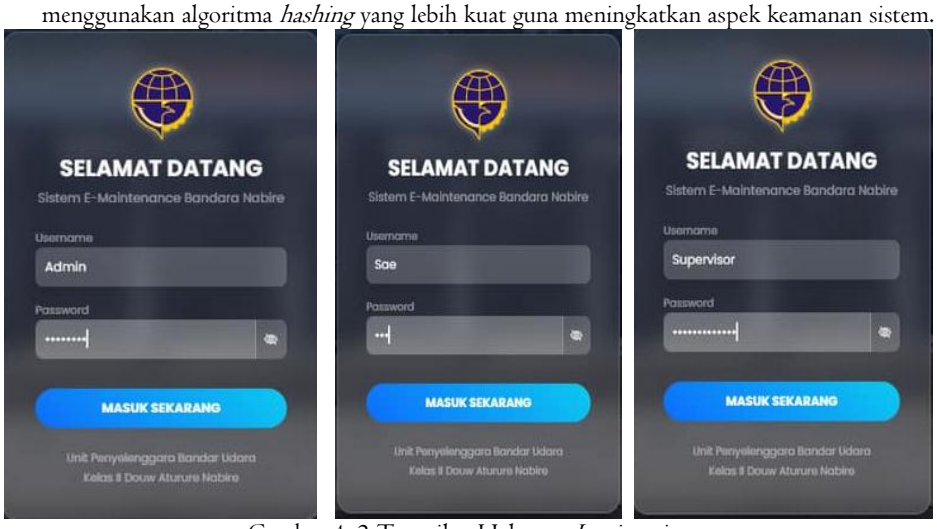
Gambar 4. 1 Struktur *Database* Sistem

2. Implementasi Antarmuka dan Fitur Sistem (Tahap *Build by Feature*)

a. Fitur Keamanan dan Akses (*Login* Multi-User)

Sistem *E-Maintenance* menerapkan mekanisme autentikasi pengguna melalui halaman *login* yang membedakan hak akses berdasarkan peran pengguna, yaitu *Administrator*, *Teknisi*, dan *Supervisor*. Setiap akun pengguna diverifikasi melalui basis data sistem, dan kata sandi disimpan dalam bentuk terenkripsi menggunakan algoritma MD5.

Penggunaan algoritma MD5 pada sistem ini bertujuan untuk menjaga kerahasiaan kata sandi pengguna dengan implementasi yang sederhana. Namun demikian, pada pengembangan lanjutan disarankan menggunakan algoritma *hashing* yang lebih kuat guna meningkatkan aspek keamanan sistem.



Gambar 4. 2 Tampilan Halaman *Login* setiap user

Apabila data *login* tidak sesuai, sistem secara otomatis menolak akses dan menampilkan pesan kesalahan. Mekanisme ini bertujuan untuk mencegah akses tidak sah ke dalam sistem.

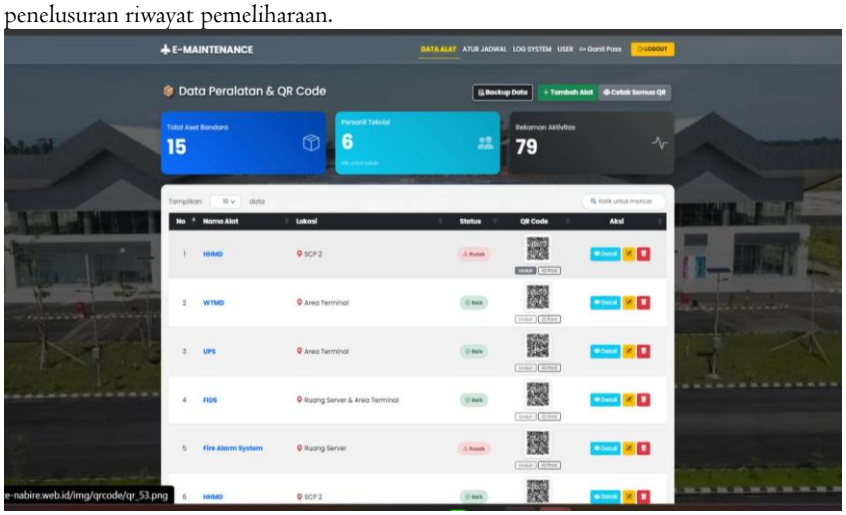


Gambar 4. 3 Tampilan Halaman *Login* apabila data *login* salah

b. Fitur Manajemen Aset dan Identifikasi Peralatan Berbasis *QR Code*

Fitur manajemen aset memungkinkan *Administrator* untuk melakukan pendataan seluruh peralatan Elektronika bandara secara terpusat. Setiap peralatan yang ditambahkan ke dalam sistem secara otomatis akan menghasilkan *QR Code* unik sebagai identitas digital peralatan tersebut.

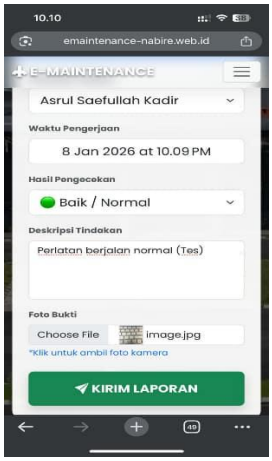
QR Code berisi tautan yang mengarah langsung ke halaman detail peralatan dalam sistem *E-Maintenance*. Selain itu, sistem juga menyediakan fitur pencetakan stiker *QR Code* yang dapat ditempelkan pada peralatan fisik di lapangan. Pemanfaatan *QR Code* ini mempermudah proses identifikasi peralatan dan mempercepat penelusuran riwayat pemeliharaan.



Gambar 4. 4 *Dashboard* Admin dan Modul Cetak *QR Code*

c. Fitur Pelaporan Pemeliharaan Berbasis *Mobile* oleh *Teknisi*

Antarmuka sistem untuk *teknisi* dirancang responsif dan menyerupai tampilan aplikasi *mobile*. Setelah melakukan pemindaian *QR Code* pada peralatan, *teknisi* secara otomatis diarahkan ke halaman formulir laporan pemeliharaan. Formulir laporan mencakup *input* kondisi peralatan, deskripsi pekerjaan, serta unggahan dokumentasi foto sebagai bukti pelaksanaan kegiatan pemeliharaan. Desain antarmuka dibuat sederhana dengan tombol aksi berukuran besar untuk memudahkan penggunaan di lapangan.

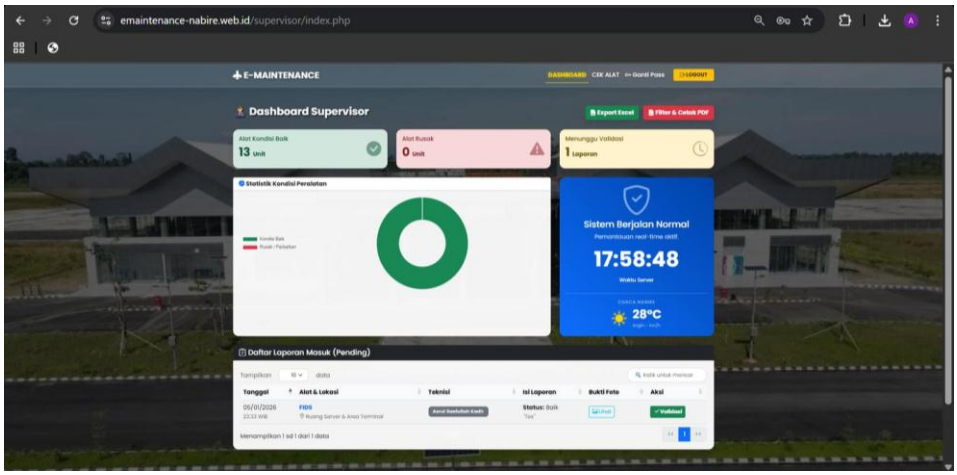


Gambar 4. 5 Antarmuka Pelaporan Pemeliharaan pada Smartphone

d. Fitur Validasi dan Pengawasan oleh *Supervisor*

Setiap laporan pemeliharaan yang dikirim oleh *teknisi* akan masuk ke sistem dengan status pending. Laporan tersebut selanjutnya ditampilkan pada *dashboard Supervisor* untuk dilakukan proses verifikasi dan validasi.

Supervisor dapat meninjau detail laporan beserta dokumentasi foto sebelum memberikan persetujuan. Setelah laporan divalidasi, status laporan berubah menjadi valid dan tercatat sebagai data pemeliharaan resmi. *Dashboard Supervisor* juga menampilkan grafik statistik kondisi peralatan secara real-time sebagai bahan monitoring dan evaluasi.



Gambar 4. 6 *Dashboard Supervisor* dan Tabel Validasi

E. Hasil Validasi Pengguna

Dalam penelitian ini, validasi sistem dilakukan melalui dua tahapan, yaitu validasi ahli sebagai instrumen utama dan validasi pengguna sebagai instrumen pendukung. Validasi ahli dilakukan oleh teknisi dan supervisor Unit Elektronika Bandara yang memiliki kompetensi teknis, sedangkan validasi pengguna menggunakan kuesioner Google Form ditujukan untuk mengetahui tingkat kebutuhan dan penerimaan sistem oleh seluruh anggota unit.

Proses validasi sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandara dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan operasional serta layak digunakan di lingkungan Unit Elektronika Bandara. Validasi sistem dilakukan melalui dua tahapan, yaitu validasi ahli sebagai instrumen utama dan validasi pengguna sebagai data pendukung.

Validasi ahli bertujuan untuk menilai kelayakan teknis dan kesesuaian fungsi sistem dengan prosedur pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Sementara itu, validasi pengguna dilakukan untuk mengetahui tingkat kebutuhan, kemudahan penggunaan, dan penerimaan sistem oleh pengguna di lingkungan operasional.

1. Hasil Validasi Ahli

Validasi ahli merupakan tahapan utama dalam menilai kelayakan sistem E-Maintenance yang dikembangkan. Validasi ini dilakukan oleh teknisi dan supervisor Unit Elektronika Bandara UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire yang memiliki kompetensi dan pengalaman dalam pengoperasian serta pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Pemilihan validator didasarkan pada keterlibatan langsung mereka dalam proses pemeliharaan peralatan serta pemahaman terhadap prosedur teknis yang berlaku.

Proses validasi ahli dilakukan menggunakan instrumen form validasi sistem yang disusun berdasarkan fitur-fitur utama sistem E-Maintenance. Aspek yang dinilai dalam validasi ahli meliputi kesesuaian fungsi login dengan hak

akses pengguna, manajemen data peralatan, pemindaian QR Code, pencatatan laporan pemeliharaan oleh teknisi, proses validasi laporan oleh supervisor, serta penyajian laporan pemeliharaan dalam bentuk digital.

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem E-Maintenance dinilai telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan operasional pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Penilaian yang diberikan oleh validator menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung proses pencatatan pemeliharaan secara lebih terstruktur, akurat, dan mudah ditelusuri dibandingkan dengan metode pencatatan manual menggunakan logbook fisik.

Berdasarkan hasil penilaian tersebut, sistem E-Maintenance dinyatakan layak digunakan untuk mendukung kegiatan pemeliharaan peralatan elektronika bandara di UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire. Form validasi ahli dan hasil penilaian disajikan secara lengkap pada bagian lampiran sebagai bukti pelaksanaan proses validasi sistem.

LEMBAR FORMULIR VALIDASI SISTEM

Judul Penelitian : Rancang Bangun Sistem E-Maintenance Elektronika Bandara Berbasis Web dan QR Code Studi Kasus Bandara Douw Aturure Nabire
Peneliti : Asrul Saefullah Kadir
Validator : Muhammad Fachru, A.Md.T.
Jabatan : Teknisi Penerbangan Terampil
Instansi : Unit Elektronika, UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire

A. PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon untuk mengakses sistem melalui alamat: https://emaintenance-e-nabire.web.id
2. Lakukan uji coba sesuai poin-poin fitur di bawah ini.
3. Berikan tanda centang (√) pada kolom penilaian sesuai hasil uji coba.

B. ASPEK FUNGSIONALITAS (FITUR KUNCI)

No	Fitur Utama	Indikator Keberhasilan	Berhasil	Gagal	Catatan
1	**Akses & Login**	Sistem dapat diakses via internet (HP/Laptop) dan login berfungsi sesuai Role (Admin/Teknisi).	√		
2	**Manajemen Aset**	Data peralatan dapat dilihat, ditambah, atau diperbarui dengan lancar.	√		
3	**QR Code**	*Scan QR Code* pada alat berhasil membuka halaman detail alat tersebut di HP.	√		
4	**Input Laporan**	Form input kerusakan mudah diisi dan fitur *Upload Foto* berfungsi.	√		
5	**Validasi**	Data yang diinput teknisi muncul di Dashboard Supervisor untuk divalidasi.	√		
6	**Output Laporan**	Sistem berhasil mencetak Laporan Riwayat dalam format PDF yang rapi.	√		

C. ASPEK USABILITAS (KEMUDAHAN PENGGUNAAN)

No	Aspek Penilaian	Kurang	Cukup	Baik	Sangat Baik
1	Kemudahan penggunaan aplikasi di *Smartphone*				√
2	Tampilan antarmuka (*Interface*) mudah dipahami				√
3	Kecepatan akses sistem saat digunakan			√	
4	Kesesuaian sistem dengan kebutuhan operasional di lapangan			√	

D. KESIMPULAN VALIDATOR
Sistem yang dirancang dinyatakan:
[√] **Layak Digunakan**
[ ] **Layak Digunakan dengan Perbaikan**
[ ] **Belum Layak**

E. KRITIK & SARAN PENGEMBANGAN
Cocok Untuk penggunan teknisi elban di bandara Nabire, Fiturnya juga sudah lumayan lengkap, Tapi perlu lebih ditingkatkan supaya ketika di gunakan secara rutin di lapangan dapat berfungsi dengan baik, SEMANGAT

Nabire, 27 Januari 2026
Validator

(Muhammad Fachru, A.Md.T.)
NIP. 20000418 202112 1 001

Gambar 4. 7 Penilaian dan Saran Validator Ahli

2. Hasil Validasi Pengguna (Pendukung)

Selain validasi ahli, penelitian ini juga dilengkapi dengan validasi pengguna sebagai data pendukung untuk memperkuat hasil penelitian. Validasi pengguna dilakukan dengan menyebarkan kuesioner menggunakan Google Form kepada seluruh anggota Unit Elektronika Bandara UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire.

Kuesioner validasi pengguna disusun untuk menilai tingkat kebutuhan sistem, kemudahan penggunaan, serta penerimaan pengguna terhadap sistem E-Maintenance yang dikembangkan. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert lima tingkat, sehingga hasil respon dapat dianalisis secara kuantitatif.

Hasil validasi pengguna menunjukkan bahwa sistem E-Maintenance dinilai mampu menjawab kebutuhan pengguna dalam pencatatan dan pengelolaan pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Mayoritas responden memberikan penilaian positif terhadap kemudahan penggunaan sistem, pemanfaatan QR Code dalam identifikasi peralatan, serta penyajian data dan laporan pemeliharaan secara digital.

Hasil validasi pengguna ini memperkuat temuan pada validasi ahli bahwa sistem E-Maintenance yang dikembangkan tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga dapat diterima dan digunakan oleh pengguna di lingkungan operasional Unit Elektronika Bandara. Instrumen kuesioner Google Form dan rekapitulasi hasil respon pengguna disajikan pada bagian lampiran.

Hasil validasi pengguna menunjukkan bahwa mayoritas responden menyatakan membutuhkan sistem E-Maintenance berbasis web untuk mendukung kegiatan pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Responden

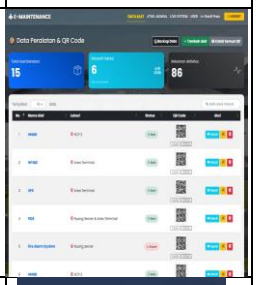
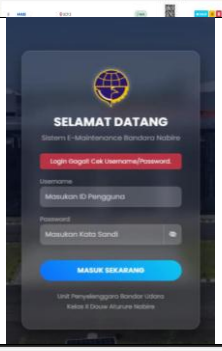
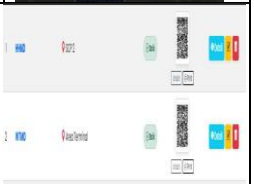
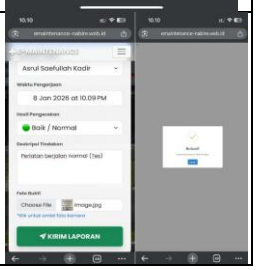
menilai bahwa sistem berbasis web lebih memudahkan akses data, mempercepat proses pencatatan, serta meningkatkan efisiensi kerja dibandingkan metode pencatatan manual menggunakan logbook fisik. Temuan ini menjadi bukti empiris bahwa pengembangan website E-Maintenance dibutuhkan dan relevan dengan kondisi operasional di UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire.

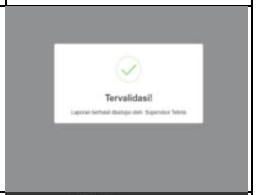
F. Pengujian Sistem (*Black Box Testing*)

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Pengujian dilakukan terhadap fitur-fitur utama sistem, meliputi proses *login* multi-user, pengelolaan data peralatan, pemindaian *QR Code*, pencatatan pemeliharaan, validasi laporan oleh *supervisor*, serta penyajian laporan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem *E-Maintenance* berjalan dengan baik dan sesuai dengan skenario pengujian yang direncanakan.

Tabel IV. 3 Hasil Pengujian *Black Box Testing*

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Dokumentasi
1	*Login* Sistem	Username & password valid	Sistem menampilkan *dashboard* sesuai hak akses	Sesuai	
2	*Login* Sistem	Username atau password tidak valid	Sistem menampilkan pesan kesalahan	Sesuai	
3	Manajemen Data Peralatan	Menambah data peralatan baru	Data tersimpan di *database*	Sesuai	
4	*QR Code* Peralatan	Pemindaian *QR Code*	Sistem menampilkan detail peralatan	Sesuai	
5	Pelaporan Pemeliharaan	*Input* laporan oleh *teknisi*	Data laporan tersimpan	Sesuai	

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Dokumentasi
6	Validasi Laporan	*Supervisor* memvalidasi laporan	Status berubah menjadi valid	Sesuai	
7	Laporan Pemeliharaan	Cetak laporan periode tertentu	File laporan berhasil dihasilkan	Sesuai	

I. Pengujian Kompatibilitas Perangkat dan Lingkungan Sistem

Sistem *E-Maintenance* Peralatan Elektronika Bandara dikembangkan berbasis web sehingga dapat diakses melalui berbagai jenis perangkat dan sistem operasi tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Pengujian kompatibilitas dilakukan untuk memastikan sistem dapat digunakan secara optimal pada kondisi operasional yang berbeda.

Pengujian perangkat dilakukan menggunakan perangkat smartphone berbasis *Android* dan iOS**,** serta laptop/PC. Pada perangkat smartphone, sistem diuji melalui *browser* Google *Chrome* (*Android*) dan *Safari* (iOS), sedangkan pada laptop/PC sistem diuji menggunakan *browser* Google *Chrome*, Mozilla *Firefox*, dan Microsoft *Edge*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem, seperti *login*, pemindaian *QR Code*, pencatatan laporan pemeliharaan, dan validasi laporan dapat berjalan dengan baik pada seluruh perangkat dan *browser* yang diuji.

Dari sisi perangkat keras, sistem tidak memerlukan spesifikasi tinggi. Perangkat minimal yang dibutuhkan adalah smartphone atau laptop yang memiliki *browser* modern dan kamera (untuk pemindaian *QR Code*). Sistem dapat berjalan dengan baik pada perangkat dengan spesifikasi standar yang umum digunakan dalam operasional bandara.

Karena sistem berbasis web dan menggunakan koneksi internet, pengujian juga dilakukan pada kondisi jaringan yang berbeda. Sistem dapat diakses dengan baik pada jaringan internet standar dengan kecepatan minimal sekitar 2 Mbps, yang umumnya tersedia pada jaringan seluler maupun Wi-Fi di lingkungan bandara. Dengan demikian, sistem *E-Maintenance* dinilai layak digunakan pada kondisi operasional lapangan yang beragam.

Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Kompatibilitas Perangkat dan Lingkungan Sistem

Perangkat	Sistem Operasi	*Browser*	Hasil
Smartphone	*Android*	*Chrome*	Berhasil
Smartphone	iOS	*Safari*	Berhasil
Laptop/PC	Windows	*Chrome*	Berhasil
Laptop/PC	Windows	*Firefox*	Berhasil
Laptop/PC	Windows	*Edge*	Berhasil

H. Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah dilakukan, pembahasan ini difokuskan pada interpretasi hasil penelitian serta keterkaitannya dengan kebutuhan operasional dan tujuan pengembangan sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandara.

Penerapan metode Feature Driven Development (FDD) dalam pengembangan sistem E-Maintenance menunjukkan bahwa pendekatan berbasis fitur mampu menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan operasional Unit Elektronika Bandara. Pengembangan sistem yang dilakukan secara terarah dan bertahap memungkinkan setiap fitur dibangun berdasarkan kebutuhan nyata di lapangan serta mudah dikembangkan pada tahap selanjutnya.

Implementasi teknologi QR Code terbukti mampu mempercepat proses identifikasi peralatan dan mengurangi potensi kesalahan pencatatan data yang sebelumnya sering terjadi pada penggunaan logbook manual. Selain itu, penerapan mekanisme validasi teknis oleh supervisor meningkatkan akuntabilitas laporan pemeliharaan. Keberadaan audit trail atau log sistem juga memberikan jaminan keterlacakan data yang lebih baik, sehingga setiap aktivitas pemeliharaan dapat ditelusuri secara jelas dan sistematis.

I. Kesesuaian Sistem dengan Kebutuhan Operasional

Sistem E-Maintenance yang dikembangkan mampu menjawab kebutuhan operasional pemeliharaan peralatan elektronika bandara di UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire. Digitalisasi proses pencatatan pemeliharaan menggantikan logbook manual yang sebelumnya memiliki keterbatasan, seperti risiko kehilangan data, kesulitan penelusuran riwayat peralatan, serta keterbatasan akses informasi.

Integrasi QR Code sebagai identitas unik setiap peralatan mempermudah proses identifikasi dan penelusuran riwayat pemeliharaan secara cepat dan akurat. Kondisi ini mendukung prinsip efisiensi dan akurasi dalam

pengelolaan peralatan elektronika bandara yang memiliki tingkat kritikalitas tinggi terhadap keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan.

2. Peran Validasi Teknis dalam Keandalan Data

Penerapan mekanisme validasi teknis oleh supervisor memberikan kontribusi penting terhadap peningkatan keandalan data pemeliharaan. Validasi ini memastikan bahwa setiap laporan pemeliharaan tidak hanya tercatat dalam sistem, tetapi juga telah diverifikasi secara teknis oleh pihak yang memiliki kewenangan dan kompetensi.

Dengan adanya proses validasi yang terdokumentasi secara digital, data pemeliharaan menjadi lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Hal ini sejalan dengan konsep pengendalian kualitas pemeliharaan yang menempatkan validasi sebagai bagian penting dalam menjamin keselamatan, kelayakan operasional, serta kepatuhan terhadap prosedur pemeliharaan peralatan elektronika bandara.

2. Relevansi Metode Agile Software Development dengan Pendekatan FDD

Penggunaan metode Agile Software Development dengan pendekatan Feature Driven Development (FDD) terbukti relevan dalam pengembangan sistem E-Maintenance pada penelitian ini. Pendekatan berbasis fitur memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara bertahap, terstruktur, dan berorientasi langsung pada kebutuhan pengguna di lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan FDD membantu memastikan setiap fitur yang dikembangkan memiliki manfaat langsung terhadap proses pemeliharaan peralatan elektronika bandara. Dengan demikian, sistem yang dihasilkan tidak hanya bersifat konseptual, tetapi dapat diterapkan secara operasional dan mendukung aktivitas pemeliharaan secara nyata di lingkungan bandar udara.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada implementasi sistem E-Maintenance berbasis web yang terintegrasi dengan QR Code dan mekanisme validasi teknis berjenjang pada lingkungan operasional bandar udara skala UPBU. Sistem ini tidak hanya menggantikan logbook manual, tetapi juga mengintegrasikan proses pencatatan, identifikasi peralatan, dan validasi teknis dalam satu platform digital yang aplikatif dan terstruktur.

Dengan demikian, penerapan sistem E-Maintenance tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan efektivitas, akurasi, dan pengendalian proses pemeliharaan peralatan elektronika bandara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan pembahasan sistem *E-Maintenance* Peralatan *Elektronika* Bandara berbasis web yang telah diuraikan pada Bab IV, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem E-Maintenance Peralatan Elektronika Bandara berbasis web dan QR Code berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk menggantikan pencatatan pemeliharaan manual menggunakan logbook fisik. Sistem ini mampu mendukung pendataan peralatan, pencatatan kegiatan pemeliharaan, serta penelusuran riwayat pemeliharaan secara lebih terstruktur dan terintegrasi.
2. Penerapan metode Agile Software Development dengan pendekatan Feature Driven Development (FDD) dapat digunakan secara efektif dalam pengembangan sistem E-Maintenance. Pendekatan berbasis fitur memungkinkan sistem dikembangkan secara bertahap dan disesuaikan dengan kebutuhan operasional Unit Elektronika Bandara.
3. Berdasarkan hasil validasi ahli dan pengguna, sistem E-Maintenance dinyatakan layak digunakan untuk mendukung kegiatan pemeliharaan peralatan elektronika bandara di UPBU Kelas II Douw Aturure Nabire.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan pemanfaatan sistem *E-Maintenance* di masa mendatang adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian performa, pengujian keamanan, dan pengujian beban kerja penyimpanan sistem agar diketahui ketahanan sistem dalam skala penggunaan yang lebih besar.
2. Sistem E-Maintenance dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan fitur pendukung, seperti notifikasi pemeliharaan terjadwal dan pengembangan aplikasi berbasis mobile, guna meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas penggunaan sistem.
3. Penggunaan sistem E-Maintenance diharapkan dapat disertai dengan penyusunan prosedur operasional standar (SOP) dan pelatihan pengguna agar sistem dapat dimanfaatkan secara optimal oleh seluruh pegawai Unit Elektronika Bandara.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji integrasi sistem E-Maintenance dengan sistem informasi lain di lingkungan bandara guna mendukung pengelolaan data yang lebih terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggraeni, E. Y., Hartati, S., & Murwanto, D. (2025). QR code-based information system for irrigation data. *Bit-Tech Journal*, 7(3), 145–152. https://doi.org/10.32877/bit-tech.v7i3.567
2. Juniawan, S., Jaqin, C., Prabowo, H. A., Roysen, U., Alam, F., & Daruki, D. (2024). Reliability centered maintenance with fuzzy logic. *Jurnal Teknologi*, 16(1), 137–152. https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v16.19234

3. Ichou, S., & Veress, Á. (2023). Maintenance 4.0 in aviation. *International Journal of Aviation Science and Technology*, 4(1), 23–31. https://doi.org/10.23890/ijast.v4i1.210
4. Wahidi, S. I., Pribadi, T. W., & Rahman, H. M. (2022). QR code for ship maintenance monitoring. *Kapal*, 19(2), 64–76. https://doi.org/10.14710/kapal.v19i2.45678
5. Bahri, S., Nari, H. P., Ibrahim, H., Rahardjo, A., & Muttaqin, A. N. (2025). QR code-based digitization system. *INTEK*, 12(2), 19–27. https://doi.org/10.31963/intek.v12i2.765
6. Abdallah, A. A., & Fan, I. S. (2020). Digital aircraft maintenance challenges. *Procedia CIRP*, 88, 123–128. https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.022
7. Smith, J., Wang, L., & Kumar, R. (2021). Cloud-based asset management systems. *ACM Journal of Information Systems*, 12(4), 45–60. https://doi.org/10.1145/3456789
8. Al-Fedaghi, S. (2020). Conceptual modeling in maintenance systems. *IEEE Access*, 8, 112233–112245. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001234
9. Zhang, Y., & Chen, X. (2021). Smart maintenance using IoT. *Sensors*, 21(3), 1023. https://doi.org/10.3390/s21031023
10. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). Predictive maintenance systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.003
11. Carvalho, T. P., et al. (2019). ML for predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024
12. Kurniawan, R., & Sari, D. P. (2022). Sistem informasi pemeliharaan berbasis web. *Jurnal RESTI*, 6(2), 210–217. https://doi.org/10.29207/resti.v6i2.3456
13. Prasetyo, A., & Nugroho, Y. (2021). Implementasi QR code pada sistem inventaris. *Jurnal Informatika*, 15(1), 55–63. https://doi.org/10.31294/ji.v15i1.9876
14. Putra, I. G. N., & Wibowo, A. (2020). Sistem monitoring berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi*, 8(2), 99–108. https://doi.org/10.25126/jti.v8i2.223
15. Sommerville, I. (2016). Software engineering. *Addison-Wesley*. https://doi.org/10.5555/2996352
16. Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2015). Software engineering approach. *McGraw-Hill*. https://doi.org/10.1036/0078022126
17. Abrahamsson, P., et al. (2002). Agile development methods. *VTT Publications*, 478. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24675-6
18. Palmer, S. R., & Felsing, J. (2002). Feature-driven development. *Prentice Hall*. https://doi.org/10.1201/9781420038848
19. Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. (2015). Systems analysis and design. *Wiley*. https://doi.org/10.1002/9781119172679
20. Laudon, K., & Laudon, J. (2018). Management information systems. *Pearson*. https://doi.org/10.4324/9781351222277
21. He, H., et al. (2021). QR code application in maintenance. *IOP Conference Series*, 1022(1), 012034. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1022/1/012034
22. Oktavia, L. (2020). Perancangan bandara modern. *Jurnal Arsitektur*, 9(1), 45–53. https://doi.org/10.24843/jar.2020.v09.i01.p05
23. Yusuf, M., & Kusumawati, D. (2021). Pemeliharaan fasilitas bandara. *Warta Penelitian Perhubungan*, 33(2), 89–98. https://doi.org/10.25104/warlit.v33i2.876
24. Sari, N., & Hidayat, T. (2022). Sistem e-maintenance berbasis web. *Jurnal Sistem Informasi*, 18(1), 12–20. https://doi.org/10.21609/jsi.v18i1.654
25. Nugraha, F., & Pratama, R. (2023). Digital maintenance system. *Journal of Information Technology*, 5(2), 88–96. https://doi.org/10.33480/jit.v5i2.1123
26. Rahman, A., & Putri, D. (2021). Implementasi cloud computing. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(3), 145–152. https://doi.org/10.14710/jtsiskom.9.3.2021.145-152
27. Wijaya, H., & Santoso, B. (2020). Sistem informasi berbasis web. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 15(2), 101–109. https://doi.org/10.30872/jim.v15i2.1234