

Perancangan Sistem Manajemen Aset Berbasis Web dengan Metode *Waterfall* pada PT IKE

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v15i3.3623>

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)

Malik Syafi'i^{1*}, Asti Yulichani²¹Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia²Akuntansi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Tangerang Selatan, Indonesia

*e-mail Corresponding Author: maliksyafii426@gmail.com

Abstract

This study aims to design a web-based asset management information system for an electrical components manufacturing company to address issues with manual record-keeping, which previously led to recording errors, duplicate data, slow reporting processes, difficulties in tracking assets, and a high risk of errors in calculating asset depreciation. The proposed solution integrates the management of physical asset movements with automatic depreciation calculations using the straight-line method. The system was developed using the Waterfall software engineering methodology. As an innovative feature, this system has successfully integrated comprehensive inventory classification based on type, function, and useful life systematically into a single ecosystem. Testing results using the functionality testing method prove that all system functions have operated as expected without operational constraints. In conclusion, the implementation of this information system has successfully improved work efficiency, data accuracy, and the regularity of the company's asset management.

Keywords: Asset Management System; Waterfall; Depreciation; Web-Based; Inventory Integration.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang sistem informasi manajemen aset berbasis web pada perusahaan Industri Komponen Elektrikal untuk mengatasi masalah pengelolaan pencatatan manual yang sebelumnya mengakibatkan kekeliruan dalam pencatatan, data ganda, lambannya proses pelaporan, kesulitan dalam melakukan pelacakan aset, dan rentan kesalahan perhitungan penyusutan nilai aset. Solusi yang diusulkan mengintegrasikan pengelolaan pergerakan aset fisik dengan perhitungan depresiasi otomatis melalui metode garis lurus. Pengembangan sistem telah menggunakan metode rekayasa perangkat lunak *Waterfall*. Sebagai unsur kebaruan, sistem ini telah berhasil mengintegrasikan klasifikasi inventaris secara menyeluruh berdasarkan jenis dan masa manfaat secara sistematis ke dalam satu ekosistem. Hasil pengujian menggunakan metode pengujian fungsionalitas membuktikan bahwa seluruh fungsi sistem telah beroperasi sesuai harapan tanpa kendala operasional. Kesimpulannya, penerapan sistem informasi ini telah berhasil meningkatkan efisiensi kerja, ketepatan data, dan keteraturan manajemen aset perusahaan.

Kata kunci: Sistem Manajemen Aset; Waterfall; Depresiasi; Berbasis Web; Integrasi Inventaris.

1. Pendahuluan

Dinamika perkembangan teknologi informasi yang kian intensif menuntut entitas organisasi dan perusahaan untuk mengoptimalkan tata kelola data secara efektif, efisien, dan terhubung secara menyeluruh [1]. Salah satu aspek krusial dalam operasional perusahaan adalah pengelolaan aset, karena aset merupakan sumber daya pendukung aktivitas yang memerlukan pencatatan, pengawasan, dan pelaporan yang akurat [2]. Pengelolaan aset yang baik bertujuan untuk memastikan seluruh aset dapat teridentifikasi, terkontrol, serta dimanfaatkan secara optimal [3]. Kehadiran sistem informasi manajemen aset menjadi solusi modern untuk menyediakan platform terintegrasi, yang memungkinkan tahapan pemantauan hingga pelaporan dilakukan secara terpusat dan sistematis.

Kebutuhan pengelolaan yang terstruktur tersebut secara nyata dirasakan oleh PT Industri Komponen Elektrikal (IKE), yang sehari-hari mengelola beragam aset fisik untuk mendukung kegiatan operasional kelistrikannya. Namun pada realitasnya, pengelolaan aset di berbagai instansi saat ini masih sering dijalankan secara manual atau semi-manual dengan memanfaatkan buku catatan atau program *Spreadsheet* [4]. Praktik konvensional ini mengakibatkan sejumlah isu turunan, seperti kekeliruan dalam pencatatan, timbulnya data ganda, lambannya proses pelaporan, kesulitan dalam melacak posisi aset fisik, dan rentannya kesalahan perhitungan penyusutan nilai [1], [5]. Kompleksitas perhitungan penyusutan (depresiasi) yang biasanya dikerjakan secara terpisah semakin memperburuk situasi karena memicu rawan terjadinya kesalahan, inkonsistensi data, dan keterlambatan pembaruan.

Berbagai studi terdahulu telah berupaya merancang sistem informasi manajemen aset berbasis web guna meninggalkan metode pencatatan manual. Penelitian oleh Sapardi et al. menerapkan metode *Waterfall* untuk mendigitalisasi pengelolaan aset sehingga mampu mempercepat dan meningkatkan ketepatan operasional [6]. Musoffa et al. menghasilkan sistem yang mempermudah proses pencatatan, pemeliharaan, serta penyusutan aset secara efisien [7]. Gunawan et al. mengembangkan sistem menggunakan metode *Design Science Research Methodology* (DSRM) untuk mengatasi kelambatan pencatatan informasi [3]. Selanjutnya, Eduardi et al. merancang sistem berpendekatan *Create, Read, Update, Delete* (CRUD) dengan dukungan *role-based access control* demi keamanan data [1], sementara Pujianto et al. membangun sistem dengan *Object Oriented Programming* (OOP) dan *framework Bootstrap* untuk menyederhanakan proses audit [2]. Meskipun berbagai penelitian tersebut telah memfasilitasi proses pencatatan hingga pelaporan secara umum, masih tersisa celah penelitian (*research gap*), yakni belum adanya penelitian yang memunculkan kebaruan dalam mengintegrasikan klasifikasi inventaris secara menyeluruh berdasarkan jenis dan masa manfaatnya secara sistematis ke dalam satu ekosistem sistem manajemen aset yang terpadu.

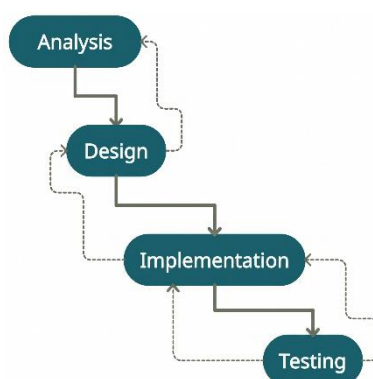
Untuk menyelesaikan kesenjangan tersebut, diusulkan konsep perancangan sistem informasi manajemen aset berbasis web yang mengotomatiskan perhitungan nilai ekonomis (depresiasi) menggunakan metode garis lurus (*straight-line*) dan metode pengembangan perangkat lunak *Waterfall*. Sistem berbasis web ini memberikan fleksibilitas akses dari berbagai perangkat, sementara implementasi teknologinya (PHP, *framework* Laravel, dan MySQL) terbukti mampu meningkatkan kinerja, keamanan, serta skalabilitas sistem informasi [8]. Penggunaan metode pengembangan *Waterfall* sangat cocok untuk proyek dengan kebutuhan yang terdefinisi jelas sejak awal, karena mampu menghasilkan sistem yang stabil, terorganisir, dan terdokumentasi dengan baik [9]. Di sisi lain, pengintegrasian metode depresiasi garis lurus dinilai rasional karena algoritmanya sederhana, aplikatif dalam sistem informasi, dan terbukti efektif untuk menekan tingkat kesalahan hitung dibandingkan metode manual [10]. Melalui integrasi klasifikasi inventaris dan otomatisasi finansial tersebut, solusi ini diyakini mampu menciptakan manajemen aset yang lebih terstruktur, efisien, dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

2. Metodologi

2.1 Tahapan Penelitian dengan Metode *Waterfall*

Penelitian ini mengadopsi metode rekayasa perangkat lunak untuk menciptakan produk berupa sistem manajemen aset yang berbasis web. Metode yang diterapkan adalah metode *Waterfall*. Metode ini dipilih karena mempunyai langkah-langkah yang teratur, tersusun, dan cocok untuk pengembangan sistem yang telah memiliki kebutuhan awal yang jelas. Model *Waterfall* merupakan bagian dari Siklus Hidup Pengembangan Perangkat Lunak (SDLC) yang mengikuti urutan kerja yang linier dan beruntun. Setiap tahapan harus dituntaskan terlebih dahulu sebelum masuk ke tahapan berikutnya [11].

Namun, penerapan model *Waterfall* pada penelitian ini secara sengaja dibatasi dengan tidak memasukkan tahapan pemeliharaan (*maintenance*) ke dalam siklus pengembangan aktif. Pembatasan ruang lingkup ini disesuaikan dengan batasan waktu pelaksanaan penelitian akademik serta model penyerahan aplikasi yang bersifat *hand-over* (serah-terima) langsung kepada pihak internal PT IKE. Oleh karena itu, siklus pengembangan linier dalam penelitian ini diselesaikan hingga tahap pengujian (*testing*) fungsional untuk mengonfirmasi keandalan sistem sebelum dioperasikan secara mandiri oleh perusahaan. Tahapan dalam metode *Waterfall* pada penelitian ini terdiri dari:



Gambar 1. Tahapan Metode *Waterfall* Modifikasi dari Saravanos et al [11].

2.2 Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil pengumpulan informasi, terungkap bahwa metode pencatatan aset barang yang ada saat ini masih bergantung pada program Spreadsheet yang tidak terpusat. Situasi ini berpotensi menyebabkan berbagai masalah operasional di masa mendatang, seperti kesalahan dalam data, lambatnya proses penelusuran, dan kemungkinan kehilangan data. Selain itu, sistem pencatatan yang belum terkoordinasi ini juga mengakibatkan proses pembuatan label barang menjadi kurang efektif. Langkah ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan sistem, piranti keras, dan piranti lunak yang akan menjadi acuan dalam pengembangan aplikasi. Analisis ini menggambarkan masalah dan kelemahan pada sistem yang sedang berjalan untuk menetapkan spesifikasi aplikasi, pengguna, dan lingkungan operasi yang sesuai. Adapun penjelasan mengenai analisis kebutuhan fungsional pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Kebutuhan otentikasi pengguna, untuk membatasi hak akses dan mengelola data secara aman.
- 2) Kebutuhan pengelompokan aset, untuk mengklasifikasikan aset secara dinamis (seperti persediaan, perlengkapan, dan peralatan).
- 3) Kebutuhan pendataan aset, untuk mengelola master data barang atau aset perusahaan secara terpusat.
- 4) Kebutuhan pendataan mutasi stok, meliputi pencatatan transaksi barang masuk (pengadaan) dan barang keluar.
- 5) Kebutuhan dashboard operasional, untuk menyajikan ringkasan informasi stok, nilai aset, dan aktivitas transaksi terbaru secara *real-time*.
- 6) Kebutuhan perhitungan depresiasi, untuk menghitung penyusutan nilai aset (khususnya peralatan) secara otomatis menggunakan metode garis lurus (*straight-line*). Metode ini menghitung depresiasi tahunan dengan rumus:

$$\text{Besar Penyusutan (tiap tahun)} = \frac{\text{Harga Perolehan (HP)} - \text{Nilai Sisa (NS)}}{\text{Umur Ekonomis (N)}} \quad (1)$$

Keterangan:

Harga Perolehan (HP) : total biaya barang beserta semua pengeluaran yang terkait.

Nilai Sisa atau Nilai Residu (NS) : estimasi nilai aset setelah masa pemakaian sesuai dengan umur ekonomisnya.

Umur Ekonomis (N) : periode maksimum untuk memanfaatkan barang atau perkiraan lama umur barang tersebut.

Pemrosesan kalkulasi ini dirancang melalui dua mekanisme terintegrasi di dalam sistem. Mekanisme pertama adalah tugas terjadwal di *backend* (*scheduled task*) yang berjalan secara otomatis setiap tanggal 1 pukul 00:05 tanpa membutuhkan intervensi pengguna. Mekanisme kedua adalah alur kalkulasi instan (*catch-up depreciation*) yang langsung dipicu di latar belakang ketika data aset baru dibuat atau diubah, sehingga nilai penyusutan selalu berada dalam kondisi mutakhir saat master data disimpan.

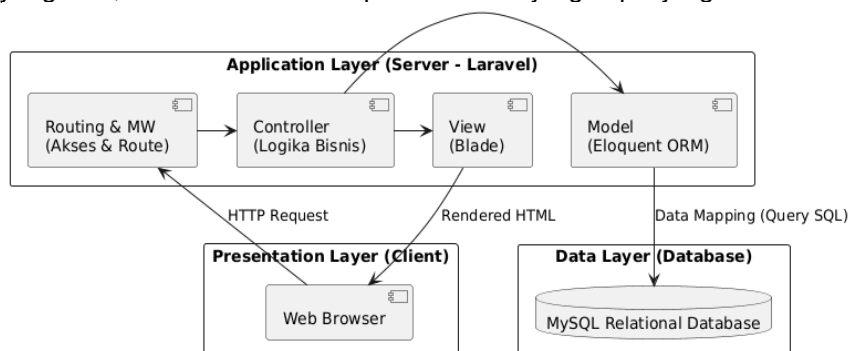
- 7) Kebutuhan pelaporan komprehensif, untuk menyajikan histori transaksi dan laporan nilai buku aset berdasarkan periode tertentu.
- 8) Kebutuhan ekspor data, untuk mendokumentasikan laporan sistem ke dalam format PDF maupun CSV.

2.3 Perancangan Sistem (Design)

Tahap berikutnya setelah pemahaman kebutuhan adalah desain sistem, yang bertujuan untuk merancang alur kerja, arsitektur, dan struktur data sistem berdasarkan spesifikasi yang telah dirumuskan sebelumnya. Desain sistem ini dilakukan dengan merujuk pada hasil analisis tentang kebutuhan fungsional seperti otentikasi, manajemen data, hingga pelaporan. Pada tahap ini, perancangan diawali dengan penyajian arsitektur sistem secara umum. Selanjutnya, pendekatan pemodelan *Unified Modeling Language* (UML) dan diagram struktural diterapkan untuk memvisualisasikan interaksi serta proses bisnis melalui *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) [11].

2.3.1 Arsitektur Sistem

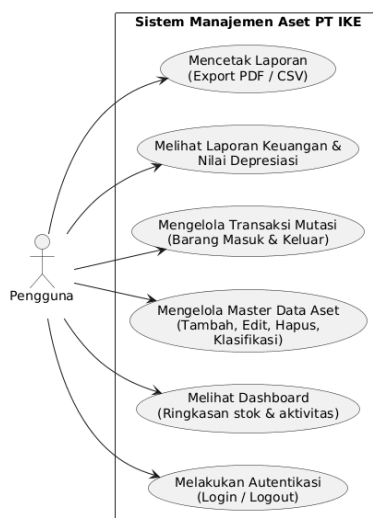
Sistem Manajemen Aset PT IKE dirancang dengan menggunakan arsitektur berbasis web. Sistem ini memanfaatkan bahasa pemrograman PHP dengan kerangka kerja (*framework*) Laravel yang menerapkan pola arsitektur MVC (*Model-View-Controller*). Untuk manajemen penyimpanan datanya, sistem ini terintegrasi dengan sistem manajemen basis data relasional MySQL. Arsitektur ini dipilih untuk menghasilkan aplikasi yang responsif, aman, memiliki skalabilitas yang baik, serta mudah dalam pemeliharaan jangka panjang.



Gambar 2. Arsitektur Sistem Manajemen Aset PT IKE

2.3.2 Use Case Diagram

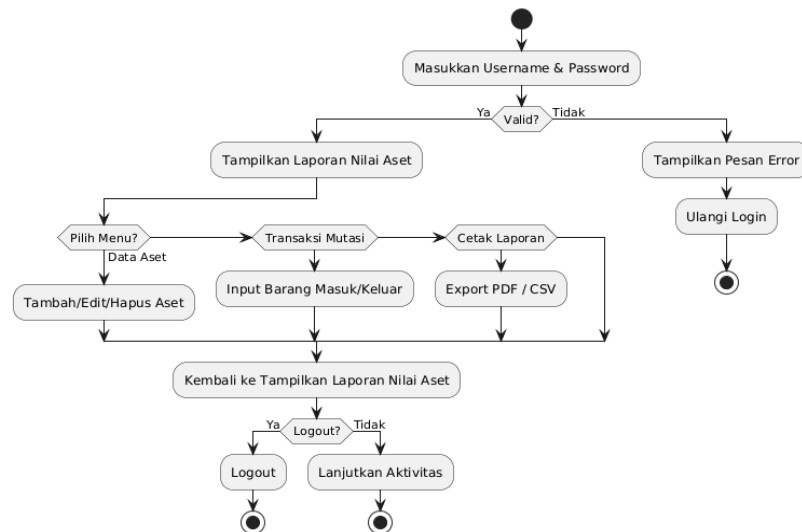
Use Case Diagram pada Sistem Manajemen Aset PT IKE digunakan untuk memetakan hubungan dan hak akses interaksi antara aktor pengguna dengan fungsionalitas utama yang disediakan oleh sistem.



Gambar 3. Use Case Diagram Sistem Manajemen Aset PT IKE

2.3.3 Activity Diagram

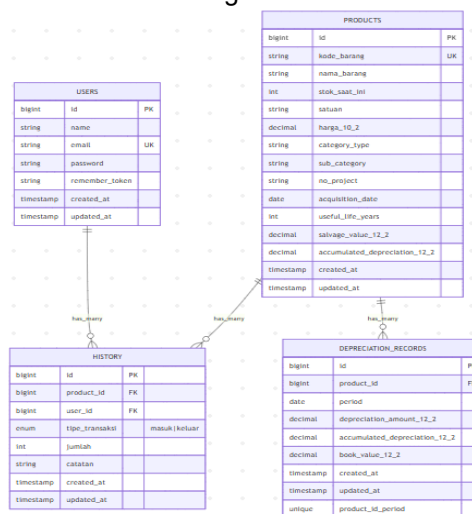
Activity Diagram menggambarkan alur aktivitas berjalan secara runut di dalam sistem, mulai dari proses pemeriksaan hak akses hingga pengerjaan manajemen data operasional aset.



Gambar 4. Activity Diagram Sistem Manajemen Aset PT IKE

2.3.4 Entity Relationship Diagram (ERD)

Perancangan basis data pada Sistem Manajemen Aset PT IKE dimodelkan menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD) untuk menggambarkan struktur tabel, komponen atribut, serta hubungan relasi antartabel data secara terintegrasi.



Gambar 5. Entity Relationship Diagram Basis Data Manajemen Aset

2.4 Implementasi (Coding)

Tahap implementasi adalah langkah mengubah hasil desain logis menjadi perangkat lunak yang berfungsi dan siap digunakan. Sistem informasi pengelolaan aset ini dibuat dengan platform web untuk memberikan akses yang sangat fleksibel, memungkinkan pengguna melakukan monitoring dan pengelolaan melalui berbagai alat operasional. Pengembangan sistem ini didukung oleh teknologi serta kerangka kerja terkini untuk memastikan keamanan, kemampuan untuk berkembang, dan kemudahan dalam merawat aplikasi. Adapun spesifikasi teknologi utama yang digunakan meliputi:

- 1) Bahasa Pemrograman & Framework: PHP dengan menggunakan framework Laravel. Penerapan framework ini memfasilitasi arsitektur MVC (Model-View-Controller), pengelolaan autentikasi pengguna secara aman.

- 2) Basis Data: MySQL digunakan sebagai sistem manajemen basis data relasional. Tabel-tabel dirancang untuk menyimpan entitas krusial secara terstruktur, termasuk master data aset, rekam mutasi barang, histori depresiasi, dan informasi pengguna.
- 3) Antarmuka Pengguna (User Interface): Antarmuka berbasis web dinamis yang dirancang secara responsif guna menyajikan dasbor operasional interaktif, form validasi input data, dan visualisasi pelaporan nilai aset.

Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa framework Laravel dengan basis data MySQL mampu meningkatkan efektivitas, keamanan, dan responsivitas sistem informasi berbasis web serta memfasilitasi antarmuka yang adaptif terhadap berbagai perangkat saat diterapkan pada berbagai aplikasi manajemen informasi web-based [11].

2.5 Pengujian Sistem (Testing)

Tahap pengujian dilaksanakan untuk memverifikasi bahwa sistem yang telah dibangun memenuhi spesifikasi yang diperlukan dan mampu berfungsi dengan baik di lingkungan operasional. Metode pengujian Black Box Testing diterapkan karena memusatkan perhatian pada penilaian operasional sistem tanpa perlu meneliti struktur internal kode, sehingga sesuai untuk mengonfirmasi bahwa sistem berfungsi sejalan dengan spesifikasi kebutuhan operasional yang telah dirumuskan [11].

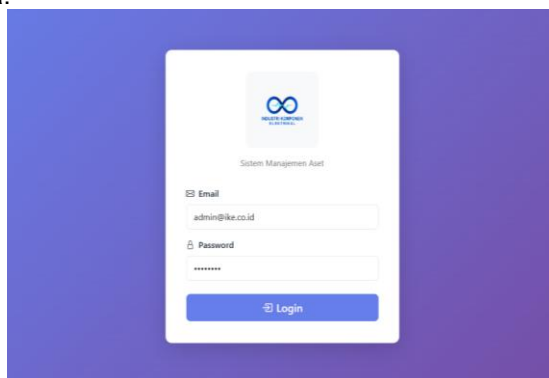
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Implementasi

Tahap implementasi adalah proses konkret dari desain logis dan pembuatan model sistem yang telah dirumuskan sebelumnya, yang diaktualisasikan dalam bentuk perangkat lunak yang siap digunakan. Pada fase ini, Sistem Manajemen Aset PT IKE telah berhasil dikembangkan secara menyeluruh dengan arsitektur yang berbasis web, menggunakan bahasa pemrograman PHP dan kerangka kerja Laravel, serta MySQL sebagai sistem pengelola basis datanya. Implementasi ini bertujuan untuk menyediakan antarmuka pengguna yang dinamis dan responsif untuk mendukung berbagai proses kerja perusahaan.

3.1.1 Halaman Login

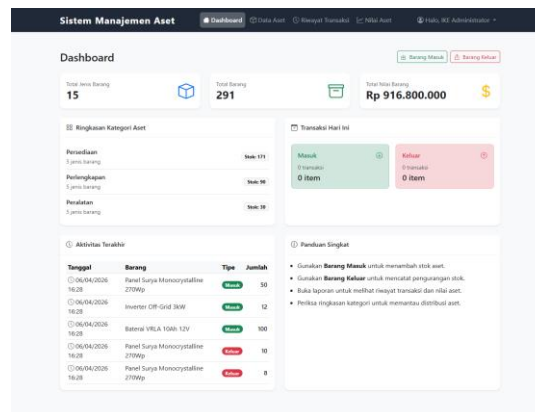
Halaman Login adalah tampilan pertama yang dipakai oleh pengguna untuk menjalankan sistem. Pengguna harus memasukkan informasi login berupa email dan kata sandi yang sah agar bisa buka halaman utama. Keberhasilan proses autentikasi akan membawa pengguna ke halaman beranda utama.



Gambar 6. Halaman Login

3.1.2 Halaman Utama (Dashboard)

Halaman Utama ini menyajikan ringkasan informasi operasional dan manajerial secara komprehensif. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat metrik utama seperti total jenis aset, akumulasi stok fisik, dan total nilai aset saat ini. Halaman ini juga menyediakan tombol akses cepat menuju formulir pencatatan barang masuk dan keluar, serta menampilkan riwayat lima aktivitas transaksi terakhir.



Gambar 7. Halaman Utama (Dashboard)

3.1.3 Halaman informasi Data Aset

Halaman informasi data aset berfungsi untuk mengatur daftar katalog item atau aset yang dimiliki oleh perusahaan. Pengguna dapat mencari informasi berdasarkan nama atau kode item, serta menggunakan fitur tab untuk memfilter tampilan aset berdasarkan kategori persediaan, perlengkapan, atau peralatan.

Kode Barang	Nama Barang	Stock Awal	Aksi
IKS-BAT-VRLA-10AH	Baterai VRLA 10Ah 12V	10	[Edit] [Hapus]
IKS-EQP-AC	AC Split 1 PK Standar	1	[Edit] [Hapus]
IKS-EQP-DRILL	Mesin Bor Impact Listrik 10mm	1	[Edit] [Hapus]
IKS-EQP-GENSET	Generasi Portabel Benzin 3000 Watt	1	[Edit] [Hapus]
IKS-EQP-LADDER	Tangga Teleskopik Aluminium 3.2 Meter	1	[Edit] [Hapus]
IKS-EQP-WELD	Mesin Las Inverter 300W	1	[Edit] [Hapus]
IKS-FIT-GAS-DET	Portable Gas Detector 4-in-1	1	[Edit] [Hapus]
IKS-FIT-INS-500V	Insulation Resistance Tester 500V	1	[Edit] [Hapus]
IKS-FIT-THERMAL	Thermal Imaging Camera	1	[Edit] [Hapus]
IKS-IRMA-HEATER-240W	Immersion Electrical Heater 240W	1	[Edit] [Hapus]

Gambar 8. Halaman informasi Data Aset

3.1.4 Halaman Riwayat Transaksi

Halaman riwayat transaksi menampilkan tabel histori seluruh aktivitas pergerakan logistik, baik transaksi masuk maupun keluar. Antarmuka ini dilengkapi dengan fitur penyaringan berdasarkan rentang tanggal transaksi, tipe mutasi, dan nama produk. Pengguna juga disediakan opsi ekspor untuk mengunduh data laporan ke dalam format dokumen PDF maupun CSV.

Tipe	Tanggal	Kode Barang	Nama Barang	Kategori	Sub Kategori	Referensi	Jumlah	Harga Satuan	Total
IKM-SLA-270WAP	06/04/2026	IKM-SLA-270WAP	Panel Surya Monocrystalline 270Wp	persediaan	project	CP-2025-001	10	Rp 2.850.000	Rp 28.500.000
IKM-INV-300W	06/04/2026	IKM-INV-300W	Inverter OR-GND 300W	persediaan	project	IKSINV-2025-004	12	Rp 9.750.000	Rp 117.000.000
IKM-BAT-VRLA-10AH	06/04/2026	IKM-BAT-VRLA-10AH	Baterai VRLA 10Ah 12V	persediaan	project	CP-04/2025-2025	100	Rp 850.000	Rp 85.000.000
IKM-SLA-270WAP	06/04/2026	IKM-SLA-270WAP	Panel Surya Monocrystalline 270Wp	persediaan	project	CP-2025-001	10	Rp 2.850.000	Rp 28.500.000
IKM-SLA-270WAP	06/04/2026	IKM-SLA-270WAP	Panel Surya Monocrystalline 270Wp	persediaan	project	CP-2025-001	10	Rp 2.850.000	Rp 28.500.000
IKM-INV-300W	06/04/2026	IKM-INV-300W	Inverter OR-GND 300W	persediaan	project	IKSINV-2025-004	12	Rp 9.750.000	Rp 117.000.000
IKM-BAT-VRLA-10AH	06/04/2026	IKM-BAT-VRLA-10AH	Baterai VRLA 10Ah 12V	persediaan	project	CP-04/2025-2025	20	Rp 850.000	Rp 17.000.000

Gambar 9. Halaman Riwayat Transaksi

3.1.5 Halaman Laporan Nilai Aset

Halaman nilai aset difungsikan untuk memantau status finansial dari aset yang dikelola. Halaman ini menyajikan informasi ringkasan agregat mengenai total harga perolehan aset dan total nilai buku. Khusus untuk inventaris dalam kategori peralatan, sistem akan menampilkan rincian persentase penyusutan (depresiasi) secara terperinci.

Kode Barang	Nama Barang	Kategori	Harga Perolehan	Tahun Perolehan	Umur Manfaat (Tahun)	Penyusutan Akumulatif	Nilai Buku	Persentase Penyusutan
IRE-BAT-VILA-15AH	Baterai VILA 15AH 12V	peralatan	Rp 650.000	-	-	Rp 0	Rp 650.000	0%
IRE-EQP-AC	AC Split 1 PK Standar	peralatan	Rp 3.500.000	12/08/2024	4 tahun	Rp 0	Rp 3.500.000	0%
IRE-EQP-DRILL	Mesin Bor Impact Listrik 13mm	peralatan	Rp 1.850.000	15/05/2024	3 tahun	Rp 0	Rp 1.850.000	0%
IRE-EQP-GENERSET	Generet Portabel Bensin 3000 Watt	peralatan	Rp 5.500.000	10/01/2024	5 tahun	Rp 0	Rp 5.500.000	0%
IRE-EQP-LADDER	Tangga Teleskopik Aluminium 5,2 Meter	peralatan	Rp 1.200.000	05/11/2023	5 tahun	Rp 0	Rp 1.200.000	0%
IRE-EQP-WELD	Mesin Las Inverter	peralatan	Rp 2.100.000	20/06/2024	4 tahun	Rp 0	Rp 2.100.000	0%
IRE-FLT-GAS-DET	Portable Gas Detector 4-in-1	peralatan	Rp 6.800.000	20/03/2025	4 tahun	Rp 775.000	Rp 6.025.000	10%
IRE-FLT-INS-500V	Insulation Resistance Tester 500V	peralatan	Rp 12.500.000	10/01/2025	5 tahun	Rp 1.125.000	Rp 11.375.000	9%
IRE-FLT-THERMAL	Thermal Imaging Camera	peralatan	Rp 31.500.000	01/02/2025	6 tahun	Rp 2.415.000	Rp 29.085.000	8%
IRE-HMM-HEATER-240W	Immersion Electrical Heater 240W	peralatan	Rp 28.500.000	-	-	Rp 0	Rp 28.500.000	0%
IRE-INV-3KW	Inverter Off-grid 3KW	peralatan	Rp 9.750.000	-	-	Rp 0	Rp 9.750.000	0%
IRE-JB-EK-DI-T4	Junction Box EK d IB T4	peralatan	Rp 7.200.000	-	-	Rp 0	Rp 7.200.000	0%
IRE-PPE-GLV-1KV	Electrical Insulating Gloves 1000V	peralatan	Rp 450.000	-	-	Rp 0	Rp 450.000	0%
IRE-PPE-HLM-01	Helmet Safety Proyek Class E	peralatan	Rp 150.000	-	-	Rp 0	Rp 150.000	0%
IRE-SLR-270WP	Panel Surya Monocrystalline 270Wp	peralatan	Rp 2.850.000	-	-	Rp 0	Rp 2.850.000	0%

Total Harga Perolehan: Rp 114.600.000
 Total Penyusutan: Rp 4.316.667
 Total Nilai Buku: Rp 110.283.333
 Jumlah Aset: 15 Item

Gambar 10. Halaman Laporan Nilai Aset

3.1.6 Halaman Mutasi dan Modifikasi Data Aset

Sistem ini menawarkan antarmuka yang dirancang untuk mengatur pergerakan stok logistik dan pembaruan data aset yang saling terhubung. Fasilitas tersebut mencakup halaman untuk barang masuk, barang keluar, dan formulir pengeditan barang. Halaman barang masuk adalah formulir yang digunakan untuk mencatat pengadaan atau penambahan stok logistik, dimana pengguna dapat memilih spesifikasi produk dari database dan memasukkan jumlah kuantitas yang diterima (Gambar a). Sebaliknya, halaman barang keluar memfasilitasi pencatatan pemakaian atau distribusi aset ke lapangan. Fitur pengeluaran barang ini secara khusus dibatasi hanya untuk produk dengan kategori persediaan dan perlengkapan (Gambar b).

(a) (b)
Gambar 11. (a) Halaman Barang Masuk, (b) Halaman Barang Keluar

Selain aktivitas transaksi mutasi (keluar-masuk), sistem juga menyediakan halaman edit barang (Gambar 10) bagi pengguna untuk memodifikasi informasi spesifik dari master data aset yang telah tersimpan. Melalui formulir pembaruan ini, pengguna tidak hanya dapat memperbarui data dasar produk, tetapi juga dapat menentukan sub-kategori alokasi proyek, serta menyesuaikan parameter khusus perhitungan depresiasi seperti penentuan umur manfaat dan nilai sisa pada inventaris berjenis peralatan.

Gambar 12. Halaman Edit Barang

3.2 Pengujian Black Box

Pengujian sistem dalam studi ini memanfaatkan pendekatan kotak hitam. Pada tahap pengujian ini, fungsi-fungsi inti dari sistem ditelaah dan dievaluasi dengan cara mengentri data masukan yang telah disusun, lalu membandingkan hasil keluaran dengan hasil yang diharapkan. Selain untuk memverifikasi dan memvalidasi bahwa sistem berfungsi sejalan dengan spesifikasi kebutuhan operasional yang telah dirumuskan, metode Black Box ini juga ampuh dalam mendeteksi cacat pada perangkat lunak sebelum dimanfaatkan oleh pengguna. Di samping itu, pengujian black box mampu mengidentifikasi kesalahan fungsional, kesalahan antarmuka pengguna, serta ketidaksesuaian terhadap kebutuhan pengguna, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan keandalan sistem [12].

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Metode Black Box

No	Halaman	Hasil Diharapkan	Pengujian	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Login	Masuk ke dashboard sebagai admin	Input email dan password yang sesuai pada basis data	Masuk ke dashboard	Sukses
2	Login	Menampilkan pesan error	Input email atau password salah	Pesan error tampil	Sukses
3	Dashboard	Halaman dashboard tampil normal	Akses setelah login	Dashboard tampil	Sukses
4	Data Barang	Menampilkan daftar barang	Akses halaman index barang	Data tampil	Sukses
5	Edit Barang	Data berhasil diperbarui dan nilai penyusutan finansial langsung dihitung ulang secara instan (<i>catch-up</i>).	Ubah data dengan benar	Data ter-update dan akumulasi depresiasi terhitung otomatis pada database.	Sukses
6	Edit Barang	Menampilkan validasi error	Input data tidak valid	Validasi muncul	Sukses
7	Hapus Barang	Data barang terhapus	Hapus salah satu data	Data hilang	Sukses

No	Halaman	Hasil Diharapkan	Pengujian	Hasil Pengujian	Kesimpulan
8	Barang Masuk	Data barang berhasil disimpan	Input data lengkap	Data tersimpan	Sukses
9	Barang Masuk	Menampilkan validasi error	Input data tidak lengkap	Validasi muncul	Sukses
10	Barang Masuk	Data transaksi berhasil disimpan	Input data lengkap	Data tersimpan	Sukses
11	Barang Masuk	Menampilkan validasi error	Input data tidak valid	Validasi muncul	Sukses
12	Barang Keluar	Data transaksi berhasil disimpan	Input data lengkap	Data tersimpan	Sukses
13	Barang Keluar	Menampilkan validasi error	Input data tidak valid	Validasi muncul	Sukses
14	Histori Transaksi	Menampilkan data histori	Akses halaman histori	Data tampil	Sukses
15	Histori Transaksi	Menampilkan data sesuai filter	Input filter	Data sesuai filter	Sukses
16	Nilai Aset	Menampilkan parameter finansial terkini hasil kalkulasi <i>scheduler</i> dan <i>catch-up</i> .	Akses halaman nilai aset	Nilai buku dan persentase penyusutan tampil secara akurat.	Sukses
17	Export CSV	File CSV berhasil diunduh	Klik tombol export CSV	File terdownload	Sukses
18	Export PDF	File PDF berhasil diunduh	Klik tombol export PDF	File terdownload	Sukses
19	Logout	Kembali ke halaman login	Klik logout	Logout berhasil	Sukses
20	Logout	Tidak bisa akses halaman protected	Akses ulang setelah logout	Ditolak / redirect	Sukses
21	Semua Form	Menampilkan validasi error	Input data tidak valid	Validasi muncul	Sukses
22	Semua Form	Proses berhasil	Input data valid	Data tersimpan	Sukses

3.3 Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil implementasi antarmuka dan data pengujian fungsionalitas melalui metode Black Box Testing yang dirangkum pada Tabel 1, sistem yang dibangun terbukti mampu mengatasi berbagai kendala operasional yang dihadapi oleh PT Industri Komponen Elektrikal (IKE). Keberhasilan interaksi sistem dinilai tidak hanya dari aspek teknis eksekusi program, melainkan dari sejauh mana kontribusi fitur spesifik tersebut dalam mengeliminasi kelemahan tata kelola aset konvensional yang telah diidentifikasi pada bab pendahuluan.

Terkait dengan penyelesaian kekeliruan pencatatan manual dan duplikasi data, praktik konvensional PT IKE yang mengandalkan lembar kerja spreadsheet tidak terpusat memicu tingginya risiko kekeliruan entri data dan munculnya data ganda (redundansi). Masalah ini diselesaikan secara integratif oleh fungsionalitas Halaman Login (Skenario 1–2), Master Data Aset (Skenario 4), dan sistem Form Validasi Terpadu (Skenario 6, 9, 11, 13, 21), di mana batasan hak akses memastikan bahwa aktivitas manipulasi data hanya dapat dilakukan oleh personel terotorisasi.

Seluruh entri master data dikonsolidasikan ke dalam basis data relasional MySQL menggunakan framework Laravel yang menerapkan Unique Constraint pada atribut kode barang. Mekanisme validasi otomatis pada setiap form entri akan menolak penyimpanan apabila mendeteksi format data yang tidak valid atau kolom yang kosong. Dua lapisan perlindungan ini, validasi framework di level aplikasi dan constraint unik di level basis data bekerja secara komplementer sehingga data ganda tidak dapat menembus sistem.

Keandalan mekanisme ini dikonfirmasi oleh pengujian Black Box pada seluruh skenario validasi form (Skenario 6, 9, 11, 13, 21), di mana sistem secara konsisten menampilkan pesan kesalahan dan menolak pemrosesan data tidak valid. Pendekatan proteksi data berlapis ini sejalan dengan kajian integritas data dalam rekayasa perangkat lunak, yang menyatakan bahwa validasi input berbasis framework pada arsitektur MVC efektif mengisolasi anomali data sebelum disimpan ke penyimpanan persisten [8]. Hal ini membedakan sistem yang dibangun secara kontras dari spreadsheet konvensional yang tidak memiliki skema pengaman relasional di tingkat basis data.

Sementara itu, untuk mengatasi hambatan pelacakan aset dan ketidakefektifan pelabelan, kendala operasional berupa sulitnya melacak keberadaan serta mutasi fisik barang secara cepat ditangani secara responsif melalui keberfungsian Dashboard Operasional (Skenario 3), Tab Kategori Data Aset (Skenario 4), dan Filter Histori Transaksi (Skenario 14–15). Fitur dashboard menyajikan visualisasi ringkasan stok dan total nilai barang secara real-time, sementara halaman informasi data aset memungkinkan administrator memfilter katalog secara instan berdasarkan kelompok persediaan, perlengkapan, atau peralatan tanpa perlu memeriksa tumpukan berkas manual.

Pelacakan mutasi logistik diperkuat lebih lanjut oleh halaman histori yang mampu menyaring pergerakan barang masuk dan keluar berdasarkan rentang tanggal, tipe transaksi, maupun referensi nomor proyek terkait. Struktur ini memotong birokrasi pelacakan manual secara signifikan; jika sebelumnya staf harus menelusuri baris data di berbagai file spreadsheet terpisah, kini status aset terkini dapat dipanggil ke layar pengguna dalam hitungan detik melalui pencarian terpusat.

Pengujian fungsionalitas membuktikan efisiensi ini melalui keberhasilan Skenario 3 (Akses Dashboard) dan Skenario 15 (Filter Histori), di mana sistem menampilkan data yang sesuai dengan parameter pencarian pengguna secara tepat waktu. Sentralisasi informasi ini mengonfirmasi prinsip keterbukaan informasi operasional dalam manajemen aset. Penyatuan data logistik ke dalam satu antarmuka terpusat terbukti mampu menghilangkan asimetri informasi dan meningkatkan transparansi inventaris secara signifikan, sebagaimana dikaji dalam studi sistem informasi manajemen oleh [4] serta [13].

Di sisi lain, kelambatan penyusunan laporan periodik akibat data aset yang tersebar dan harus direkapitulasi secara manual dieliminasi secara struktural oleh fungsionalitas Export CSV dan Export PDF (Skenario 17–18). Pada sistem manual, kelambatan terjadi karena adanya dua tahapan kerja yang berurutan: pengumpulan berkas dari berbagai unit, kemudian kalkulasi ulang untuk penyusunan dokumen laporan. Sistem informasi ini memangkas tahapan pertama secara total. Karena setiap transaksi barang masuk dan keluar langsung terekam ke dalam tabel basis data yang saling berelasi saat transaksi terjadi, laporan keuangan dan logistik selalu berada dalam status siap saji.

Fitur ekspor data dengan demikian bukan lagi proses pembuatan laporan dari awal, melainkan hanya fungsi rendering dari data teragregasi yang sudah tersedia, sehingga dokumen pelaporan komprehensif dapat digenerasikan secara instan untuk keperluan manajerial. Skenario pengujian nomor 17 dan 18 mengonfirmasi hal ini dengan tingkat keberhasilan 100%, di mana file CSV dan PDF berhasil diunduh secara utuh tanpa kerusakan struktur data.

Selanjutnya, risiko inkonsistensi data finansial akibat perhitungan nilai penyusutan yang dilakukan secara terpisah dan manual diselesaikan secara otomatis melalui implementasi rumus

metode garis lurus (straight-line) pada Modul Nilai Aset (Skenario 16) dan Form Parameter Edit Barang (Skenario 5–6). Sistem mengadopsi formulasi matematika baku sebagaimana tercantum pada Seksi 2.2, di mana pengguna cukup menentukan parameter umur manfaat dan nilai sisa pada menu edit barang berjenis peralatan.

Sistem kemudian secara otomatis mengakumulasi akumulasi penyusutan serta nilai buku terkini yang ditampilkan secara terintegrasi pada Halaman Laporan Nilai Aset. Langkah ini mengeliminasi kesalahan hitung akibat human error yang lazim terjadi pada kalkulasi berbasis spreadsheet terpisah. Dampak finansial dari otomatisasi ini bersifat strategis; kekeliruan perhitungan depresiasi manual berpotensi mendistorsi nilai aset riil perusahaan pada laporan neraca keuangan, yang pada gilirannya dapat menyesatkan manajemen dalam keputusan penghapusan aset (asset disposal) maupun penyusunan anggaran pengadaan peralatan baru.

Hasil pengujian pada Skenario 16 membuktikan bahwa halaman nilai aset mampu memproses kalkulasi nilai buku secara akurat dan menampilkannya pada antarmuka pengguna tanpa kendala operasional. Pemilihan metode garis lurus ini didukung kuat oleh literatur [10] menegaskan bahwa metode straight-line merupakan opsi yang paling efektif untuk diotomatisasikan dalam perangkat lunak karena kesederhanaan logika algoritmanya dan stabilitas alokasi bebannya. Secara teoretis, pilihan ini sangat relevan dengan karakteristik operasional PT IKE, di mana komponen dan peralatan elektrikal industri umumnya mengalami penurunan nilai ekonomis yang stabil dan merata sepanjang masa manfaatnya, sehingga penggunaan metode depresiasi non-linier yang lebih kompleks tidak diperlukan.

Temuan dalam penelitian pada PT IKE ini memberikan kontribusi signifikan, baik dalam bentuk penguatan empiris terhadap teori yang sudah ada maupun penyediaan elemen kebaruan (novelty) yang melengkapi keterbatasan studi-studi manajemen informasi aset sebelumnya. Hasil pengujian fungsional yang mencapai tingkat keberhasilan 100% pada sistem ini memperkuat kesimpulan dari studi [6] dan [7], yang menyatakan bahwa transisi ke digitalisasi berbasis web mampu meningkatkan efisiensi kerja dan keteraturan manajemen aset organisasi secara signifikan. Selain itu, efektivitas penggunaan kombinasi bahasa pemrograman PHP dengan framework Laravel dan basis data MySQL dalam menjamin responsivitas antarmuka serta keamanan hak akses terbukti sejalan dengan kajian teoretis dari [8]. Penggunaan metode evaluasi Black Box Testing dalam mendeteksi cacat fungsionalitas tanpa mengintervensi logika internal program juga terbukti sangat relevan dan memperkuat metodologi pengujian yang diterapkan [14] serta [12].

Celah riset yang berhasil ditutup oleh penelitian ini terletak pada aspek kedalaman klasifikasi inventaris. Mayoritas penelitian terdahulu, seperti yang dirancang oleh Eduardi et al. dan Pujiyanto et al., hanya berfokus pada siklus pencatatan, pemantauan, dan pelaporan aset secara general tanpa melakukan penataan kategorisasi yang rigid. Sistem manajemen aset PT IKE ini menghadirkan kebaruan dengan mengintegrasikan klasifikasi inventaris secara menyeluruh berdasarkan jenis dan masa manfaat secara sistematis ke dalam satu ekosistem yang terhubung langsung dengan modul mutasi stok logistik serta depresiasi finansial. Implikasi praktis dari kebaruan ini adalah terciptanya tata kelola aset yang kohesif, di mana perubahan fisik barang di gudang secara otomatis memperbarui nilai buku keuangan perusahaan secara real-time.

Untuk mengintegrasikan temuan penelitian ini ke dalam khazanah keilmuan yang lebih luas, hasil studi dapat dianalisis berdasarkan berbagai literatur terkini dalam bidang rekayasa perangkat lunak, manajemen aset, dan sistem informasi. Pertama, penelitian mengenai implementasi metode Waterfall menunjukkan bahwa model pengembangan perangkat lunak yang terstruktur dan berurutan masih relevan digunakan pada proyek dengan kebutuhan sistem yang telah didefinisikan secara jelas sejak tahap awal. Kejelasan spesifikasi kebutuhan memungkinkan setiap tahapan pengembangan berjalan secara sistematis sehingga mampu menghasilkan sistem yang stabil, terdokumentasi dengan baik, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna [15]. Kondisi tersebut sejalan dengan keberhasilan pengembangan sistem manajemen aset pada PT IKE yang mampu memenuhi seluruh kebutuhan fungsional karena proses analisis kebutuhan dilakukan secara mendalam sebelum tahap implementasi dilaksanakan.

Kedua, Dari perspektif manajemen aset modern, pengelolaan aset yang efektif memerlukan dukungan sistem informasi yang mampu melakukan inventarisasi, klasifikasi, pemantauan, dan penyediaan informasi aset secara berkelanjutan guna mendukung optimalisasi pemanfaatan sumber daya organisasi. Hal ini dapat dicapai apabila sistem dikembangkan melalui

proses yang terstruktur; studi Rahmawati et al. menunjukkan bahwa penerapan metode Waterfall pada pengembangan sistem informasi menghasilkan sistem yang mampu memenuhi kebutuhan pemantauan secara konsisten dan berkelanjutan sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan [16].

Ketiga, dalam perspektif sistem informasi manajemen, suatu sistem informasi dikatakan memberikan nilai tambah apabila mampu mengubah data operasional menjadi informasi yang relevan, akurat, dan mudah digunakan dalam proses pengambilan keputusan organisasi [17]. Implementasi fitur pelaporan, ekspor data dalam format PDF dan CSV, serta visualisasi informasi penyusutan peralatan pada sistem yang dibangun telah mendukung fungsi tersebut dengan menyediakan informasi yang lebih mudah dianalisis oleh pihak manajemen. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan data aset, tetapi juga sebagai sarana pendukung pengambilan keputusan terkait pengadaan, pemeliharaan, maupun penghapusan aset perusahaan pada masa mendatang.

5. Simpulan

Berdasar pada temuan analisis yang telah dirumuskan mengenai desain, pelaksanaan, dan pengujian sistem, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem informasi manajemen aset berbasis web yang dikreasikan berhasil menghubungkan perubahan fisik barang dengan estimasi nilai depresiasi keuangan. Ini memungkinkan pengawasan aset secara komprehensif, baik dari aspek pergerakan maupun nilai ekonomi. Sistem ini dirancang untuk mengelola informasi aset secara terorganisir dan terintegrasi, dimulai dari pencatatan, pengelompokan, sampai pelaporan, dilengkapi dengan fitur klasifikasi inventaris terintegrasi yang mencakup dimensi jenis dan masa manfaat secara sistematis. Hal ini terbukti meningkatkan kerapian data, memudahkan pencarian, dan mendukung keputusan yang lebih tepat. Berdasarkan hasil pengujian dengan metode Black Box Testing, seluruh fitur utama dalam sistem, seperti autentikasi, pengelolaan data barang (CRUD), transaksi barang masuk dan keluar, penyusunan laporan, serta fitur ekspor ke format CSV dan PDF, berfungsi sesuai harapan, termasuk validasi input, keamanan akses, dan proses logout, yang menunjukkan keandalan sistem. Selain itu, penerapan metode Waterfall menghasilkan proses pengembangan yang terencana dan sistematis, sehingga menciptakan sistem berkualitas tinggi. Dengan demikian, sistem ini berhasil mengatasi masalah yang ada dalam sistem manual, seperti kesalahan pencatatan, penggandaan data, dan keterlambatan dalam pelaporan, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan aset.

Daftar Referensi

- [1] M. Y. E. Y, N. Pangestu, L. Simanullang, and W. Haryono, "Sistem Manajemen Aset Perusahaan Berbasis Web," *Informatika Sains Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, Aug. 2025, doi: 10.34005/insit.v3i2.4858.
- [2] Pujiyanto, Mujito, And D. Irawan, "Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web," *JMSI*, vol. 6, Jun. 2025. doi: 10.24127/jmsi.v6i2.8979
- [3] R. Gunawan, N. Jumadhi, and A. S. Bakhri, "Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web (Studi Kasus : SDN Ciwaringin 3)," *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 19, no. 1, pp. 34–40, Apr. 2024, doi: 10.35969/interkom.v19i1.345.
- [4] L. Suryani and J. Devitra, "Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web Pada PT Terentang Maju Jaya," *Manajemen Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, Feb. 2022. doi: 10.33998/jurnalmanajemensisteminformasi.2022.7.1.1205
- [5] Oktaviana Ina Palang, Ferdinandus Lidang Witi, and Benediktus Yoseph Bhae, "Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web Di Badan Kesbangpol Ende Kabupaten Ende," *SATESI: Jurnal Sains Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 206–211, Oct. 2025, doi: 10.54259/satesi.v5i2.5948.
- [6] Sapardi, W. Hadikristanto, and N. T. Kurniadi, "Implementasi Pengembangan Aplikasi Sistem Manajemen Aset Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Aset Pada PT. Utama Karya (Persero)," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 4, pp. 401–408, Oct. 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i4.948.
- [7] Musoffa M. Zayyan, E. S. Susanto, and Y. Mulyanto, "Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web Di Universitas Teknologi Sumbawa," *JINTEKS (Jurnal Informatika Teknologi dan Sains)*, Feb. 2022. doi: 10.51401/jinteks.v4i1.1530

-
- [8] E. Sabilla, N. Fitriyah, dan N. N. Aulia, "Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel dan Database MySQL untuk Meningkatkan Efektivitas Pengelolaan Informasi," *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 10, no. 7, pp. 1731–1740, Dec. 2025.
- [9] S. Pargaonkar, "A Comprehensive Research Analysis of Software Development Life Cycle (SDLC) Agile & Waterfall Model Advantages, Disadvantages, and Application Suitability in Software Quality Engineering," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 13, no. 8, 2023, doi: 10.29322/IJSRP.13.08.2023.P14015.
- [10] Luvianti Anggreini and Dendy Kurniawan, Trans., "Sistem Informasi Penyusutan Aktiva Tetap Sebagai Pengelolaan Aset Tetap Dengan Metode Garis Lurus Berbasis Multiuser", *JISSI*, vol. 1, no. 1, pp. 10–23, Jan. 2024, doi: 10.69714/0060xs85.
- [11] A. Saravanos and M. X. Curinga, "Simulating the Software Development Lifecycle: The Waterfall Model," *Appl. Syst. Innov.*, vol. 6, no. 6, Art. no. 108, 2023, doi: 10.3390/asi6060108.
- [12] F. C. Hudi and C. M. Karyanti, "The Pengujian Black Box Testing pada Sistem Informasi Assesment Berbasis WEB di Bidang Pariwisata", *jikstik*, vol. 22, no. 4, pp. 553–560, Jan. 2024.
- [13] R. Syafril and Wahyudin, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web pada Divisi Teknologi Informasi PAM JAYA," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 7, no. 4, pp. 527–533, Oct. 2025, doi: 10.47233/jteksis.v7i4.2261.
- [14] P. K. Ayuningtyas, D. A. Wp, dan P. Rachmadi, "Performance and Functional Testing With The Black Box Testing Method," *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, vol. 39, no. 2, hlm. 212, Jul. 2023, doi: 10.52155/ijpsat.v39.2.5471.
- [15] B. E. Yudhistira, and S. Saptadi, "Analisis Perancangan Sistem Informasi Pendataan Pekerja Menggunakan Metode Waterfall," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 12, no. 3, Jul. 2023. Doi: 10.51401/jinteks.v4i1.1530
- [16] D. Rahmawati, A. S. Prabowo, and R. Purwanto, "Implementasi Model Waterfall pada Pengembangan Sistem Informasi Monitoring Prestasi Mahasiswa," *Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA)*, vol. 3, no. 1, pp. 82–93, Jun. 2021, doi: 10.35970/jinita.v3i1.678.
- [17] R. Hidayat, A. W. Solehudin, A. Mursyid, C. E. Poetra, D. R. Putri, and S. K. Fitrianingsih, "Perancangan & Pengembangan System Informasi Ujian Online Berbasis Website dengan Metode Waterfall di Universitas Putra Bangsa ", *TIIJ*, vol. 2, no. 2, pp. 106–118, Dec. 2023, doi: 10.32639/tiij.v2i2.780.