



# Rancang Bangun Sistem Manajemen Aset Berbasis RFID dengan Penentuan Prioritas Pemeliharaan Menggunakan *Fuzzy-MARCOS* (Studi Kasus: Bidang TIK Polda Sumatera Barat)

Muhammad Fatieh Akram Faritshi<sup>1\*</sup>, Ahmaddul Hadi<sup>2</sup>, Denny Kurniadi<sup>3</sup>, Randi Proska Sandra<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Program Studi Informatika, Universitas Negeri Padang, Indonesia

\*Korespondensi penulis: [fatihxfaritsi@gmail.com](mailto:fatihxfaritsi@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract.** *The management of State-Owned Assets (Barang Milik Negara/BMN) at the ICT Division of the West Sumatra Regional Police faces three fundamental challenges: reliance on error-prone manual recording, data inconsistencies between official government systems (SAKTI and SIMAN) and actual field conditions, and the absence of an objective mechanism for determining asset maintenance priorities. This study designs and develops a web-based asset management system integrating Radio Frequency Identification (RFID) Portable Handheld Reader technology with the Fuzzy-MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution) method as a Decision Support System (DSS) for multi-criteria maintenance prioritization, developed using the Prototype methodology with Laravel and React frameworks. The results demonstrate that the system successfully automates real-time asset location tracking through RFID integration, improves the efficiency of asset data management, generates accurate maintenance priority scores via the Fuzzy-MARCOS algorithm with zero deviation from manual calculations, and achieves a 100% functional success rate across all system modules. The integration of RFID Handheld technology and Fuzzy-MARCOS within a single unified platform for government BMN asset management constitutes the novelty of this study, with strong potential as a digital asset governance model supporting e-government implementation in law enforcement institutions.*

**Keywords:** *Asset Maintenance; Asset Management System; Fuzzy-MARCOS; MCDM; RFID.*

**Abstrak.** Pengelolaan aset Barang Milik Negara (BMN) di Bidang TIK Polda Sumatera Barat menghadapi tiga permasalahan mendasar: ketergantungan pada pencatatan manual yang rentan kesalahan, ketidaksinkronan data antara sistem pemerintah (SAKTI dan SIMAN) dengan kondisi lapangan, serta ketiadaan mekanisme objektif dalam menentukan prioritas pemeliharaan aset. Penelitian ini merancang dan membangun sistem manajemen aset berbasis web yang mengintegrasikan teknologi *Radio Frequency Identification (RFID) Portable Handheld Reader* dengan metode *Fuzzy-MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution)* sebagai *Decision Support System (DSS)* untuk penentuan prioritas pemeliharaan secara multi-kriteria, dikembangkan menggunakan metode *Prototype* dengan *framework* Laravel dan React. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengotomasi pelacakan lokasi aset secara *real-time* melalui integrasi RFID, meningkatkan efisiensi pendataan aset, sekaligus menghasilkan skor prioritas pemeliharaan yang akurat melalui algoritma *Fuzzy-MARCOS* dengan selisih kalkulasi 0,00 terhadap perhitungan manual, serta memperoleh tingkat keberhasilan 100% pada pengujian fungsionalitas sistem. Integrasi *RFID Handheld* dan *Fuzzy-MARCOS* dalam satu platform terpadu untuk pengelolaan aset BMN instansi pemerintah merupakan kontribusi kebaruan penelitian ini, yang berpotensi menjadi model tata kelola aset digital berbasis *e-government* di lingkungan lembaga penegak hukum.

**Kata kunci:** *Fuzzy-MARCOS; MCDM; Pemeliharaan Aset; RFID; Sistem Manajemen Aset.*

## 1. LATAR BELAKANG

Pengelolaan aset Barang Milik Negara (BMN) merupakan aspek krusial dalam tata kelola pemerintahan yang akuntabel dan berbasis transparansi. BMN mencakup seluruh barang yang diperoleh melalui APBN atau sumber perolehan sah lainnya dan digunakan untuk menunjang penyelenggaraan tugas pemerintahan, sehingga pengelolaannya harus memenuhi prinsip keamanan, efisiensi, dan tertib administrasi. Laporan BPK RI (2023) menyebutkan bahwa sekitar 15% aset pemerintah pusat dan daerah belum tercatat secara akurat dalam sistem

inventaris nasional, menimbulkan potensi kehilangan nilai aset hingga miliaran rupiah. Nilai BMN dalam LKPP 2023 sendiri mencapai Rp6.823 triliun, meningkat 8,5% dari tahun sebelumnya.

Sebagai respons terhadap kebutuhan modernisasi, pemerintah mengembangkan sistem SIMAK-BMN, SIMAN, dan SAKTI. Meskipun ketiga sistem ini telah menjadi standar nasional, implementasinya masih menunjukkan keterbatasan signifikan. Juliansyah & Amalia (2025) menemukan bahwa integrasi SIMAN belum optimal akibat kendala teknis dan keterbatasan pelatihan pengguna. Kondisi ini berdampak langsung pada akurasi pendataan aset di lapangan, terutama pada instansi dengan mobilitas aset tinggi seperti Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Polda Sumatera Barat yang mengelola aset TIK bernilai tinggi secara kritis.

Bidang TIK Polda Sumbar menghadapi permasalahan spesifik: data pada SAKTI dan SIMAN tidak mencerminkan kondisi riil karena banyak aset hasil pengadaan mandiri (non-BMN) tidak tercatat; proses inventarisasi masih manual menggunakan spreadsheet; tidak ada pelacakan otomatis terhadap aset yang tersebar di berbagai unit; dan penentuan prioritas pemeliharaan masih bersifat subjektif tanpa dasar analisis yang terukur. Firmansyah (2024) mencatat bahwa sistem manual meningkatkan tingkat kesalahan pencatatan hingga 25–30% dan memperlambat waktu audit dua kali lipat dibandingkan sistem berbasis RFID.

Radio Frequency Identification (RFID) hadir sebagai solusi identifikasi otomatis yang telah terbukti meningkatkan efisiensi inventaris. Sarasi et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan RFID meningkatkan efisiensi inventaris hingga 60% dan menurunkan risiko kehilangan aset sebesar 40%. Namun, sebagian besar penelitian RFID sebelumnya hanya berfokus pada fungsi pelacakan tanpa mencakup aspek pengambilan keputusan pemeliharaan secara komprehensif.

Untuk mengisi kesenjangan ini, penelitian ini mengintegrasikan RFID dengan metode *Fuzzy-MARCOS* sebagai *Decision Support System* (DSS). *Fuzzy-MARCOS* menggabungkan logika *Fuzzy* untuk menangani ketidakpastian data linguistik dengan metode MARCOS yang menghasilkan pemeringkatan alternatif berdasarkan jarak kompromi terhadap solusi ideal dan anti-ideal. Kombinasi ini memungkinkan penentuan prioritas pemeliharaan yang objektif berdasarkan kriteria: kondisi fisik, usia pakai, frekuensi penggunaan, nilai aset, biaya pemeliharaan, dan urgensi operasional. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi RFID Portable Handheld Reader dengan *Fuzzy-MARCOS* yang dirancang khusus untuk konteks lembaga penegak hukum, yang belum pernah ditemukan dalam literatur yang ada.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### **Manajemen Aset Barang Milik Negara (BMN)**

Manajemen aset Barang Milik Negara (BMN) merupakan proses strategis yang mencakup perencanaan, pencatatan, pemanfaatan, pemeliharaan, hingga penghapusan aset guna memastikan pengelolaan yang tertib, efisien, dan akuntabel sesuai PMK No. 118 Tahun 2023 (Kementerian Keuangan RI). Dengan nilai BMN mencapai Rp6.823 triliun pada 2023, digitalisasi pengelolaan aset menjadi kebutuhan krusial karena terbukti meningkatkan akurasi data dan akuntabilitas (Firmansyah, 2024). Untuk mendukung hal tersebut, pemerintah mengembangkan tiga sistem nasional yang saling melengkapi, yaitu SIMAK-BMN untuk pencatatan aset di tingkat satuan kerja, SIMAN untuk integrasi data secara nasional dan *real-time*, serta SAKTI sebagai platform keuangan terpadu. Meskipun demikian, ketiga sistem ini masih memiliki keterbatasan dalam hal integrasi, kemudahan penggunaan, dan kesiapan SDM, sehingga diperlukan pengembangan sistem yang lebih terintegrasi dan adaptif (Juliansyah & Amalia, 2025; Santosa et al., 2023).

### **Radio Frequency Identification (RFID)**

Teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) merupakan metode identifikasi otomatis yang memanfaatkan gelombang radio untuk membaca dan menulis data pada tag tanpa memerlukan kontak fisik maupun garis pandang langsung seperti pada barcode. Sistem RFID terdiri dari beberapa komponen utama, meliputi tag sebagai penyimpan data, antena sebagai media komunikasi, reader sebagai pembaca sinyal, serta perangkat lunak backend sebagai pengolah data. Teknologi ini tersedia dalam berbagai variasi frekuensi seperti *Low Frequency* (LF), *High Frequency* (HF), dan *Ultra-High Frequency* (UHF), serta dikategorikan berdasarkan sumber daya menjadi tag pasif, aktif, dan semi-pasif, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda dalam hal jangkauan dan efisiensi (Costa et al., 2021; Liu et al., 2023). Secara operasional, RFID bekerja melalui interaksi antara tag dan reader, di mana tag mengirimkan identitas unik yang kemudian diproses oleh sistem backend untuk keperluan identifikasi, pelacakan, dan pengelolaan aset secara *real-time* (Pramoedya et al., 2024).

Dalam konteks implementasi modern, RFID telah banyak diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) sehingga data hasil pembacaan dapat dikirimkan langsung ke server dan disimpan dalam basis data, memungkinkan pemantauan kondisi serta lokasi aset secara kontinu (Alamsyah & Toar, 2022). Salah satu wujud implementasinya adalah penggunaan *RFID Handheld Reader*, yakni perangkat portabel yang mendukung mobilitas tinggi dan mampu membaca banyak tag secara cepat di lapangan, sehingga sangat sesuai untuk pengelolaan aset berskala besar (Shull, 2024; Akbari, 2025). Meskipun memerlukan investasi

awal dan menghadapi sejumlah tantangan seperti keterbatasan jangkauan serta isu keamanan data, penerapan RFID terbukti meningkatkan efisiensi pencatatan, visibilitas aset, dan mengurangi kesalahan dibandingkan metode manual (Putri, 2023; Ardiansyah, 2022), sehingga teknologi ini tetap menjadi komponen kunci dalam pengembangan sistem manajemen aset modern yang terintegrasi dan berbasis *e-government*.

### **Multi-Criteria Decision Making (MCDM)**

*Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) merupakan pendekatan dalam riset operasi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah keputusan kompleks dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang memiliki tingkat kepentingan berbeda dan seringkali saling bertentangan (Sharma et al., 2024). Secara umum, MCDM terbagi menjadi dua kategori, yaitu *Multi-Objective Decision Making* (MODM) yang berfokus pada optimasi dalam ruang kontinu, serta *Multi-Attribute Decision Making* (MADM) yang berfokus pada evaluasi alternatif dalam ruang diskrit (Kumar Behera & Beura, 2023)..

Dalam konteks manajemen aset, MCDM berperan penting dalam menentukan prioritas pemeliharaan dengan mempertimbangkan berbagai kriteria seperti kondisi fisik, usia, frekuensi penggunaan, tingkat urgensi, dan biaya (Prasetyo & Waspada, 2023). Keunggulan MCDM terletak pada kemampuannya mengintegrasikan faktor kuantitatif dan kualitatif secara sistematis. Selain itu, penerapan MCDM dalam *Decision Support System* (DSS) mampu meningkatkan objektivitas dan akuntabilitas keputusan karena seluruh proses analisis dilakukan secara terstruktur dan dapat ditelusuri (Salman, 2024). Dengan demikian, MCDM menjadi pendekatan yang efektif dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada sistem manajemen aset modern.

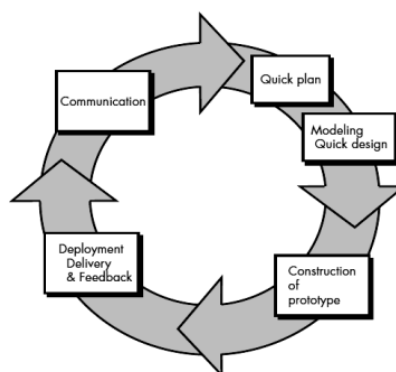
### **Metode Fuzzy-MARCOS**

Metode *Fuzzy-MARCOS* merupakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) yang mengintegrasikan logika *Fuzzy* dengan metode MARCOS untuk menangani pengambilan keputusan yang kompleks dan penuh ketidakpastian. Logika *Fuzzy* digunakan untuk memodelkan penilaian subjektif dalam bentuk variabel linguistik seperti “rendah”, “sedang”, dan “tinggi”, yang kemudian direpresentasikan dalam bentuk *Triangular Fuzzy Number* (TFN) guna menangkap ambiguitas data (Junaidi, 2023; Salih & Ibrahim, 2023). Proses ini melibatkan tahapan fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi untuk mengubah data kualitatif menjadi nilai tegas (*crisp*) yang dapat diolah lebih lanjut (Mahendra et al., 2024). Pendekatan ini efektif dalam menangani ketidakpastian dan subjektivitas, sehingga menghasilkan representasi data yang lebih realistis dalam sistem pendukung keputusan (Ameen et al., 2022).

Selanjutnya, metode MARCOS digunakan untuk melakukan pemeringkatan alternatif berdasarkan kedekatannya terhadap solusi ideal dan anti-ideal. Prosesnya meliputi pembentukan matriks keputusan, normalisasi berdasarkan jenis kriteria (benefit atau cost), perhitungan derajat utilitas, hingga penentuan fungsi utilitas sebagai dasar perankingan (Puška et al., 2023; Ecer et al., 2022). Integrasi *Fuzzy* dengan MARCOS memungkinkan data linguistik dikonversi menjadi nilai matematis melalui defuzzifikasi, sehingga dapat diproses secara sistematis dan menghasilkan keputusan yang lebih stabil dan akurat dibandingkan metode tunggal (Bakır & Akan, 2023; Ali et al., 2023). Dengan keunggulan dalam menangani ketidakpastian dan menjaga stabilitas peringkat, metode *Fuzzy*-MARCOS sangat relevan untuk diterapkan dalam penentuan prioritas pemeliharaan aset secara objektif dan terukur.

### 3. METODE PENELITIAN

Perancangan dan pengembangan sistem ini menggunakan metode *Software Development Life Cycle* (SDLC) dengan model *Prototype*. Model *Prototype* adalah pendekatan yang menekankan pembuatan model awal (purwarupa) sistem yang dapat diuji dan dievaluasi langsung oleh pengguna secara berulang (*iterative*) sebelum sistem final dibangun (Pressman & Maxim, 2020). Metode ini dipilih karena sifatnya yang fleksibel dan adaptif, memungkinkan komunikasi intensif antara pengembang dan pengguna di setiap iterasi, sehingga kebutuhan yang awalnya kurang jelas dapat terus diklarifikasi dan disempurnakan berdasarkan umpan balik nyata dari pengguna, sangat sesuai untuk sistem yang melibatkan integrasi teknologi RFID dan algoritma *Fuzzy*-MARCOS yang membutuhkan validasi berulang (Obaid, 2024; Hansen et al., 2022).



**Gambar 1.** Tahapan Model *Prototype*.

#### **Communication (Analisis Sistem Berjalan)**

Tahap *Communication* merupakan langkah awal dalam pengembangan sistem yang berfokus pada pengumpulan informasi dan pemahaman kebutuhan pengguna (Rawis et al.,

2023). Tahap *Communication* dilaksanakan melalui observasi langsung, wawancara, dan analisis dokumen dengan pihak-pihak yang terlibat dalam pengelolaan inventaris aset di Bidang TIK Polda Sumatera Barat. Hasil analisis mengidentifikasi tiga proses kerja utama yang seluruhnya masih dilakukan secara manual: (1) pendataan dan pencatatan aset ke dalam buku atau spreadsheet oleh Pengelola Inventaris/Pengelola Aset; (2) pengecekan fisik dan inventarisasi rutin oleh Petugas Inventaris/Teknisi TIK; serta (3) penentuan prioritas pemeliharaan oleh Kepala Bidang TIK berdasarkan pertimbangan subjektif tanpa dasar perhitungan yang terukur. Tiga pelaku utama yang terlibat adalah Administrator/Pengelola Aset (bertugas mencatat, memperbarui, dan melaporkan data aset), Petugas Inventaris (bertugas melakukan pemindaian fisik dan melaporkan kondisi aset), serta Pimpinan/Kepala Bidang TIK (bertugas menerima laporan dan mengambil keputusan pemeliharaan).

Permasalahan utama yang ditemukan mencakup: data pada SAKTI dan SIMAN tidak mencerminkan kondisi riil karena banyak aset pengadaan mandiri tidak tercatat; pendataan manual rentan terhadap kesalahan dan duplikasi data; tidak adanya pelacakan aset secara real-time; tidak tersedianya riwayat kondisi dan pemeliharaan yang terdokumentasi; serta penentuan prioritas pemeliharaan yang tidak objektif dan berbasis data. Kondisi ini menegaskan urgensi pengembangan sistem inventaris digital yang terintegrasi dengan teknologi RFID dan didukung modul pengambilan keputusan *Fuzzy-MARCOS*.

### **Quick Plan (Perencanaan Awal)**

Tahap *Quick Plan* dilakukan setelah permasalahan dan kebutuhan utama berhasil diidentifikasi, dengan tujuan menyusun gambaran umum solusi sistem yang akan dikembangkan. Sistem yang diusulkan adalah Sistem Manajemen Aset Berbasis Web dengan integrasi RFID dan metode *Fuzzy-MARCOS*, dibangun menggunakan framework Laravel (PHP) pada backend dan React (JavaScript) pada frontend. Sistem dirancang untuk melayani tiga jenis pengguna dengan hak akses berbeda berdasarkan prinsip *Role-Based Access Control* (RBAC): Administrator (mengelola data aset, lokasi, pengguna, dan laporan), Petugas (melakukan pemindaian RFID dan input kondisi aset), serta Pimpinan (melihat laporan dan hasil prioritas *Fuzzy-MARCOS*). Kebutuhan fungsional utama mencakup sembilan modul: autentikasi pengguna, manajemen data aset, pemindaian RFID, inventarisasi dan pelacakan lokasi, manajemen pemeliharaan, penilaian aset dengan *Fuzzy-MARCOS*, manajemen pengguna, penyusunan laporan, dan dashboard monitoring. Kebutuhan non-fungsional meliputi keamanan (*security*), kinerja (*performance*), kemudahan penggunaan (*usability*), keandalan (*reliability*), dan portabilitas (*portability*) sistem. Perencanaan awal ini menjadi

panduan agar proses perancangan dan implementasi sistem berjalan terarah, efisien, dan fokus pada penyelesaian permasalahan yang telah teridentifikasi.

### Modelling (*Quick Design*)

#### Perancangan Model Keputusan (*Fuzzy-MARCOS*)

Pada sistem yang dibangun, metode *Fuzzy-MARCOS* diimplementasikan sebagai logika utama dalam modul pengambilan keputusan untuk menentukan prioritas pemeliharaan aset. Sistem menggunakan enam kriteria utama yang diklasifikasikan sebagai atribut *Benefit* (nilai lebih besar = lebih prioritas) dan *Cost* (nilai lebih besar = kurang prioritas), yaitu:

**Tabel 1.** Kriteria Prioritas Pemeliharaan Aset.

Kode	Kriteria	Atribut	Bobot	Dasar Penilaian
C1	Kondisi Fisik Aset	<i>Benefit</i>	0,25	Pemeriksaan fisik saat scan RFID
C2	Usia Pemakaian Aset	<i>Benefit</i>	0,15	Tanggal pengadaan pada dokumen BMN
C3	Frekuensi Penggunaan	<i>Benefit</i>	0,20	Riwayat scan RFID dan pengamatan lapangan
C4	Tingkat Urgensi Operasional	<i>Benefit</i>	0,10	Kebijakan dan pengalaman unit
C5	Biaya Pemeliharaan	<i>Cost</i>	0,15	Riwayat biaya/estimasi jenis aset
C6	Nilai Ekonomis Aset	<i>Benefit</i>	0,15	Nilai perolehan pada dokumen pengadaan

Tahapan algoritma *Fuzzy-MARCOS* yang diterapkan dalam sistem adalah sebagai berikut:

#### *Fuzzifikasi Input (Konversi ke TFN)*

Input penilaian berupa variabel linguistik berskala 5 level dikonversi menjadi bilangan Triangular *Fuzzy* Number (TFN) (l, m, u) dengan pemetaan:

**Tabel 2.** Fuzzifikasi Input.

Level	Variabel	TFN
1	Sangat Baik / Baru / Sangat Jarang / Tidak Urgen / Sangat Rendah	(1, 1, 2)
2	Baik / Relatif Baru / Jarang / Rendah / Rendah	(1, 2, 3)
3	Cukup / Sedang / Kadang / Sedang / Sedang	(2, 3, 4)
4	Buruk / Lama / Sering / Urgen / Tinggi	(3, 4, 5)
5	Sangat Buruk / Sangat Lama / Sangat Sering / Sangat Urgen / Sangat Tinggi	(4, 5, 5)

### Defuzzifikasi (Metode Centroid/BNP)

Nilai TFN dikonversi menjadi nilai tegas (*crisp*) menggunakan metode *Best Non-Fuzzy Performance* (BNP):

$$x_{crisp} = \frac{(l + m + u)}{3}$$

a. Pembentukan Matriks Keputusan *Fuzzy* (D)

Sistem menyusun matriks keputusan *Fuzzy* yang berisi nilai TFN dari setiap aset (alternatif) terhadap setiap kriteria. Matriks ini menjadi dasar seluruh perhitungan selanjutnya.

b. Penentuan Solusi Ideal (AI) dan Anti-Ideal (AAI)

Sistem menentukan dua titik referensi dari matriks keputusan:

- 1) Solusi Ideal ( $\tilde{AI}$ ): Nilai maksimal (max) untuk kriteria *Benefit* dan nilai minimal (min) untuk kriteria *Cost*.
- 2) Solusi Anti-Ideal ( $\tilde{AAI}$ ): Nilai minimal (min) untuk kriteria *Benefit* dan nilai maksimal (max) untuk kriteria *Cost*.

c. Normalisasi Matriks

Normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala data antar kriteria:

1) Untuk kriteria *Benefit*:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{AAI}}$$

2) Untuk kriteria *Cost*:

$$n_{ij} = \frac{x_{AI}}{x_{ij}}$$

d. *Weighted Sum* ( $S_i$ )

$$S_i = \sum_j^n (n_{ij} \times w_j)$$

e. *Utility Degree*

Setelah matriks ternormalisasi dikalikan dengan bobot kriteria ( $w_j$ ), derajat utilitas dihitung sebagai:

1) Utilitas terhadap Anti-Ideal:

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{AAI}}$$

2) Utilitas terhadap Ideal:

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{AI}}$$

di mana  $S_i$  adalah jumlah nilai terbobot alternatif ke- $i$ ,  $S_{AAI}$  dan  $S_{AI}$  adalah jumlah nilai terbobot Solusi Anti-Ideal dan Ideal.

f. Fungsi Utilitas dan Perankingan

Skor akhir dinormalisasi ke skala 0–100 menggunakan:

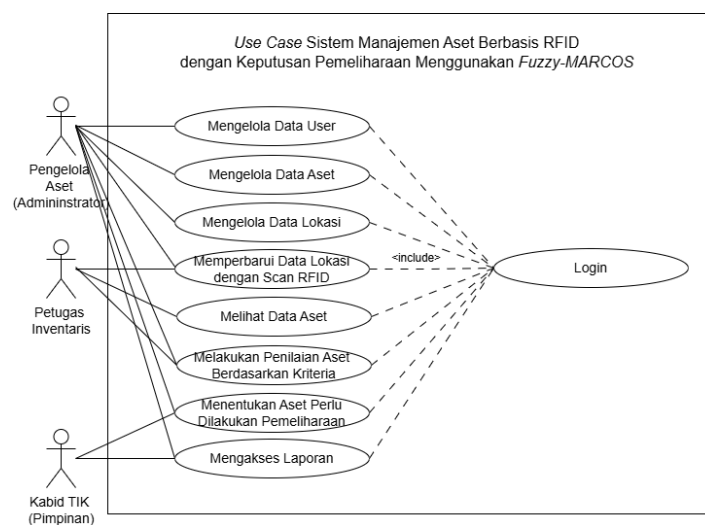
$$f(K_i) = \frac{S_i - S_{AAI}}{S_{AI} - S_{AAI}} \times 100$$

Aset dengan nilai  $f(K_i)$  tertinggi menempati peringkat pertama dan direkomendasikan sebagai prioritas pemeliharaan utama. Seluruh tahapan ini dijalankan secara otomatis oleh sistem setiap kali data penilaian aset diinputkan oleh pengguna.

### Perancangan Use Case

*Use-case diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi antara sistem dan aktor (pengguna atau sistem lain) yang menggunakan sistem tersebut. Diagram ini menunjukkan apa saja yang dapat dilakukan pengguna (aktor) terhadap sistem tanpa menjelaskan detail proses internalnya (Dwayani dkk, 2022).

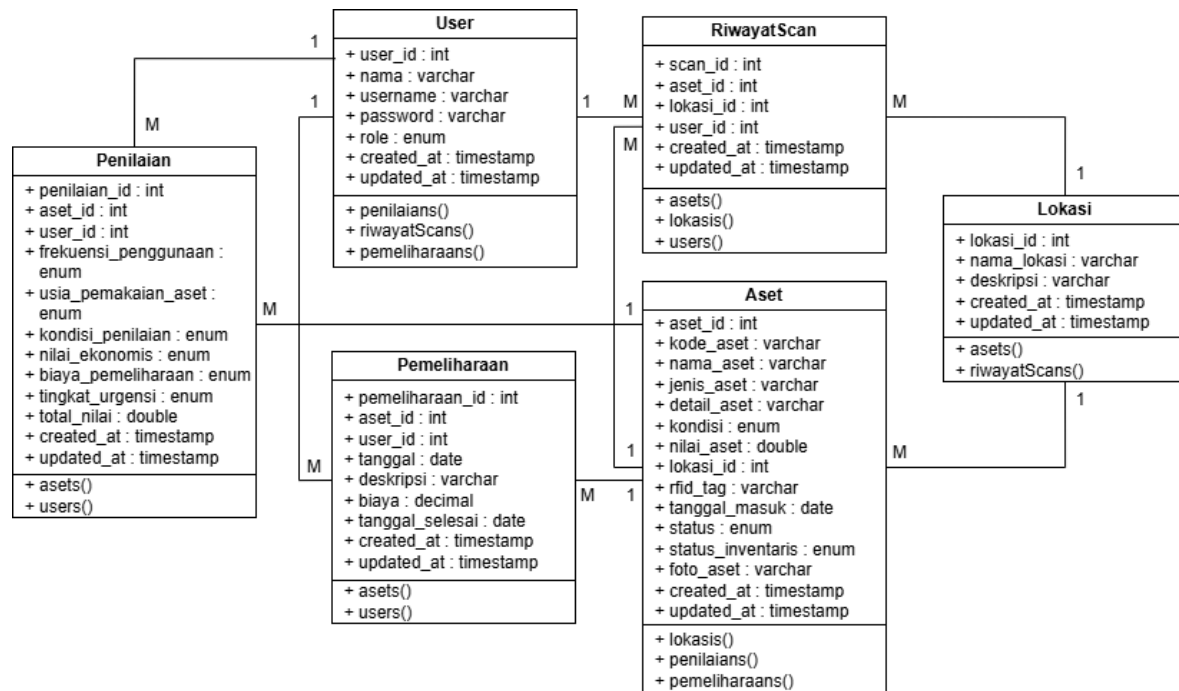
Sistem ini dirancang untuk melayani tiga aktor utama: Administrator, Petugas, dan Pimpinan dengan interaksi yang terdefinisi dalam *use case diagram*. Administrator memiliki akses penuh meliputi manajemen data aset, lokasi, dan pengguna, serta pembuatan laporan. Petugas berinteraksi dengan modul pemindaian RFID dan input penilaian kondisi aset. Pimpinan memiliki akses terbatas untuk melihat dashboard, laporan, dan hasil prioritas *Fuzzy-MARCOS*. Pembatasan akses berbasis peran (RBAC) ini memastikan bahwa setiap pengguna hanya dapat mengakses fungsi-fungsi yang sesuai dengan tanggung jawabnya dalam struktur organisasi Bidang TIK Polda Sumatera Barat.



**Gambar 2.** Use Case Diagram.

### Perancangan Database

Struktur basis data sistem dirancang menggunakan pendekatan *relational database* yang terdiri dari enam tabel utama, sebagaimana tergambar dalam *Class Diagram* pada Gambar 3. *Class Diagram* merupakan salah satu jenis diagram struktur dalam UML (*Unified Modeling Language*) yang menggambarkan kelas-kelas dalam sistem beserta atribut, metode, dan hubungan antar kelasnya. Melalui diagram ini, dapat diperoleh gambaran statis mengenai struktur internal sistem secara menyeluruh (Ramdany, 2024).



Gambar 3. *Class Diagram*.

(1) tabel Users untuk menyimpan data pengguna dan hak akses; (2) tabel Asets sebagai inti penyimpanan data aset beserta kode RFID uniknya; (3) tabel Lokasi untuk mencatat lokasi penempatan aset; (4) tabel Pemeliharaan untuk mendokumentasikan riwayat perbaikan; (5) tabel Penilai untuk menyimpan data input penilaian kriteria *Fuzzy-MARCOS*; serta (6) tabel Riwayat Scan untuk mencatat rekam jejak setiap aktivitas pemindaian RFID. Relasi antar tabel dirancang untuk menjamin integritas referensial data aset dari tahap pencatatan, pemindaian, penilaian, hingga pemeliharaan, sehingga sistem dapat menghasilkan laporan yang akurat dan komprehensif.

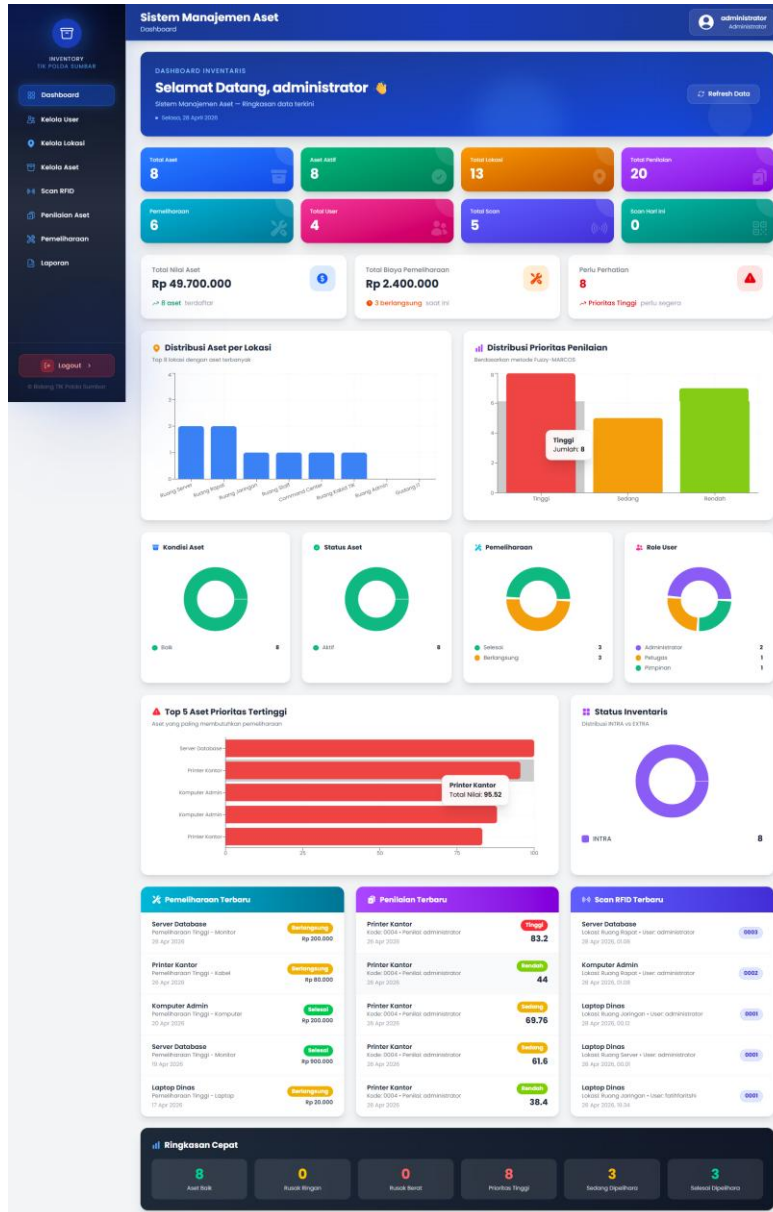
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tampilan Antarmuka Sistem

Sistem Manajemen Inventaris Aset Berbasis RFID dengan metode *Fuzzy-MARCOS* berhasil dibangun menggunakan framework React.js pada frontend dan Laravel pada backend,

dengan MySQL sebagai basis data. Sistem menyediakan antarmuka yang responsif dan berbasis peran *Role-Based Access Control* (RBAC) untuk tiga jenis pengguna: Administrator, Petugas, dan Pimpinan. Berikut disajikan tampilan antarmuka dari modul-modul utama sistem yang telah diimplementasikan.

### Tampilan Dashboard

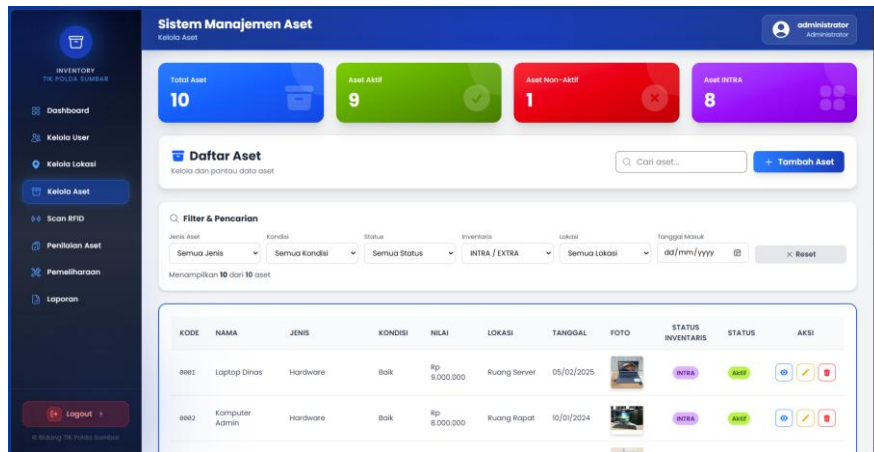


**Gambar 4.** Tampilan Halaman Dashboard.

Halaman Dashboard menampilkan ringkasan eksekutif kondisi seluruh aset secara real-time melalui delapan stat card utama yang mencakup total aset, aset aktif, total lokasi, total penilaian, jumlah pemeliharaan, total pengguna, total scan, dan scan hari ini. Selain itu, dashboard dilengkapi dengan visualisasi grafik batang distribusi aset per lokasi, grafik distribusi prioritas pemeliharaan (Tinggi/Sedang/Rendah), serta empat pie chart donut yang menampilkan kondisi aset, status aset, status pemeliharaan, dan distribusi peran pengguna.

Fitur top-5 aset prioritas tertinggi dan tiga tabel aktivitas terbaru (penilaian, pemeliharaan, dan scan RFID) turut tersedia, menjadikan dashboard sebagai pusat kendali visual yang komprehensif dan mendukung pengambilan keputusan secara cepat.

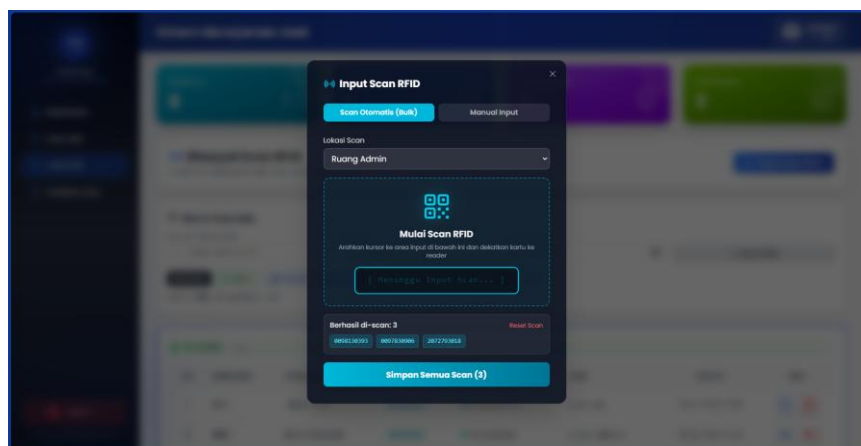
### Tampilan Kelola Aset



Gambar 5. Tampilan Halaman Kelola Aset.

Modul Kelola Aset menyediakan antarmuka manajemen data aset secara lengkap. Tampilan utama menyajikan tabel daftar seluruh aset dengan kolom informasi kode aset, nama, jenis, lokasi, kondisi, nilai ekonomis, status, ID RFID tag, dan foto. Administrator dapat melakukan penambahan aset baru melalui formulir terstruktur yang memuat atribut lengkap meliputi kode aset, jenis, spesifikasi teknis, lokasi, kondisi, nilai, status inventaris (BMN/Non-BMN), dan ID RFID tag unik. Sistem menerapkan validasi duplikasi otomatis untuk kode aset dan ID RFID, serta menyediakan fitur pencarian dan multi-filter berdasarkan kategori, kondisi, dan status, sehingga proses pencatatan dan penelusuran aset dapat dilakukan secara efisien dan terstruktur.

### Tampilan Input Scan RFID



Gambar 6. Tampilan Input Scan RFID.

Halaman Scan RFID menyediakan dua mekanisme pemindaian: *single scan* (manual satu aset) dan *bulk scan* (massal banyak aset sekaligus). Pada panel pemindaian, sistem menampilkan status kesiapan reader, koneksi basis data, dan mode operasi secara real-time. Petugas memilih lokasi sebelum menyinkronkan data ke basis data, kemudian memulai pemindaian dengan menekan tombol Mulai Scan. Setiap hasil pemindaian yang berhasil akan otomatis memperbarui lokasi aset di tabel assets dan mencatat entri baru pada tabel riwayat\_scan yang memuat informasi ID RFID, nama aset, lokasi pemindaian, waktu, dan petugas yang melakukan scan. Mekanisme *partial success* memastikan aset dengan tag valid tetap diproses meskipun terdapat beberapa tag yang tidak terdaftar dalam sistem.

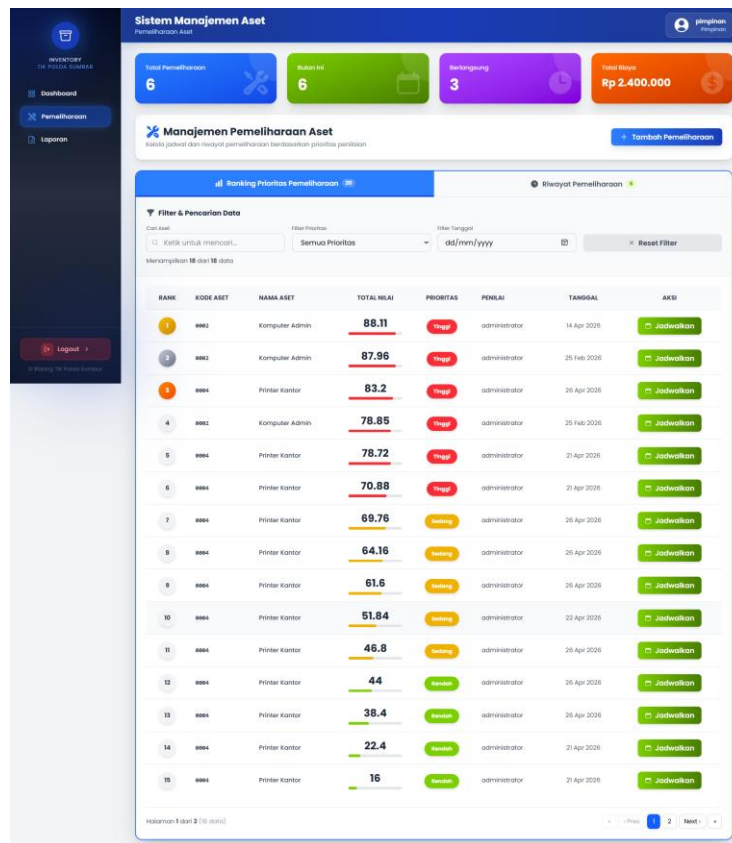
### Tampilan Form Penilaian Aset

The screenshot displays the 'Form Penilaian Aset (Fuzzy-MARCOS)' interface. At the top, there are four summary cards: 'Total Penilaian' (20), 'Prioritas Tinggi' (8), 'Prioritas Sedang' (5), and 'Prioritas Rendah' (7). Below these is a section for 'Penilaian Aset & Prioritas Pemeliharaan'. The main form contains several dropdown menus for inputting asset information and evaluation criteria. At the bottom, there is a section for 'Informasi Penhitungan Fuzzy-MARCOS' showing the resulting priority levels and their corresponding score ranges.

**Gambar 7.** Tampilan Form Penilaian Aset.

Halaman Form Penilaian Aset merupakan antarmuka input untuk modul *Fuzzy-MARCOS*. Administrator atau Petugas memilih aset yang akan dinilai, kemudian mengisi enam kriteria penilaian menggunakan skala linguistik 5-level melalui *dropdown*: Kondisi Fisik, Usia Pemakaian, Frekuensi Penggunaan, Tingkat Urgensi, Biaya Pemeliharaan, dan Nilai Ekonomis. Setelah data disimpan, sistem secara otomatis menjalankan algoritma *Fuzzy-MARCOS* untuk menghitung *total\_nilai* dan mengklasifikasikan aset ke dalam kategori prioritas Tinggi (skor  $\geq 70$ ), Sedang (45–69), atau Rendah ( $< 45$ ). Notifikasi sukses yang muncul langsung menampilkan skor dan kategori prioritas yang diperoleh, memberikan feedback instan kepada pengguna.

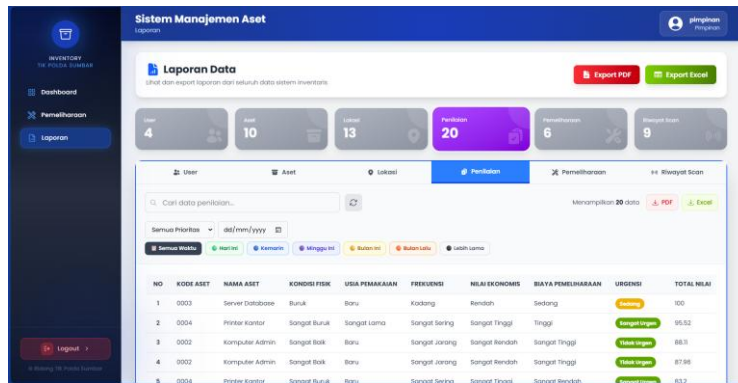
### Tampilan Ranking Prioritas Pemeliharaan



Gambar 8. Tampilan Halaman Ranking Prioritas Pemeliharaan.

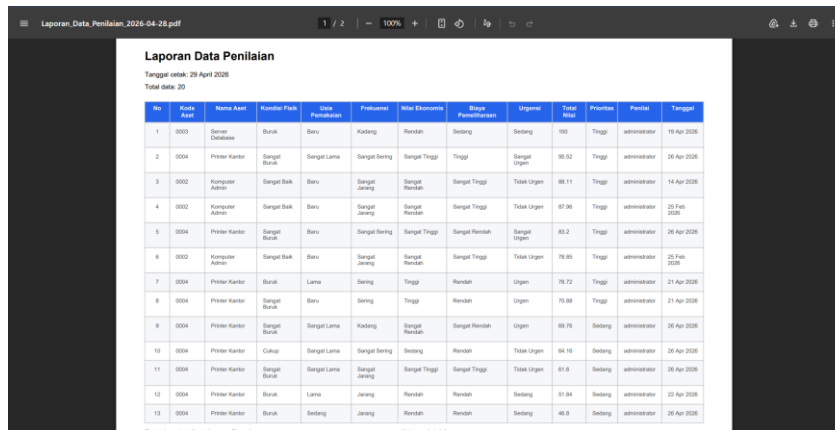
Halaman Ranking Prioritas Pemeliharaan menampilkan daftar aset yang telah dinilai, diurutkan dari skor *Fuzzy-MARCOS* tertinggi ke terendah. Setiap baris menyajikan informasi kode aset, nama, lokasi, kondisi, skor total, dan label prioritas berwarna (merah untuk Tinggi, kuning untuk Sedang, hijau untuk Rendah). Aset yang telah dijadwalkan pemeliharaan secara otomatis disaring dari daftar ranking dan berpindah ke tab Riwayat Pemeliharaan. Dari halaman ini, Administrator atau Pimpinan dapat langsung menjadwalkan pemeliharaan untuk aset prioritas tertinggi dengan mengklik tombol aksi yang tersedia, sehingga alur kerja dari penilaian hingga penjadwalan pemeliharaan berlangsung dalam satu sistem yang terintegrasi.

### Tampilan Menu Laporan

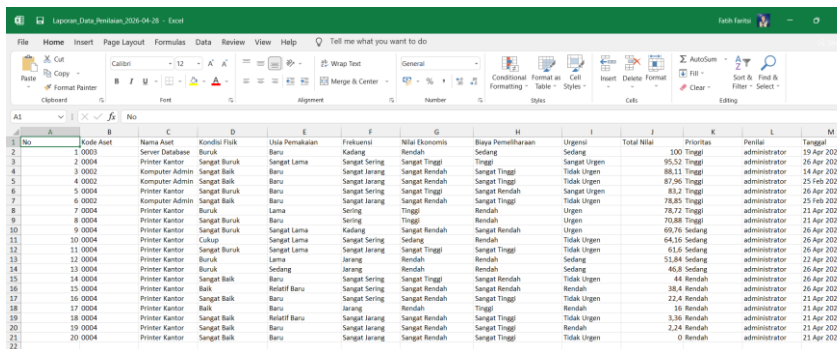


Gambar 9. Tampilan Menu Laporan.

Menu Laporan merupakan halaman yang digunakan untuk menampilkan dan mengekspor data inventaris aset. Pada bagian atas terdapat tombol Export PDF dan Export Excel untuk mengunduh laporan. Halaman ini juga menampilkan ringkasan data dalam bentuk kartu statistik serta tab kategori laporan seperti user, aset, lokasi, penilaian, pemeliharaan, dan riwayat scan. Pada tampilan ini, tab Penilaian sedang aktif sehingga menampilkan tabel data penilaian. Tersedia fitur pencarian dan filter berdasarkan waktu untuk mempermudah penyaringan data.



Gambar 10. Tampilan Export Data Format PDF.



Gambar 11. Tampilan Export Data Format Excel.

## Implementasi Metode *Fuzzy-MARCOS*

Metode *Fuzzy-MARCOS* diimplementasikan dalam sistem sebagai kelas layanan *FuzzyMarcosService* pada sisi backend Laravel. Algoritma ini dipanggil secara otomatis setiap kali data penilaian aset disimpan atau diperbarui, menghasilkan nilai skor yang langsung tersimpan pada kolom *total\_nilai* di tabel penilaian. Berikut adalah penjelasan implementasi inti metode *Fuzzy-MARCOS* dalam kode PHP:

- Fuzzifikasi dan Defuzzifikasi: Nilai input linguistik (ENUM Level 1–5) dikonversi ke bilangan Triangular *Fuzzy Number* (TFN) kemudian di-defuzzifikasi menggunakan metode Centroid/BNP.

```
// Pemetaan Level ke TFN (l, m, u)
$tfnMap = [1=>[1,1,2], 2=>[1,2,3], 3=>[2,3,4], 4=>[3,4,5], 5=>[4,5,5]];
// Defuzzifikasi Centroid: crisp = (l + m + u) / 3
public function defuzzify(array $tfn): float
{
    return ($tfn['l'] + $tfn['m'] + $tfn['u']) / 3.0;
}
```

- Normalisasi Matriks: Setelah nilai crisp diperoleh, sistem melakukan normalisasi berdasarkan tipe kriteria (*Benefit* atau *Cost*) terhadap Solusi Anti-Ideal (AAI).

```
// Normalisasi
// Benefit: n_ij = x_ij / AAI_j
// Cost: n_ij = AI_j / x_ij
$normalized = [];
foreach ($scores as $i => $row) {
    foreach ($criteriaKeys as $c) {
        if ($this->criteriaTypes[$c] === 'benefit') {
            $normalized[$i][$c] = $AAI[$c] > 0
                ? $row[$c] / $AAI[$c]
                : 0;
        } else {
            $normalized[$i][$c] = $row[$c] > 0
                ? $AI[$c] / $row[$c]
                : 0;
        }
    }
}
```

- c. Perhitungan *Weighted Sum* dan *Utility Degree*: Matriks ternormalisasi dikalikan dengan bobot masing-masing kriteria, kemudian dihitung derajat utilitas terhadap Solusi Ideal ( $K_i^+$ ) dan Anti-Ideal ( $K_i^-$ ).

```
// Weighted Sum:  $S_i = \Sigma(\text{normalized} \times \text{weight})$ 
$Si = [];
foreach ($normalized as $i => $row) {
    $sum = 0;
    foreach ($criteriaKeys as $c) {
        $sum += $row[$c] * $this->weights[$c];
    }
    $Si[$i] = $sum;
}
```

- d. Fungsi Utilitas dan Normalisasi Skor: Nilai akhir  $f(K_i)$  dihitung dari rata-rata  $K_i^+$  dan  $K_i^-$ , kemudian dinormalisasi ke skala 0–100 agar mudah diinterpretasikan.

```
// Fungsi Utilitas dan Normalisasi Skor
$results = [];
foreach ($Si as $i => $si) {
    $Ki_plus = $$AI > 0 ? $si / $$AI : 0;
    $Ki_minus = $$AAI > 0 ? $si / $$AAI : 0;

    //  $f(K_i) = (K_i^+ + K_i^-) / 2$ 
    $f_Ki = ($Ki_plus + $Ki_minus) / 2.0;
    $range = $$AI - $$AAI;
    $totalNilai = $range > 0
        ? round(($si - $$AAI) / $range * 100, 2)
        : 0;

    $totalNilai = max(0, min(100, $totalNilai));
}
```

### Implementasi Integrasi RFID

Integrasi RFID dalam sistem diimplementasikan melalui dua mekanisme: single scan (input manual satu aset) dan bulk scan (pemindaian massal banyak aset sekaligus). Pada sisi backend Laravel, endpoint API `/api/rfid/scan-bulk` menerima array ID RFID dari *reader handheld* dan memprosesnya dalam satu transaksi basis data untuk menjamin konsistensi data.

Kode berikut menunjukkan logika inti pemrosesan *bulk scan* RFID:

```
// Controller: BulkScan endpoint
DB::transaction(function() use ($rfidTags, $lokasiId, $userId) {
  foreach (array_unique($rfidTags) as $tag) {
    $aset = Aset::where('rfid_tag', $tag)->first();
    if ($aset) {
      // Update lokasi aset otomatis
      $aset->update(['lokasi_id' => $lokasiId]);
      // Catat riwayat scan
      RiwayatScan::create(['aset_id'=>$aset->id,
        'lokasi_id'=>$lokasiId, 'user_id'=>$userId,
        'waktu_scan'=>now()]);
      $results['success'][] = $aset->nama_aset;
    } else { $results['not_found'][] = $tag; }
  }
});
```

Implementasi `DB::transaction` memastikan bahwa seluruh operasi pembaruan lokasi dan pencatatan riwayat scan bersifat atomik—jika terjadi kegagalan di tengah proses, seluruh transaksi akan di-rollback sehingga tidak ada data yang tersimpan secara parsial. Mekanisme deduplikasi melalui `array_unique()` mencegah pencatatan ganda untuk tag RFID yang terpindai lebih dari satu kali dalam satu sesi. Pendekatan `partial success` memungkinkan aset dengan tag valid tetap diproses meskipun terdapat beberapa tag yang tidak terdaftar, sehingga produktivitas petugas di lapangan tetap terjaga. Pada sisi frontend React, hasil pemindaian ditampilkan secara real-time dan pengguna dapat meninjau daftar aset terdeteksi sebelum menekan tombol sinkronisasi ke basis data.

### Pengujian Kalkulasi Metode *Fuzzy-MARCOS*

Pengujian kalkulasi metode *Fuzzy-MARCOS* dilakukan untuk memvalidasi kebenaran implementasi algoritma pada sistem dengan membandingkan output sistem terhadap hasil kalkulasi manual menggunakan data yang sama. Pengujian menggunakan lima skenario aset dengan kombinasi nilai kriteria yang bervariasi.

**Tabel 3.** Konversi Level ke Nilai *Crisp* (*Defuzzifikasi Centroid*).

Level	Label	TFN (l, m, u)	Nilai Crisp
1	Sangat Baik / Baru / Sangat Jarang / Tidak Urgen / Sangat Rendah	(1, 1, 2)	1,3333
2	Baik / Relatif Baru / Jarang / Rendah	(1, 2, 3)	2,0000
3	Cukup / Sedang / Kadang	(2, 3, 4)	3,0000
4	Buruk / Lama / Sering / Urgen / Tinggi	(3, 4, 5)	4,0000
5	Sangat Buruk / Sangat Lama / Sangat Sering / Sangat Urgen / Sangat Tinggi	(4, 5, 5)	4,6667

**Tabel 4.** Bobot, Tipe, AI dan AAI Setiap Kriteria.

Kode	Kriteria	Bobot	Tipe	AI	AAI
C1	Kondisi Fisik Aset	0,25	<i>Benefit</i>	4,6667	1,3333
C2	Usia Pemakaian Aset	0,15	<i>Benefit</i>	4,6667	1,3333
C3	Frekuensi Penggunaan	0,20	<i>Benefit</i>	4,6667	1,3333
C4	Tingkat Urgensi	0,10	<i>Benefit</i>	4,6667	1,3333
C5	Biaya Pemeliharaan	0,15	<i>Cost</i>	<b>1,3333</b>	<b>4,6667</b>
C6	Nilai Ekonomis Aset	0,15	<i>Benefit</i>	4,6667	1,3333

**Tabel 5.** Bobot, Tipe Solusi Ideal (AI) dan Anti-Ideal (AAI) Setiap Kriteria.

Kriteria	Bobot (W)	Tipe	Norm AI	Norm AAI	W × AI	W × AAI
C1	0,25	<i>Benefit</i>	4,6667/1,3333 = 3,5000	1,3333/1,3333 = 1,0000	0,8750	0,2500
C2	0,15	<i>Benefit</i>	4,6667/1,3333 = 3,5000	1,3333/1,3333 = 1,0000	0,5250	0,1500
C3	0,20	<i>Benefit</i>	4,6667/1,3333 = 3,5000	1,3333/1,3333 = 1,0000	0,7000	0,2000
C4	0,10	<i>Benefit</i>	4,6667/1,3333 = 3,5000	1,3333/1,3333 = 1,0000	0,3500	0,1000
C5	0,15	<i>Cost</i>	1,3333/1,3333 = 1,0000	1,3333/4,6667 = 0,2857	0,1500	0,0429
C6	0,15	<i>Benefit</i>	4,6667/1,3333 = 3,5000	1,3333/1,3333 = 1,0000	0,5250	0,1500
<b>Total</b>					$S_{AI}=3,125$	$S_{AAI}=0,893$
<b>Range = <math>S_{AI} - S_{AAI}</math></b>					<b>2,2321</b>	

**Tabel 6.** Matriks Keputusan Skenario Pengujian (Nilai *Crisp*).

Kriteria	Aset A	Aset B	Aset C	Aset D	Aset E
C1 Kondisi	Sgt Buruk → L5 → <b>4,6667</b>	Sgt Baik → L1 → <b>1,3333</b>	Cukup → L3 → <b>3,0000</b>	Buruk → L4 → <b>4,0000</b>	Cukup → L3 → <b>3,0000</b>
C2 Usia	Sgt Lama → L5 → <b>4,6667</b>	Baru → L1 → <b>1,3333</b>	Sedang → L3 → <b>3,0000</b>	Lama → L4 → <b>4,0000</b>	Rel. Baru → L2 → <b>2,0000</b>
C3 Frekuensi	Sgt Sering → L5 → <b>4,6667</b>	Sgt Jarang → L1 → <b>1,3333</b>	Kadang → L3 → <b>3,0000</b>	Sering → L4 → <b>4,0000</b>	Kadang → L3 → <b>3,0000</b>
C4 Urgensi	Sgt Urgen → L5 → <b>4,6667</b>	Tdk Urgen → L1 → <b>1,3333</b>	Sedang → L3 → <b>3,0000</b>	Urgen → L4 → <b>4,0000</b>	Rendah → L2 → <b>2,0000</b>
C5 Biaya	Sgt Rendah → L1 → <b>1,3333</b>	Sgt Tinggi → L5 → <b>4,6667</b>	Sedang → L3 → <b>3,0000</b>	Rendah → L2 → <b>2,0000</b>	Tinggi → L4 → <b>4,0000</b>
C6 Nilai	Sgt Tinggi → L5 → <b>4,6667</b>	Sgt Rendah → L1 → <b>1,3333</b>	Sedang → L3 → <b>3,0000</b>	Tinggi → L4 → <b>4,0000</b>	Sedang → L3 → <b>3,0000</b>

Tabel 7. Normalisasi Matriks.

Kriteria	Tipe	Aset A	Aset B	Aset C	Aset D	Aset E
C1	<i>Benefit</i>	4,6667/	1,3333/	3,0000/	4,0000/	3,0000/
		1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =
		<b>3,5000</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,2500</b>	<b>3,0000</b>	<b>2,2500</b>
C2	<i>Benefit</i>	4,6667/	1,3333/	3,0000/	4,0000/	2,0000/
		1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =
		<b>3,5000</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,2500</b>	<b>3,0000</b>	<b>1,5000</b>
C3	<i>Benefit</i>	4,6667/	1,3333/	3,0000/	4,0000/	3,0000/
		1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =
		<b>3,5000</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,2500</b>	<b>3,0000</b>	<b>2,2500</b>
C4	<i>Benefit</i>	4,6667/	1,3333/	3,0000/	4,0000/	2,0000/
		1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =
		<b>3,5000</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,2500</b>	<b>3,0000</b>	<b>1,5000</b>
C5	<i>Cost</i>	1,3333/	1,3333/	1,3333/	1,3333/	1,3333/
		1,3333 =	4,6667 =	3,0000 =	2,0000 =	4,0000 =
		<b>1,0000</b>	<b>0,2857</b>	<b>0,4444</b>	<b>0,6667</b>	<b>0,3333</b>
C6	<i>Benefit</i>	4,6667/	1,3333/	3,0000/	4,0000/	3,0000/
		1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =	1,3333 =
		<b>3,5000</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,2500</b>	<b>3,0000</b>	<b>2,2500</b>

Tabel 8. Weighted Sum (Si).

Kriteria	Bobot	Aset A	Aset B	Aset C	Aset D	Aset E
C1	0,25	3,5000 ×	1,0000 ×	2,2500 ×	3,0000 ×	2,2500 ×
		0,25 =	0,25 =	0,25 =	0,25 =	0,25 =
		0,8750	0,2500	0,5625	0,7500	0,5625
C2	0,15	3,5000 ×	1,0000 ×	2,2500 ×	3,0000 ×	1,5000 ×
		0,15 =	0,15 =	0,15 =	0,15 =	0,15 =
		0,5250	0,1500	0,3375	0,4500	0,2250
C3	0,20	3,5000 ×	1,0000 ×	2,2500 ×	3,0000 ×	2,2500 ×
		0,20 =	0,20 =	0,20 =	0,20 =	0,20 =
		0,7000	0,2000	0,4500	0,6000	0,4500
C4	0,10	3,5000 ×	1,0000 ×	2,2500 ×	3,0000 ×	1,5000 ×
		0,10 =	0,10 =	0,10 =	0,10 =	0,10 =
		0,3500	0,1000	0,2250	0,3000	0,1500
C5	0,15	1,0000 ×	0,2857 ×	0,4444 ×	0,6667 ×	0,3333 ×
		0,15 =	0,15 =	0,15 =	0,15 =	0,15 =
		0,1500	0,0429	0,0667	0,1000	0,0500
C6	0,15	3,5000 ×	1,0000 ×	2,2500 ×	3,0000 ×	2,2500 ×
		0,15 =	0,15 =	0,15 =	0,15 =	0,15 =
		0,5250	0,1500	0,3375	0,4500	0,3375
<b>Si</b>		<b>3,1250</b>	<b>0,8929</b>	<b>1,9792</b>	<b>2,6500</b>	<b>1,7750</b>

**Tabel 9.** *Utility Degree* dan Skor Akhir.

Aset	Si	$Ki^+ = Si/SAI$	$Ki^- = Si/SAAI$	Skor (f(Ki))
A	3,1250	1,0000	3,5000	100,00
B	0,8929	0,2857	1,0000	0,00
C	1,9792	0,6333	2,2167	48,67
D	2,6500	0,8480	2,9680	78,72
E	1,7750	0,5680	1,9880	39,52

**Tabel 10.** Rekap Perbandingan.

Aset	Deskripsi Skenario	Si	Skor Manual	Skor Sistem	Selisih	Prioritas	Status
A	Semua kriteria kondisi terburuk	3,1250	100,00	100,00	0,00	Tinggi	✓
B	Semua kriteria kondisi terbaik	0,8929	0,00	0,00	0,00	Rendah	✓
C	Semua kriteria bernilai sedang	1,9792	48,67	48,67	0,00	Sedang	✓
D	Kondisi buruk, usia lama, biaya rendah	2,6500	78,72	78,72	0,00	Tinggi	✓
E	Kondisi cukup, usia relatif baru, biaya tinggi	1,7750	39,52	39,52	0,00	Rendah	✓

Hasil perbandingan pada Tabel 10 menunjukkan bahwa seluruh lima skenario menghasilkan skor yang identik antara kalkulasi manual dan output sistem, dengan selisih 0,00. Hal ini membuktikan bahwa implementasi algoritma *Fuzzy-MARCOS* pada *FuzzyMarcosService.php* telah akurat dan valid. Skenario A (semua kriteria kondisi terburuk) mendapatkan skor tertinggi 100,00, menunjukkan sistem dengan tepat memprioritaskan aset yang paling kritis. Skenario B (semua kriteria terbaik) mendapat skor 0,00, mengkonfirmasi mekanisme referensi ideal berfungsi benar. Skenario E secara khusus memvalidasi bahwa kriteria *Cost* (Biaya Pemeliharaan) bekerja sebagai pengurang prioritas: meskipun kondisi fisik aset cukup menurun (Level 3), biaya pemeliharaan yang tinggi (Level 4) secara efektif menurunkan skor dari yang seharusnya ~48 menjadi 39,52, membuktikan mekanisme penyeimbang kriteria *Cost* berjalan dengan benar.

### Hasil Pengujian Sistem (*Black Box Testing*)

Pengujian fungsionalitas sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* yang berfokus pada verifikasi kesesuaian output sistem terhadap hasil yang diharapkan tanpa mempertimbangkan implementasi internal. Pengujian mencakup 121 kasus uji yang terdistribusi pada 13 modul sistem.

Salah satu aspek penting yang diuji adalah mekanisme otorisasi berbasis peran (*Role-Based Access Control/RBAC*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil membatasi hak akses pengguna sesuai dengan peran masing-masing, yaitu administrator, petugas, dan pimpinan. Setiap role hanya dapat mengakses fitur yang telah ditentukan, sehingga mendukung keamanan dan pengelolaan sistem yang terstruktur.

**Tabel 11.** Matriks Hak Akses Berdasarkan Role.

Modul / Fitur	Administrator	Petugas	Pimpinan
Dashboard & Statistik	✓	✓	✓
Lihat Daftar Aset	✓	✓	X
Manajemen Data Aset	✓	X	X
Edit Data Aset	✓	✓	X
Manajemen Data Lokasi	✓	X	X
Manajemen Data Pengguna	✓	X	X
Input Scan RFID	✓	✓	X
Input Penilaian Aset	✓	✓	X
Lihat Ranking Pemeliharaan	✓	X	✓
Input Pemeliharaan Aset	✓	X	X
Melihat dan Ekspor Laporan	✓	X	✓

**Tabel 12.** Rekap Hasil Pengujian Sistem.

No	Modul yang Diuji	Jumlah Kasus Uji	Berhasil	Gagal	Persentase
1	Autentikasi (Login, Logout, Akses Role)	6	6	0	100%
2	Dashboard	9	9	0	100%
3	Kelola Data Aset	18	18	0	100%
4	Kelola Data Pengguna	13	13	0	100%
5	Kelola Data Lokasi	10	10	0	100%
6	Scan RFID	5	5	0	100%
7	Input Scan RFID Manual	4	4	0	100%
8	Input Scan RFID Massal (Bulk)	8	8	0	100%
9	Form Input Penilaian	11	11	0	100%
10	Konsistensi Ranking	5	5	0	100%
11	Pemeliharaan Aset	13	13	0	100%
12	Laporan dan Ekspor	9	9	0	100%
13	Antarmuka dan Responsivitas	10	10	0	100%
	<b>Total</b>	<b>121</b>	<b>121</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>

Berdasarkan Tabel 12, seluruh 121 kasus uji pada 13 modul sistem berhasil dieksekusi dengan persentase keberhasilan 100%, tanpa ditemukan satu pun kasus uji yang gagal. Hasil ini menunjukkan lima aspek kualitas sistem yang telah terpenuhi secara menyeluruh. Pertama,

fungsionalitas sistem berjalan sesuai spesifikasi: seluruh fitur utama mulai dari autentikasi, CRUD data master, pemindaian RFID, penilaian *Fuzzy-MARCOS*, pemeliharaan, hingga ekspor laporan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Kedua, validasi input efektif: sistem berhasil menolak masukan tidak valid pada semua titik validasi, baik di sisi frontend (React) maupun backend (Laravel), termasuk duplikasi kode aset dan ID RFID. Ketiga, logika kalkulasi *Fuzzy-MARCOS* akurat: skor sistem identik dengan kalkulasi manual pada seluruh 5 skenario uji, tanpa selisih nilai. Keempat, integrasi RFID handal: fitur bulk scan mampu menangani berbagai skenario lapangan termasuk tag tidak dikenal dan duplikat, dengan mekanisme database transaction yang menjamin konsistensi data. Kelima, antarmuka responsif dan informatif: sistem menampilkan notifikasi yang tepat, indikator loading, dan tampilan yang adaptif terhadap berbagai ukuran layar dari desktop hingga smartphone. Dengan hasil pengujian ini, sistem dinyatakan layak untuk diimplementasikan di lingkungan Bidang TIK Polda Sumatera Barat.

Secara keseluruhan, hasil yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dan memperkuat temuan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Efisiensi pendataan aset yang dicapai melalui integrasi RFID Handheld Reader konsisten dengan temuan Sarasi et al. (2024) yang melaporkan peningkatan efisiensi inventaris hingga 60% pada sistem RFID-based, serta selaras dengan Yuan et al. (2023) yang membuktikan pengurangan kesalahan pencatatan secara signifikan melalui otomasi identifikasi aset. Adapun kemampuan metode *Fuzzy-MARCOS* dalam menghasilkan peringkat prioritas yang stabil dan akurat (selisih 0,00 terhadap kalkulasi manual) mendukung kesimpulan Bakır & Akan (2023) bahwa *Fuzzy-MARCOS* menghasilkan keputusan yang lebih konsisten dibandingkan metode MCDM tunggal, serta memperkuat argumen Ali et al. (2023) bahwa pendekatan hibrid *Fuzzy-MARCOS* efektif dalam konteks penilaian multi-kriteria yang mengandung ketidakpastian linguistik. Keunggulan utama penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada integrasi kedua komponen tersebut—RFID sebagai akuisisi data fisik dan *Fuzzy-MARCOS* sebagai mesin pengambilan keputusan dalam satu platform terpadu yang dirancang khusus untuk konteks pengelolaan aset BMN di instansi pemerintah, yang sebelumnya belum ditemukan dalam literatur yang dikaji.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan proses perancangan, pembangunan, pengujian, dan evaluasi yang telah dilakukan, penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan. Sistem manajemen aset berbasis web berhasil dirancang dan dibangun menggunakan React.js pada sisi frontend dan Laravel

pada sisi backend dengan MySQL sebagai basis data. Sistem ini mengimplementasikan delapan modul utama yang saling terintegrasi, sehingga mampu mendukung pengelolaan aset TIK di Bidang TIK Polda Sumatera Barat secara digital, terpusat, dan terstruktur, serta menggantikan proses pencatatan manual berbasis spreadsheet yang sebelumnya digunakan.

Metode *Fuzzy-MARCOS* berhasil diimplementasikan sebagai mekanisme perhitungan dalam menentukan prioritas pemeliharaan aset secara objektif dan terukur. Sistem melakukan evaluasi terhadap setiap aset berdasarkan enam kriteria dengan bobot tertentu, kemudian menghasilkan skor dalam rentang 0–100 yang diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat prioritas, yaitu tinggi ( $\geq 70$ ), sedang (45–69), dan rendah ( $< 45$ ). Penerapan logika *Fuzzy* memungkinkan sistem menangani ketidakpastian dan subjektivitas dalam penilaian kondisi aset, sehingga menghasilkan rekomendasi yang lebih objektif dibandingkan metode manual.

Integrasi teknologi RFID *Portable Handheld Reader* ke dalam sistem juga berhasil dilakukan melalui mekanisme pemindaian tunggal (*single scan*) dan pemindaian massal (*bulk scan*). Implementasi ini didukung oleh penggunaan *database transaction*, optimasi kueri seperti *whereIn* dan *keyBy*, serta mekanisme *partial success* yang memastikan proses pemindaian tetap berjalan secara handal di lapangan. Setiap aktivitas pemindaian secara otomatis memperbarui lokasi aset dan mencatat jejak audit digital, sehingga mampu mengatasi permasalahan pelacakan aset yang sebelumnya tidak tersedia secara real-time.

Hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* terhadap 121 kasus uji pada 13 modul sistem menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100%. Selain itu, hasil perhitungan metode *Fuzzy-MARCOS* pada sistem menunjukkan akurasi yang tinggi dengan selisih 0,00 dibandingkan perhitungan manual. Dengan capaian tersebut, sistem dinyatakan layak untuk diimplementasikan di lingkungan Bidang TIK Polda Sumatera Barat sebagai solusi pengelolaan aset yang modern, efisien, transparan, dan berbasis data.

## Saran

Meskipun sistem yang dibangun telah memenuhi tujuan penelitian, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan kebermanfaatannya. Pengembangan ke depan dapat difokuskan pada integrasi dengan sistem resmi pemerintah seperti SIMAK-BMN, SIMAN, atau SAKTI melalui mekanisme sinkronisasi data atau API, sehingga data aset dapat terhubung dengan database nasional. Selain itu, pengembangan aplikasi mobile berbasis Android atau iOS diperlukan untuk mendukung aktivitas petugas lapangan, khususnya dalam pemindaian RFID, input penilaian, dan pengecekan status aset secara lebih fleksibel. Penambahan fitur notifikasi otomatis juga penting

untuk memberikan pengingat terhadap aset dengan prioritas tinggi yang memerlukan tindakan pemeliharaan secara cepat dan proaktif.

Di sisi lain, peningkatan kualitas sistem dapat dilakukan melalui evaluasi dan kalibrasi bobot kriteria pada metode *Fuzzy*-MARCOS menggunakan pendekatan seperti AHP agar lebih representatif terhadap kebutuhan instansi. Pengujian lanjutan seperti *load testing*, *stress testing*, dan *security testing* juga diperlukan untuk memastikan sistem tetap handal dan aman dalam kondisi penggunaan yang intensif. Selain itu, potensi replikasi sistem pada instansi pemerintah lain perlu dikaji dengan mempertimbangkan penyesuaian kriteria, integrasi teknologi RFID, serta kesiapan sumber daya manusia, sehingga sistem ini dapat memberikan kontribusi yang lebih luas dalam mendukung transformasi digital pengelolaan aset publik di Indonesia

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, M. (2025). RFID-based asset tracking in oil and gas operations: Efficiency and safety implications. *Journal of Industrial Operations Technology*, 12(1), 45–62.
- Alamsyah, I. R., & Toar, H. (2022). Pengelolaan Aset Berbasis Website pada Sistem Pendeteksi Aset Berbasis Internet of Things. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 45–52. <https://doi.org/10.30871/jaee.v6i2.4520>
- Ali, Y., Khan, A. U., & Khan, S. (2023). Process safety assessment using a hybrid *Fuzzy*-MARCOS approach: A case of the chemical industry. *Process Safety and Environmental Protection*, 170, 545–558. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.12.036>
- Ameen, D. M., Shareef, M., & Aminifar, S. (2022). Uncertainty handling in big data using *Fuzzy* logic. *Journal of Soft Computing and Data Mining*, 3(1), 12–22. <https://doi.org/10.30880/jscdm.2022.03.01.002>
- Ardiansyah, M. (2022). Penggunaan Long-Range RFID Reader untuk Mempermudah Asset Management System Sekolah. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*. <https://doi.org/10.32493/informatika.v2i3.1444>
- Ashidiqi, R., & Hanafi, M. (2025). RFID-based asset maintenance system in industrial environments. *Journal of Business and Management Sciences*, 9(2), 112–127. <https://al-kindipublishers.org/index.php/jbms/article/view/9864>
- Bakır, M., & Akan, Ş. (2023). Evaluation of e-service quality in the airline industry using the *Fuzzy* MARCOS method. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 6(1), 160–183. <https://doi.org/10.31181/dmame0319062022b>
- BPK RI. (2023). Ikhtisar Hasil Pemeriksaan Semester I Tahun 2023. Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia.
- Chrysafiadi, K., Kontogianni, A., Virvou, M., & Alepis, E. (2025). Enhancing user experience in smart tourism via *Fuzzy* logic-based personalization. *Mathematics*, 13(5), 846. <https://doi.org/10.3390/math13050846>
- Ecer, F., Pamucar, D., Mardani, A., & Alrasheedi, M. (2022). Assessment of renewable energy resources using new interval rough number extension of the MARCOS method.

- Computers & Industrial Engineering, 171, 108424. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108424>
- Fairuzabadi, A., & Afrianto, E. (2025). The role of digital technology in sustainable public asset management in Malang City. *Pangripta Journal*, 9(1), 45–60. <https://doi.org/10.58411/eb5hta18>
- Firmansyah, A. (2024). Analisis efisiensi sistem inventaris manual dan digital pada lembaga publik. *Dinasti International Journal of Digital Business Management*, 5(4), 87–96. <https://dinastipub.org/DIJDBM/article/view/1785>
- Hansen, C. A., Arlitt, R., Eifler, T., & Deininger, M. (2022). Design by Prototyping: Increasing Agility in Mechatronic Product Design through Prototyping Sprints. *Proceedings of the Design Society*, 2, 201–210. <https://doi.org/10.1017/pds.2022.22>
- Ilin, I. V., Trifonova, N. V., & Khusainov, B. D. (2022). Digital transformation in Russian transport companies. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 627, pp. 812–826). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32719-3\\_72](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32719-3_72)
- Juliansyah, R., & Amalia, R. (2025). Evaluasi Digitalisasi Pengelolaan Aset Negara: Studi Aplikasi SIMAN V2. *Simtek: Jurnal Sistem Informasi dan Teknik Komputer*, 10(2), 304–308. <https://ejournal.catursakti.ac.id/index.php/simtek/article/view/1580>
- Junaidi. (2023). Implementasi *Fuzzy* Logic Dengan Metode Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Kinerja Dosen. *Jurnal Information System*, 3(1), 17–27. <https://doi.org/10.61488/jis.v3i1.256>
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 118/PMK.06/2023 tentang Pedoman Pengelolaan Barang Milik Negara. <https://jdih.kemenkeu.go.id/dok/pmk-118-tahun-2023>
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2024). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 120/PMK.06/2024 tentang Pedoman Pengelolaan Barang Milik Negara. <https://jdih.kemenkeu.go.id/dok/pmk-120-tahun-2024/summary>
- Khan, F., & Ali, Y. (2022). Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 24(9), 10695–10716. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02007-6>
- Kharola, S., Ram, M., Mangla, S. K., & Kazancoglu, Y. (2023). Advances in soft computing applications. CRC Press/Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003425885>
- Kumar Behera, R. K., & Beura, S. (2023). Multi-criteria decision making methods: A review. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 10(4), 20114–20121.
- Lubis, M. H. (2023). Efektivitas Tata Kelola Barang Milik Negara (BMN) pada Kantor Kementerian Agama Kota Binjai. *Jurnal Ilmiah Gema Perencana*, 3(1), 45–54.
- Mahendra, A., Kristian, B., & Serliyawati, E. (2024). Penerapan logika *Fuzzy* guna menggali minat dan bakat calon mahasiswa dalam bidang komputer. *MDP Student Conference (MSC)*, 3(1), 18–25. <https://doi.org/10.35957/mdp-sc.v3i1.7263>
- Marfudin, M. (2024). Pengaruh Penatausahaan BMN dan Sistem SAKTI/SIMAN terhadap Akurasi Laporan Aset. *Jurnal Manajemen Bisnis dan Keuangan*, 12(1), 55–67.
- Milošević, M. R., Nikolić, M. M., & Dimić, V. (2025). Enhancing efficiency in sustainable IoT enterprises: Modeling indicators using Pythagorean *Fuzzy* and interval grey approaches. *Sustainability*, 17(15), 7143. <https://doi.org/10.3390/su17157143>

- Nanang, R., Susilawati, C., & Skitmore, M. (2023). Toward a public sector asset optimization strategy: The case of Indonesia. *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 23(4), 812–829.
- Obaid, A. (2024). Using Prototypes in Agile Software Development. *International Journal of Computers and Informatics*. <https://doi.org/10.59992/ijci.2024.v3n2p2>
- Pramoedya, Z. I., Darmawan, B., & Rahman, A. Z. (2024). Perancangan dan Pembuatan Alat Simulator RFID Berbasis Arduino untuk Optimalisasi Inventaris Gudang. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(4), 233–242.
- Prasetyo, A., & Waspada, G. (2023). Penerapan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) dalam Penentuan Prioritas Pengembangan Produk. *Jurnal Sains Komputer & Informatika*, 7(1), 12–20.
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Puška, A., Stević, Ž., & Pamučar, D. (2023). Sustainable supplier selection in the logistics industry: A comparison of the MARCOS method with other MCDM methods. *Sustainability*, 15(4), 3062. <https://doi.org/10.3390/su15043062>
- Salih, Y. A., & Ibrahim, H. Z. (2023). CR-Fuzzy sets and their applications. *Journal of Mathematics and Computer Science*, 28(2), 171–181.
- Salman, M. (2024). Criticality-based management of facility assets. *Journal of Facilities Management*, 22(1), 74–89.
- Santosa, A., Kurniawan, A., & Rahmadana, G. A. (2023). Pengaruh Penerapan SAKTI terhadap Efisiensi dan Akuntabilitas Pelaporan Keuangan Pemerintah. *Economics and Policy Journal*, 8(1).
- Sarasi, V., Chaerudin, R., & Nurfauzia, A. (2024). RFID technology in logistics and warehousing: Inventory efficiency and asset loss reduction. *International Journal of Supply Chain Management*, 13(2), 55–67.
- Sharma, V., Jamwal, A., & Agrawal, R. (2025). A review on digital transformation in healthcare waste management: Applications, research trends, and implications. *Waste Management & Research*, 43(2), 451–465. <https://doi.org/10.1177/0734242X241285420>
- Shull, A. (2024). RFID Handheld Reader applications in industrial asset management: A comprehensive review. *Journal of Industrial Technology*, 40(3), 22–35.
- Tranggana, T. (2024). Evaluasi pengelolaan Barang Milik Negara (BMN): Studi pada penggunaan SIMAN dan SIMAK-BMN. *URA: Jurnal Riset Akuntansi*, 2(2), 85–94. <https://doi.org/10.54066/jura-itb.v2i2.1720>
- Utomo, B. S. (2023). Optimalisasi Barang Milik Negara: Penelitian Konsep Capital Charge dalam Perspektif Peningkatan Efisiensi Penggunaan Aset Pemerintah. *Jurnal Reviu Akuntansi dan Keuangan*, 13(3).
- Wassan, A. N., & Kalwar, M. A. (2025). The role of Logistics 4.0 and Industry 4.0 in promoting sustainable operations and performance. *International Journal of Business Research and Development*, 14(1), 23–37.