

Sistem Informasi Manajemen Aset dan Persediaan Berbasis Web Sebagai Instrumen Akuntabilitas Pengelolaan Barang Milik Negara (*Web-Based Asset and Inventory Management Information System as an Instrument for Accountability in the Management of State-Owned Property*)

Lintang Cahyani Putri¹, Lanto Ningrayati Amali², Indhitya R. Padiku³, Muhammad Rifai Katili⁴,
Alfian Zakaria⁵

^{1,2,3,4,5}Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

lintang_s1sisfo@mahasiswa.ung.ac.id¹, ningrayati_amali@ung.ac.id², indhityapadiku@ung.ac.id³,
mrifaikatili@ung.ac.id⁴, alfian.zakaria@ung.ac.id⁵

Article Info	Abstract
Article history: Received: 13 Juni 2026 Revised: 17 September 2026 Accepted: 22 September 2026 Keywords: Management Information System State-Owned Property Web-Based Accountability Laravel Kata Kunci: Sistem Informasi Manajemen Barang Milik Negara Berbasis Web Akuntabilitas Laravel	This study aimed to design and develop a web-based Asset and Inventory Management Information System named SIPANDU to support accountability in the management of State-Owned Property at the Educational Quality Assurance Center (Balai Penjaminan Mutu Pendidikan/BPMP) of Gorontalo Province. The existing management process for State-Owned Property, which still relied on semi-manual procedures, resulted in reporting delays of up to six months, inaccurate asset data, and administrative inefficiency. The system was developed using the waterfall methodology and implemented in PHP with the Laravel framework, backed by a MySQL database. Requirements analysis was conducted using the PIECES framework, while the system design was modeled using UML. The developed system accommodates eight levels of user access rights and automates loan requests, inventory movement tracking, and the generation of Handover Minutes (Berita Acara Serah Terima/BAST). Unit testing using White Box Testing showed that the critical stock-update function had a Cyclomatic Complexity of six independent paths, all of which passed the tests, while Black Box Testing confirmed that all 47 functional scenarios passed. Usability testing involving 25 respondents resulted in a System Usability Scale (SUS) score of 85.60, categorized as "Excellent" and "Acceptable." These results indicate that SIPANDU is expected to support a more centralized and traceable process for recording State-Owned Property, although the SUS results should be interpreted as an initial indicator rather than a generalizable finding due to the limitations of the convenience sampling technique used. Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun Sistem Informasi Manajemen Aset dan Persediaan Berbasis Web Sebagai Instrumen Akuntabilitas Pengelolaan Barang Milik Negara bernama SIPANDU pada Balai Penjaminan Mutu Pendidikan (BPMP) Provinsi Gorontalo. Proses pengelolaan barang milik negara yang berjalan saat ini, yang masih mengandalkan prosedur semi-manual, mengakibatkan keterlambatan pelaporan hingga enam bulan, data aset yang tidak akurat, dan inefisiensi administrasi. Sistem dikembangkan menggunakan metodologi <i>waterfall</i>, diimplementasikan dengan bahasa pemrograman PHP melalui framework Laravel, serta didukung oleh basis data MySQL. Analisis kebutuhan dilakukan menggunakan kerangka kerja PIECES, dan desain sistem dimodelkan menggunakan UML. Sistem yang dikembangkan mengakomodasi delapan tingkat hak akses pengguna serta mengotomatisasi permintaan peminjaman, pelacakan mutasi inventaris, dan pencetakan Berita Acara Serah Terima (BAST). Pengujian unit menggunakan <i>White Box Testing</i> menunjukkan bahwa fungsi pembaruan stok yang kritis memiliki <i>Cyclomatic Complexity</i> sebesar enam jalur independen, yang seluruhnya lulus pengujian, sedangkan pengujian <i>Black Box</i> mengonfirmasi bahwa seluruh 47 skenario fungsional mencapai status lulus. Pengujian usabilitas yang melibatkan 25 responden menghasilkan skor <i>System Usability Scale</i> (SUS) sebesar 85,60, yang dikategorikan sebagai 'Excellent' dan 'Acceptable'. Hasil ini mengindikasikan bahwa SIPANDU

diharapkan mampu mendukung proses pencatatan barang milik negara yang lebih terpusat dan dapat ditelusuri, meskipun hasil SUS tersebut perlu dibaca sebagai indikator awal, bukan sebagai generalisasi, mengingat keterbatasan teknik *convenience sampling* yang digunakan.

Corresponding Author:

Lintang Cahyani Putri
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
lintang_s1sisfo@mahasiswa.ung.ac.id

1. PENDAHULUAN

Barang Milik Negara (BMN) merupakan aset strategis yang wajib dikelola secara akuntabel, tertib administrasi, dan terdokumentasi dengan baik sebagaimana diamanatkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara. Pengelolaan BMN yang tertata tidak hanya mendukung transparansi dan akuntabilitas instansi pemerintah, tetapi juga menjadi landasan bagi efisiensi penggunaan sumber daya negara. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penatausahaan BMN pada berbagai instansi pemerintah masih menghadapi kendala, terutama terkait pencatatan manual serta kurang optimalnya pengelolaan dan adopsi sistem informasi (Ni'mah et al., 2024; Ramdany & Setiawati, 2021). Kondisi tersebut berdampak pada menurunnya kualitas pengelolaan data aset dan persediaan, serta menimbulkan hambatan dalam pengambilan keputusan pengelolaan aset.

Kementerian Keuangan telah menyediakan platform Sistem Aplikasi Keuangan Tingkat Instansi (SAKTI) dan Sistem Informasi Manajemen Aset Negara (SIMAN) sebagai sarana pencatatan BMN di lingkungan kementerian/lembaga (Wibowo, 2025). Meskipun demikian, sejumlah kajian menunjukkan bahwa cakupan fungsional kedua *platform* tersebut belum sepenuhnya menjangkau seluruh kegiatan operasional pengelolaan aset secara menyeluruh (Firmansyah, 2024). Keterbatasan ini diperkuat oleh temuan bahwa implementasi sistem informasi manajemen aset pada instansi pemerintah kerap terkendala pada aspek kompetensi sumber daya manusia, proses bisnis yang belum terdigitalisasi secara penuh, serta minimnya integrasi antarunit kerja (Ni'mah et al., 2024).

Pada Balai Penjaminan Mutu Pendidikan (BPMP) Provinsi Gorontalo, penatausahaan BMN secara formal telah dijalankan melalui SAKTI dan SIMAN, tetapi kedua platform tersebut pada praktiknya hanya digunakan untuk mencatat transaksi pengadaan dan penghapusan barang dengan jadwal input berkala, yaitu satu kali dalam setahun untuk aset tetap dan dua hingga tiga kali dalam setahun untuk barang persediaan, bergantung pada ketersediaan anggaran. Sementara itu, aktivitas operasional harian, seperti peminjaman barang dan gedung, permintaan persediaan, pembaruan kondisi aset, serta mutasi perpindahan aset antarruangan, masih dijalankan secara manual melalui buku catatan, formulir fisik, dan *Google Form*. Kondisi ini menimbulkan sejumlah kendala nyata, antara lain tingkat kesalahan pencatatan (*human error*) yang tinggi, keterlambatan pelaporan yang dapat berlangsung dari satu minggu hingga enam bulan, hilangnya riwayat mutasi karena perpindahan barang yang tidak selalu dilaporkan, serta birokrasi permohonan yang dinilai lambat dan kurang transparan oleh pegawai. Ketiadaan dokumen legal formal seperti Berita Acara Serah Terima (BAST) atau Surat Perjanjian Peminjaman yang tercetak otomatis turut menyebabkan tidak adanya dasar hukum bagi instansi untuk menuntut penggantian apabila terjadi kerusakan aset.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan rancang bangun sistem informasi manajemen aset yang mampu mengoptimalkan proses-proses yang masih berjalan secara manual. Penelitian oleh Amin et al. (2025) menunjukkan bahwa sistem informasi berbasis web dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan aset, mempercepat proses administrasi, dan meningkatkan reliabilitas data inventaris. Digitalisasi pengelolaan BMN juga sejalan dengan arah kebijakan nasional melalui Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE), dan sejumlah kajian menunjukkan bahwa digitalisasi berpotensi meningkatkan kualitas, efisiensi, dan transparansi pelayanan publik dengan menyederhanakan prosedur birokrasi (Renanda & Rosidin, 2025). Atas dasar itu, penelitian ini merancang dan membangun Sistem Informasi Manajemen Aset dan Persediaan berbasis web dengan nama SIPANDU sebagai instrumen akuntabilitas pengelolaan Barang Milik Negara di lingkungan BPMP Provinsi Gorontalo, sekaligus menempatkan sistem sebagai lapis pra-validasi data sebelum direkap ke SAKTI dan SIMAN.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana rancang bangun sistem informasi manajemen aset dan persediaan berbasis web sebagai instrumen akuntabilitas pengelolaan Barang Milik Negara dapat diwujudkan di BPMP Provinsi Gorontalo. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem tersebut dengan fitur yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, sekaligus menguji kelayakan teknis dan tingkat penerimaan penggunaannya. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengembangan sistem berbasis web menggunakan metode *Waterfall*, dengan bahasa pemrograman PHP *framework* Laravel dan basis data MySQL, yang mengakomodasi delapan tingkat hak akses pengguna, yaitu Operator, Admin Aset Tetap, Admin Persediaan, Admin Sarpras, Kasubag Umum, Kepala BPMP, Pegawai, dan Tamu (pihak eksternal), dengan fitur bagi Tamu dibatasi pada pengajuan peminjaman tanpa mencakup mekanisme pembayaran di dalam sistem. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi bagi kajian digitalisasi pengelolaan BMN pada tingkat satuan kerja pemerintah; secara praktis, sistem yang dihasilkan

diharapkan mempermudah pemantauan aset, mempercepat proses peminjaman dan permintaan persediaan, serta mengurangi risiko kesalahan pencatatan aset dan persediaan di BPMP Provinsi Gorontalo.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kantor Balai Penjaminan Mutu Pendidikan (BPMP) Provinsi Gorontalo yang beralamat di Jalan Dr. Zainal Umar Sidiki, Tunggulo, Kecamatan Tilongkabila, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Penelitian berlangsung selama enam bulan, yaitu dari Maret sampai dengan September 2026, yang meliputi tahap observasi awal, studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data dan pengembangan sistem, hingga penyusunan laporan penelitian.

2.2 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terapan (*applied research*) dengan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang berorientasi pada penciptaan produk teknologi untuk menjawab dinamika operasional instansi pemerintah. Rancangan penelitian dibagi menjadi tiga fase yang saling berkesinambungan. Fase pertama, pra-pengembangan, mencakup observasi awal dan studi literatur untuk memetakan kondisi riil serta landasan teori pendukung, dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui wawancara dan pengamatan langsung terhadap proses bisnis yang berjalan di BPMP Provinsi Gorontalo. Fase kedua, pengembangan sistem, dilaksanakan menggunakan metode Waterfall secara linear dan terstruktur, meliputi analisis kebutuhan dengan instrumen PIECES, perancangan sistem menggunakan UML dan desain basis data, hingga pengkodean program menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL. Fase ketiga, pasca-pengembangan, difokuskan pada pengujian kualitas sistem secara berlapis, dimulai dari pengujian teknis internal (*White-Box Testing*) dan pengujian fungsionalitas (*Black-Box Testing*), kemudian diakhiri dengan pengujian penerimaan pengguna menggunakan *System Usability Scale* (SUS) yang melibatkan 25 responden yakni 1 Kepala BPMP, 1 Kasubag Umum, 1 Operator, 1 Admin Aset Tetap, 1 Admin Persediaan, 1 Admin Sarpras, 1 Tamu, dan 18 Pegawai.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian bersumber dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian melalui observasi terhadap pelaksanaan pengelolaan BMN dan wawancara mendalam bersama pegawai yang terlibat dalam pengelolaan BMN, guna mengetahui kondisi sistem yang berjalan, kendala yang dihadapi, serta kebutuhan pengguna terhadap sistem yang akan dikembangkan. Data sekunder diperoleh dari dokumen internal instansi, seperti standar operasional prosedur pengelolaan BMN dan peraturan terkait, serta dari literatur ilmiah berupa jurnal, buku, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan sistem informasi dan pengelolaan BMN.

2.4 Tahapan Pengembangan Sistem dengan Metode Waterfall

Model *Waterfall* dipilih karena kebutuhan fitur sistem sudah teridentifikasi dengan jelas sejak tahap analisis, sehingga perubahan kebutuhan pada tahap pengembangan dapat diminimalkan, selain itu metode *waterfall* juga memiliki tahapan yang sistematis dan berurutan. Sommerville (2011) menjelaskan beberapa tahapan pengembangan sistem menggunakan metode *waterfall* sebagai berikut:

- a. **Analisis Kebutuhan (*Requirements Definition*):** Tahap identifikasi kebutuhan sistem dan pengguna, dimulai dari pemetaan proses bisnis berjalan menggunakan *Cross Functional Flowchart* (CFF), dilanjutkan dengan analisis PIECES (*Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, Service*) untuk mengevaluasi kelemahan sistem lama, dan diakhiri dengan identifikasi aktor serta kebutuhan fungsional sistem usulan.
- b. **Desain Sistem dan Perangkat Lunak (*System and Software Design*):** Tahap penerjemahan hasil analisis kebutuhan ke dalam pemodelan *Unified Modeling Language* (UML) berupa *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Sequence Diagram*, dilanjutkan dengan perancangan basis data dan antarmuka pengguna.
- c. **Implementasi dan Pengujian Unit (*Implementation and Unit Testing*):** Tahap penerjemahan hasil desain ke dalam kode program menggunakan bahasa PHP framework Laravel dan basis data MySQL, dilanjutkan dengan pengujian unit menggunakan *White-Box Testing* untuk memeriksa struktur logika internal, serta *Black-Box Testing* untuk memverifikasi kesesuaian fungsional antarmuka dengan spesifikasi kebutuhan.
- d. **Integrasi dan Pengujian Sistem (*Integration and System Testing*):** Tahap penggabungan seluruh unit program menjadi satu sistem utuh, kemudian diuji dari sisi pengalaman pengguna akhir menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS). Pengambilan sampel menggunakan teknik *convenience sampling* didasarkan pada ketersediaan dan kesediaan responden saat pengujian berlangsung di lapangan yang kemudian melibatkan 25 responden yang mewakili seluruh peran (*role*) pengguna sistem, terdiri atas 1 Kepala BPMP, 1 Kasubag Umum, 1 Operator, 1 Admin Aset Tetap, 1 Admin Persediaan, 1 Admin Sarpras, 1 Tamu, dan 18 Pegawai.
- e. **Operasi dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance*):** Tahap penyerahan sistem kepada instansi untuk digunakan dalam operasional sehari-hari, disertai rencana pemeliharaan korektif, perfektif, dan adaptif untuk menjaga stabilitas sistem dalam jangka panjang.

2.5 Perangkat Penelitian

Pengembangan sistem dilakukan menggunakan perangkat keras berupa laptop dengan prosesor Intel Core i5-12500H, RAM 8 GB, dan penyimpanan 477 GB. Perangkat lunak yang digunakan meliputi sistem operasi Windows 11, editor kode Visual Studio Code, bahasa pemrograman PHP dengan framework Laravel, sistem manajemen basis data MySQL, perangkat perancangan antarmuka Figma yang diimplementasikan menggunakan framework CSS Tailwind, peramban Google Chrome, serta draw.io sebagai alat pemodelan sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa sistem informasi manajemen aset dan persediaan berbasis web bernama SIPANDU yang akan digunakan sebagai instrumen akuntabilitas pengelolaan Barang Milik Negara berbasis web yang dikembangkan menggunakan *framework* Laravel sebagai *backend* dan MySQL sebagai sistem manajemen basis data. Pembahasan pada bagian ini disusun mengikuti lima tahapan metode *Waterfall* yang digunakan, yaitu analisis kebutuhan, desain sistem dan perangkat lunak, implementasi dan pengujian unit, integrasi dan pengujian sistem, serta operasi dan pemeliharaan.

3.1 Analisis Kebutuhan (*Requirements Definition*)

3.1.1 Analisis Sistem Berjalan

Analisis terhadap sistem berjalan di BPMP Provinsi Gorontalo dilakukan melalui wawancara mendalam bersama pengelola BMN dan pegawai, serta observasi langsung terhadap alur kerja operasional. Hasil analisis menunjukkan bahwa penatausahaan BMN secara formal telah didukung oleh SAKTI dan SIMAN, tetapi input data pada modul aset tetap hanya dilakukan satu kali dalam setahun, sedangkan transaksi persediaan dilakukan dua hingga tiga kali dalam setahun. Sementara itu, pencatatan transaksi pada level operasional harian, termasuk peminjaman barang, peminjaman gedung, permintaan persediaan, pembaruan kondisi aset, dan mutasi lokasi barang antarruangan, masih dijalankan secara manual sebelum direkap ke SAKTI dan SIMAN. Alur birokrasi peminjaman melibatkan beberapa tahapan manual, mulai dari pengajuan melalui dokumen fisik oleh pegawai atau Google Form oleh pihak eksternal, hingga validasi oleh pihak penyetuju (*approver*). Ketergantungan pada pencatatan manual dan Google Form ini menimbulkan celah administratif, karena pengelola BMN kerap tidak memperoleh informasi terkini mengenai mutasi barang sehingga data lokasi barang menjadi tidak akurat dan menghambat proses inventarisasi berkelanjutan.

3.1.2 Analisis Metode PIECES

Analisis PIECES digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan sistem berjalan dan merumuskan spesifikasi sistem usulan pada enam aspek, yaitu *Performance* (kinerja), *Information* (informasi), *Economy* (ekonomi), *Control* (pengendalian), *Efficiency* (efisiensi), dan *Service* (pelayanan) (Wahab et al., 2024). Ringkasan hasil analisis PIECES disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Analisis PIECES pada Sistem Berjalan dan Sistem Usulan

Aspek	Sistem Berjalan	Sistem Usulan (SIPANDU)
<i>Performance</i>	Input SAKTI/SIMAN hanya 1–3 kali per tahun; pencatatan harian manual; keterlambatan pelaporan 1 minggu s.d. 6 bulan.	Pencatatan operasional harian dilakukan secara <i>real-time</i> sebagai lapis pra-validasi sebelum direkap ke SAKTI/SIMAN.
<i>Information</i>	Lokasi dan ketersediaan aset tidak akurat karena mutasi tidak selalu dilaporkan; status peminjaman tidak transparan.	Status persetujuan dan riwayat mutasi ditampilkan secara <i>real-time</i> pada <i>dashboard</i> pengguna.
<i>Economy</i>	Pemborosan waktu untuk pengecekan fisik manual; biaya cetak dokumen fisik dan formulir.	Efisiensi waktu pengelola dan pengurangan biaya cetak dokumen (<i>paperless</i>).
<i>Control</i>	Pengendalian lemah karena mengandalkan arsip fisik; tidak ada BAST/Surat Perjanjian sebagai dasar hukum ganti rugi.	Kontrol akses berbasis peran (<i>role-based</i>); pencetakan BAST/Surat Perjanjian otomatis sebagai dokumen legalitas.
<i>Efficiency</i>	<i>Human error</i> tinggi; perbaikan data sulit karena harus menelusuri dokumen fisik.	Validasi input otomatis pada satu basis data terpusat; perbaikan data lebih cepat sebelum direkap.
<i>Service</i>	Layanan peminjaman dan distribusi persediaan berjalan lambat; tidak ada prosedur serah terima yang baku.	Layanan mandiri (<i>self-service</i>) daring dan prosedur serah terima yang lebih tertata.

3.1.3 Kebutuhan Fungsional Sistem

Berdasarkan hasil analisis PIECES, dirumuskan sepuluh kebutuhan fungsional utama, yaitu (1) manajemen autentikasi dan hak akses untuk delapan peran pengguna; (2) pengelolaan data master aset tetap; (3) pengelolaan data master persediaan; (4) manajemen transaksi barang masuk dan keluar; (5) pelacakan mutasi dan perpindahan BMN antarruangan; (6) alur pengajuan peminjaman barang dan kendaraan; (7) alur pengajuan pengembalian barang dan kendaraan; (8) reservasi dan peminjaman gedung/fasilitas bagi pihak eksternal; (9) mekanisme verifikasi dan persetujuan berjenjang oleh Kasubag Umum; serta (10) monitoring dan pelaporan terpadu bagi Kepala BPMP. Kebutuhan tersebut kemudian dipetakan ke masing-masing peran pengguna sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Fungsional Sistem Berdasarkan Peran Pengguna

Peran	Kebutuhan Fungsional Utama
Operator	Autentikasi; mengelola akun pengguna seluruh peran; mengelola data master unit kerja; sekaligus mengelola manajemen API Key

Admin Aset Tetap	Mengelola data master aset tetap, transaksi masuk-keluar, mutasi barang, verifikasiajuan mutasi, peminjaman/pengembalian barang dan kendaraan, serta laporan terkait.
Admin Persediaan	Mengelola data master persediaan, transaksi masuk-keluar persediaan, verifikasi permintaan persediaan, serta laporan terkait.
Admin Sarpras	Mengelola data master gedung, data kerusakan barang, verifikasi peminjaman gedung, serta laporan terkait.
Kasubag Umum	Memverifikasi dan memberikan persetujuan akhir atas seluruhajuan peminjaman/permintaan yang diteruskan oleh admin terkait.
Pegawai	Mengajukan peminjaman dan pengembalian barang/kendaraan, permintaan persediaan, dan pelaporan mutasi barang.
Tamu (eksternal)	Mengajukan reservasi peminjaman gedung/fasilitas.
Kepala BPMP	Melihat dan mengunduh seluruh laporan pengelolaan BMN secara terpadu.

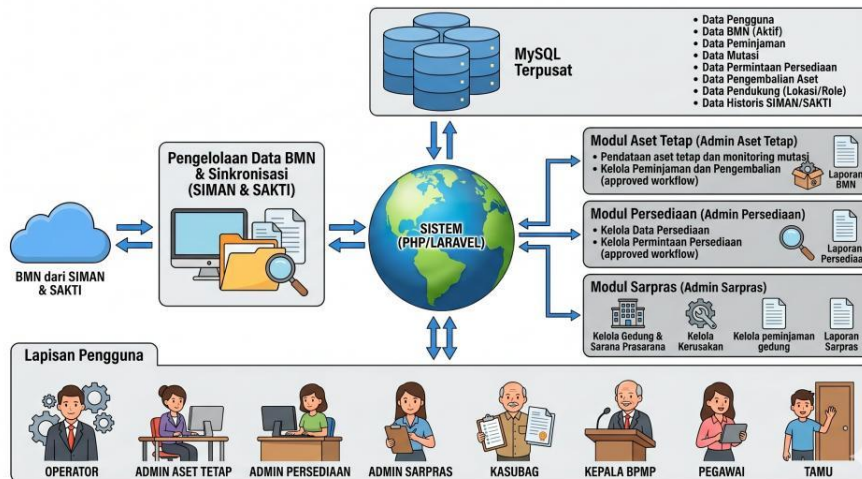
3.1.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi entitas-entitas utama yang menjadi dasar perancangan basis data, meliputi data pengguna, data aset tetap, data persediaan, data gedung, data mutasi barang, data peminjaman barang, data peminjaman kendaraan, data peminjaman gedung, data permintaan persediaan, data pengembalian barang, dan data pengembalian kendaraan. Setiap entitas dirancang agar mampu merekam rincian transaksi secara lengkap, termasuk status persetujuan berjenjang dan tautan dokumen legalitas berupa Berita Acara Serah Terima (BAST), sehingga riwayat data dapat ditelusuri kembali tanpa perlu merujuk pada berkas fisik yang terpisah-pisah.

3.2 Desain Sistem dan Perangkat Lunak (System and Software Design)

3.2.1 Arsitektur Sistem

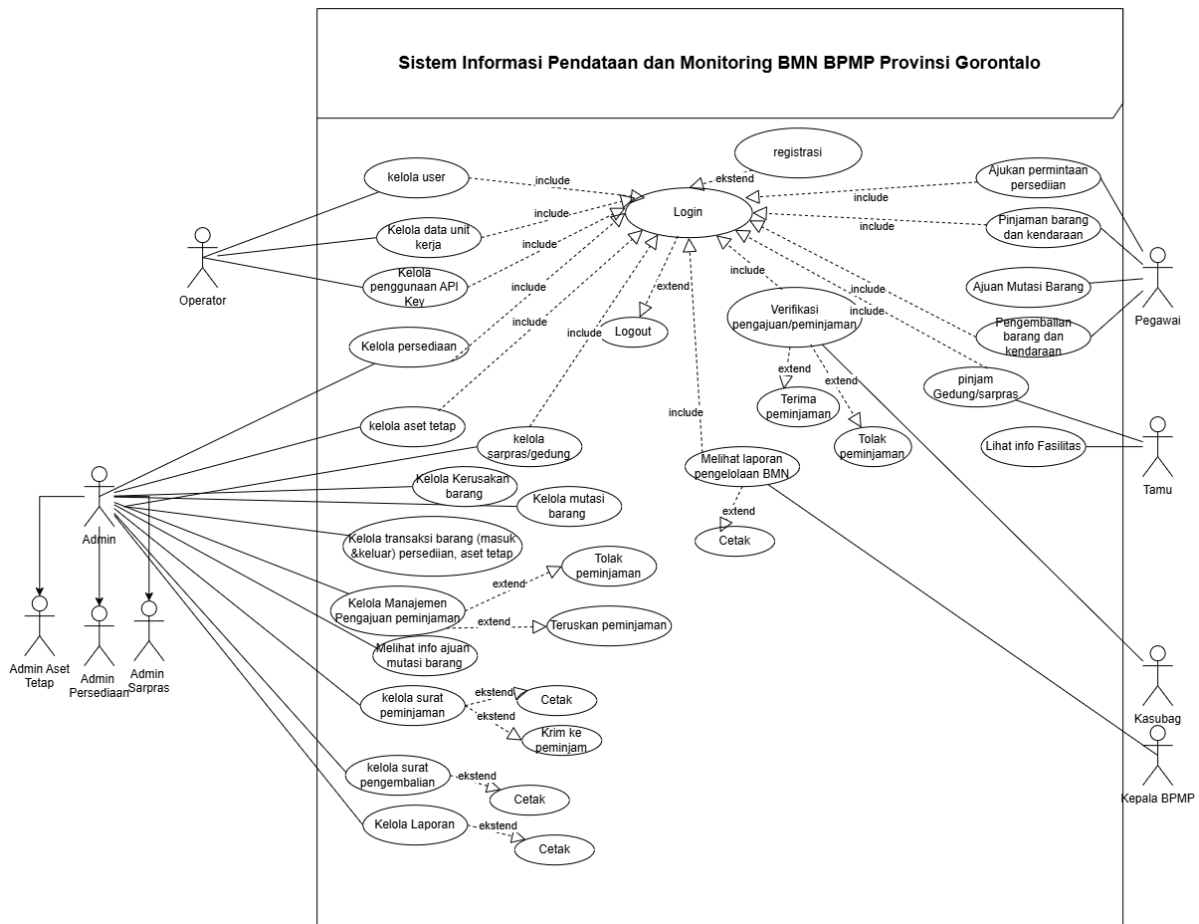
SIPANDU dirancang menggunakan pendekatan arsitektur berlapis (*n-tier architecture*) yang terdiri atas tiga lapisan utama sebagaimana digambarkan pada Gambar 1. Lapisan pengguna (*user layer*) mengatur antarmuka dan membatasi hak akses secara spesifik berdasarkan peran (*role-based access control*) untuk delapan klasifikasi pengguna. Lapisan aplikasi (*application layer*) menggunakan *framework* Laravel sebagai pusat logika bisnis yang memproses seluruh fungsionalitas sistem, mencakup pengelolaan data BMN, alur kerja peminjaman dan permintaan persediaan, pelaporan, serta pemantauan mutasi aset secara *real-time*. Lapisan data (*data layer*) menggunakan sistem manajemen basis data MySQL terpusat untuk menyimpan dan memelihara seluruh entitas data guna menjaga konsistensi dan akurasi.



Gambar 1. Arsitektur Sistem SIPANDU

3.2.2 Pemodelan Use Case

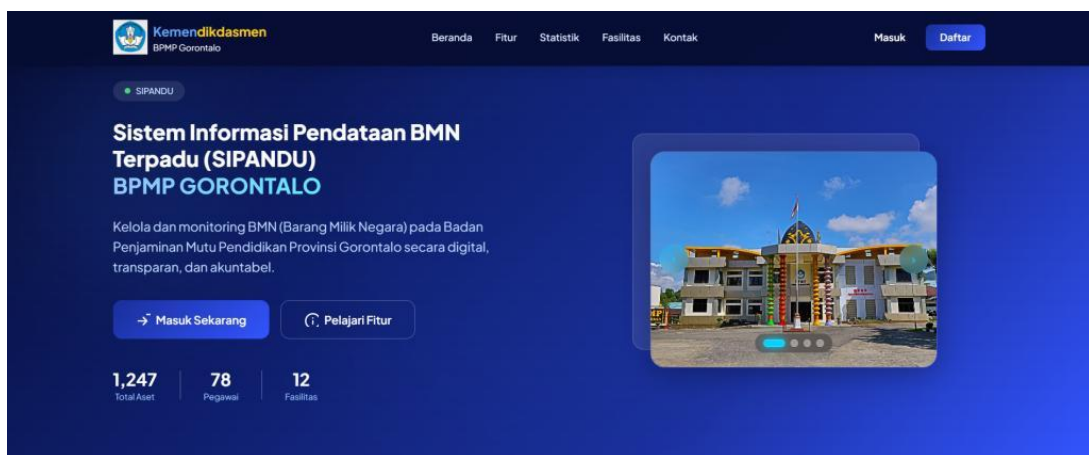
Interaksi antara delapan aktor dengan sistem digambarkan melalui *Use Case Diagram* pada Gambar 2. Operator berwenang mengelola akun pengguna, data unit kerja sekaligus manajemen penggunaan API Key Sipandu; Admin Aset Tetap mengelola data master aset tetap, transaksi masuk-keluar, mutasi barang, serta verifikasi peminjaman barang dan kendaraan; Admin Persediaan mengelola data master dan transaksi persediaan serta permintaan persediaan pegawai; Admin Sarpras mengelola data gedung, kerusakan barang, dan peminjaman gedung; Kasubag Umum memverifikasi seluruh pengajuan yang diteruskan oleh admin terkait; Pegawai mengajukan peminjaman, permintaan persediaan, dan pelaporan mutasi barang; Tamu mengajukan peminjaman gedung; serta Kepala BPMP memantau laporan pengelolaan BMN secara terpadu.



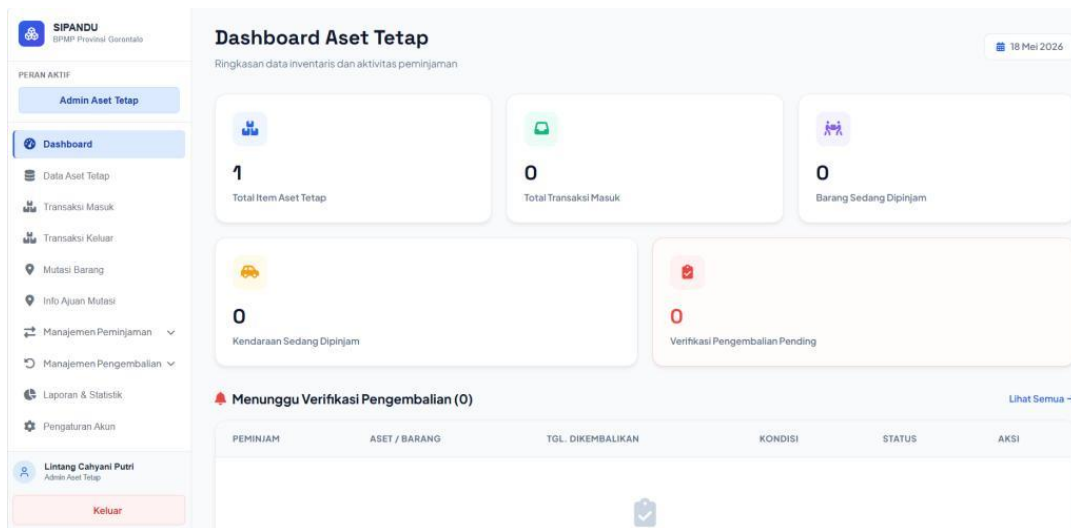
Gambar 2. Use Case Diagram SIPANDU

3.2.3 Rancangan Antarmuka

Rancangan antarmuka pengguna dibuat menggunakan Figma sebelum diimplementasikan menggunakan *framework* CSS Tailwind. Halaman *landing page* (Gambar 3) menyajikan informasi publik berupa profil sistem serta ringkasan jumlah aset dan fasilitas BPMP Gorontalo. Halaman *dashboard* dirancang khusus untuk masing-masing peran pengguna dan menampilkan ringkasan metrik operasional, seperti jumlah item aset, transaksi masuk, barang yang sedang dipinjam, dan status verifikasi pengembalian yang tertunda (Gambar 4), sehingga pengguna dapat memantau kondisi terkini tanpa perlu membuka setiap modul secara terpisah.



Gambar 3. Tampilan Landing Page SIPANDU



Gambar 4. Tampilan Dashboard Admin Aset Tetap

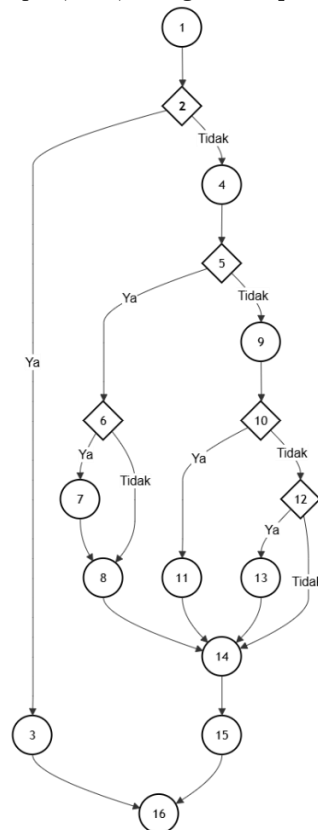
3.3 Implementasi dan Pengujian Unit (*Implementation and Unit Testing*)

3.3.1 Implementasi Modul Sistem

Hasil desain diterjemahkan ke dalam kode program menggunakan PHP *framework* Laravel dan basis data MySQL. Implementasi dilakukan secara bertahap per unit fungsi, mencakup modul autentikasi dan manajemen pengguna, modul pengelolaan data master aset tetap dan persediaan (dilengkapi fitur impor data massal dari berkas Excel untuk sinkronisasi dengan SIMAN dan SAKTI), modul transaksi masuk-keluar dan mutasi barang, modul pengajuan dan verifikasi peminjaman/pengembalian barang, kendaraan, dan gedung, serta modul pelaporan yang dapat diekspor ke format PDF dan Excel.

3.3.2 *White-Box Testing*

Pengujian *white-box* difokuskan pada fungsi `updateTransaksiKeluar` pada pengendali (*controller*) admin persediaan, yang dipilih karena kompleksitas percabangan logikanya yang relatif tinggi dan perannya dalam menjaga integritas data terkait kalkulasi pengembalian, pemotongan, dan validasi mutasi stok barang. Struktur logika fungsi tersebut dipetakan ke dalam *Control Flow Graph* (CFG) sebagaimana pada Gambar 5.



Gambar 5. *Control Flow Graph* (CFG) Fungsi Update Transaksi Keluar

Nilai *Cyclomatic Complexity* dihitung menggunakan rumus McCabe, yaitu $V(G) = E - N + 2$, dengan E sebanyak 20 tepi (*edge*) dan N sebanyak 16 simpul (*node*), sehingga diperoleh $V(G) = 20 - 16 + 2 = 6$. Nilai tersebut menunjukkan

bahwa fungsi ini memiliki enam jalur independen yang perlu diuji untuk mencakup seluruh alur logika program. Hasil pengujian terhadap keenam jalur tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *White-Box Testing* pada Fungsi Update Transaksi Keluar

ID Test	Skenario Pengujian	Jalur (Path)	Status
TC-01	Jumlah keluar melebihi sisa stok fisik persediaan.	1 → 2 → 3 → 16	<i>Passed</i>
TC-02	Mengganti jenis barang; master stok lama masih tersedia di basis data.	1 → 2 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 14 → 15 → 16	<i>Passed</i>
TC-03	Mengganti jenis barang; master stok lama sudah terhapus di basis data.	1 → 2 → 4 → 5 → 6 → 8 → 14 → 15 → 16	<i>Passed</i>
TC-04	Barang sama, mengurangi angka jumlah barang keluar.	1 → 2 → 4 → 5 → 9 → 10 → 11 → 14 → 15 → 16	<i>Passed</i>
TC-05	Barang sama, menambah angka jumlah barang keluar.	1 → 2 → 4 → 5 → 9 → 10 → 12 → 13 → 14 → 15 → 16	<i>Passed</i>
TC-06	Barang sama, angka jumlah keluar tetap (hanya keterangan/tanggal berubah).	1 → 2 → 4 → 5 → 9 → 10 → 12 → 14 → 15 → 16	<i>Passed</i>

Keenam jalur pengujian pada Tabel 3 memperoleh status "Passed", yang mengindikasikan bahwa struktur logika penambahan dan pengurangan stok barang pada fungsi tersebut berjalan sesuai dengan rancangan tanpa ditemukan kesalahan logika pada jalur-jalur yang diuji.

3.3.3 *Black-Box Testing*

Pengujian *black-box* difokuskan pada evaluasi fungsionalitas antarmuka pengguna untuk memastikan kesesuaian keluaran sistem dengan spesifikasi kebutuhan, tanpa menelaah struktur kode (Shadiq et al., 2021). Pengujian dilakukan terhadap 47 skenario yang mencakup sembilan kelompok modul fungsional, sebagaimana direkapitulasi pada Tabel 4.

Tabel 4. Rincian Skenario Pengujian *Black-Box Testing*

No	Fungsi yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan (Status: Lulus)
Modul Autentikasi dan Otorisasi			
1	Registrasi berhasil	Mengisi form registrasi lengkap dan valid.	Data tersimpan, diarahkan ke halaman login dengan pesan sukses.
2	Validasi username duplikat	Memasukkan username yang sudah terdaftar.	Sistem menolak dan menampilkan pesan "Username sudah digunakan".
3	Validasi password mismatch/kolom kosong	Mengosongkan kolom wajib atau konfirmasi password tidak cocok.	Pendaftaran gagal, muncul peringatan wajib isi/tidak cocok.
4	Login berhasil (semua <i>role</i>)	Username dan password valid dan terdaftar.	Diarahkan ke <i>dashboard</i> sesuai <i>role</i> .
5	Login gagal (kredensial salah)	Password salah atau format email salah.	Akses ditolak, muncul pesan "kredensial tidak cocok".
6	Logout	Menekan tombol logout.	Sesi berakhir, diarahkan ke halaman login.
Modul Master Data dan Pengguna (Operator)			
7	Data pengguna (CRUD)	Input nama, email unik, password, <i>role</i> valid.	Data pengguna baru tersimpan dan tampil di tabel manajemen user.
8	Data unit kerja (CRUD)	Input nama unit kerja dan lokasi.	Data unit kerja tersimpan.
Modul Manajemen Aset Tetap dan Mutasi (Admin Aset Tetap)			
9	Impor data Excel aset tetap	Unggah berkas .xlsx sesuai templat.	Ratusan data aset berhasil diimpor massal tanpa error.
10	Validasi format impor Excel	Unggah berkas .pdf atau Excel dengan header rusak.	Sistem menolak dan menampilkan pesan error validasi.
11	Transaksi masuk (barang baru)	Input data barang baru.	Tersimpan di histori transaksi masuk dan Master Aset Tetap berstatus 'Tersedia'.

12	Transaksi keluar (penghapusan aset)	Pilih barang status 'Tersedia', isi nomor SK penghapusan.	Status aset berubah 'Keluar' (soft disposal).
13	Tambah mutasi barang (CRUD)	Pilih aset, lokasi awal-tujuan, tanggal mutasi.	Data mutasi tersimpan, lokasi aset otomatis berubah.
14	Hapus mutasi barang (rollback)	Klik hapus pada riwayat mutasi.	Histori terhapus, lokasi aset otomatis kembali ke lokasi awal.
15	Setujui/tolak ajuan mutasi pegawai	Admin merespons form ajuan mutasi.	Ajuan disetujui (pindah lokasi) atau ditolak (dihapus dari daftar).
Modul Manajemen Persediaan (Admin Persediaan)			
16	Impor data Excel persediaan	Unggah berkas .xlsx templat persediaan.	Data persediaan massal berhasil ditambahkan.
17	Validasi format impor Excel	Unggah berkas .pdf atau Excel dengan header rusak.	Sistem menolak dan menampilkan pesan error validasi.
18	Transaksi masuk persediaan	Pilih barang, input jumlah stok masuk.	Stok pada Master Persediaan bertambah sesuai jumlah.
19	Transaksi keluar (validasi sisa stok)	Input jumlah keluar melebihi sisa stok.	Sistem menolak dan menampilkan "stok tidak mencukupi".
20	Verifikasi permintaan persediaan	Menyetujui permintaan pegawai (sebagian/penuh).	Stok disiapkan, ajuan diteruskan ke Kasubag.
21	Penolakan permintaan persediaan	Klik tolak dan input alasan.	Status 'Ditolak', stok tidak berkurang, alasan tampil ke pegawai.
22	Unggah & cetak surat BAST persediaan	Unggah/generate otomatis dokumen serah terima.	Dokumen tersimpan, tautan unduh tampil di sisi pemohon.
Modul Sarana dan Prasarana (Admin Sarpras)			
23	Peminjaman gedung (cek jadwal bentrok)	Input tanggal yang sudah dibooking pihak lain.	Sistem mendeteksi bentrok dan menolak ajuan.
24	Persetujuan/penolakan peminjaman gedung	Klik setuju/tolak beserta catatan.	Status berubah, diteruskan ke Kasubag atau dikembalikan ke user.
25	Unggah & cetak surat BAST gedung	Unggah berkas (maks. 2 MB) atau cetak langsung.	Surat persetujuan pemakaian tersimpan dan dapat diakses tamu.
26	Pelaporan kerusakan	Unggah gambar bukti kerusakan (.jpg/.png, maks. 2 MB).	Laporan masuk; format salah otomatis ditolak.
Modul Peminjaman dan Pengembalian Barang/Kendaraan			
27	Pengajuan peminjaman barang (pegawai)	Pilih barang, tanggal pinjam, deskripsi peruntukan.	Status ajuan 'Pending', notifikasi terkirim ke admin.
28	Peminjaman kendaraan dinas (pegawai)	Pilih kendaraan, rentang tanggal, keperluan.	Ajuan masuk, menunggu review admin.
29	Review ajuan (diteruskan ke Kasubag)	Admin memverifikasi ketersediaan dan meneruskan.	Status 'Diteruskan ke Kasubag', notifikasi terkirim.
30	Penolakan peminjaman (admin)	Klik tolak dan input alasan.	Status 'Ditolak', alasan tampil di <i>dashboard</i> pegawai.
31	Unggah & cetak surat BAST barang/kendaraan	Unggah/generate otomatis dokumen BAST.	Berkas tersimpan, tombol unduh tampil di sisi peminjam.
32	Pengembalian kendaraan (pegawai)	Isi form kondisi (baik/rusak).	Masuk antrean verifikasi pengembalian di sisi admin.
33	Verifikasi pengembalian kendaraan/barang	Admin memverifikasi laporan sebagai 'Diterima'.	Status 'Selesai', aset/kendaraan kembali 'Tersedia'.
Modul Verifikasi dan Persetujuan Akhir (Kasubag Umum)			
34	Persetujuan akhir peminjaman barang	Kasubag meninjau ajuan, klik setuju/tolak.	Status final 'Disetujui' (barang 'Dipinjam') atau 'Ditolak'.

35	Persetujuan akhir peminjaman kendaraan	Kasubag meninjauajuan kendaraan.	Status ‘Disetujui’, surat izin/BAST dapat dicetak.
36	Persetujuan akhir peminjaman gedung	Kasubag memberikan keputusan akhir.	Jadwal gedung terkunci resmi untuk penyewa yang disetujui.
37	Persetujuan akhir permintaan persediaan	Kasubag meninjau permintaan yang telah diverifikasi admin.	Status ‘Disetujui’, sistem memotong sisa stok di master data.
Modul Pelaporan (Kepala BPMP dan Admin)			
38	Filter laporan	Pilih rentang tanggal awal-akhir.	Tabel laporan menampilkan data sesuai rentang waktu.
39	Ekspor dokumen ke PDF	Klik ‘Cetak PDF’/‘Download Surat BA’.	Berkas .pdf terunduh dengan format rapi.
40	Ekspor data laporan ke Excel	Klik ‘Export Excel’ pada tabel laporan.	Berkas .xlsx terunduh dengan kolom data sesuai.
Modul Pengaturan Akun dan Profil (Semua Role)			
41	Update profil & unggah tanda tangan	Input nama/email baru, unggah citra tanda tangan (maks. 2 MB).	Profil diperbarui; citra tersimpan untuk auto-generate BAST.
42	Ubah password (validasi sukses)	Password lama benar, password baru sesuai konfirmasi.	Password berhasil diubah, muncul pesan sukses.
43	Ubah password (validasi gagal)	Password lama salah atau konfirmasi tidak sama.	Sistem menolak, muncul peringatan error validasi.
Modul Manajemen API Key (Operator)			
44	CRUD API Key	Menekan tombol + Buat Key Baru dan melengkapi formulir label serta hak akses (scopes).	Sistem berhasil menerbitkan API Key baru, menampilkan string key pada kotak informasi, serta menambahkannya ke daftar tabel berstatus <i>Aktif</i> .
45	Rotasi API Key	Menekan ikon Rotate pada kolom AKSI untuk entitas key tertentu (misal: SIMAN).	Sistem menampilkan notifikasi “Key [Label] berhasil di-rotate”, membatalkan key lama (HTTP 401), dan menampilkan key baru yang aktif (HTTP 200)
46	Penonaktifan API Key	Menekan ikon jeda kolom AKSI untuk entitas key tertentu (misal: SIMAN).	Sistem mengubah indikator <i>STATUS</i> menjadi <i>Nonaktif</i> dan menolak semua permintaan penarikan data menggunakan key tersebut
47	Reaktivasi API Key	Menekan ikon pemutaran (►) pada kolom AKSI untuk key yang berstatus <i>Nonaktif</i> .	Sistem mengubah <i>STATUS</i> kembali menjadi <i>Aktif</i> dan mengizinkan kembali akses penarikan data melalui API

Seluruh 47 skenario pengujian pada Tabel 4 memperoleh status lulus. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi-fungsi utama sistem, mulai dari autentikasi, pengelolaan data master, transaksi barang, alur persetujuan berjenjang, hingga pencetakan laporan dan dokumen BAST, memberikan keluaran yang sesuai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna yang telah dirumuskan pada tahap analisis kebutuhan.

3.3.4 Interpretasi Hasil Pengujian Unit

Hasil pengujian *white-box* dan *black-box* perlu dimaknai sebagai dua bukti yang saling melengkapi pada tingkat pengujian yang berbeda. Pengujian *white-box* membuktikan bahwa logika internal program pada modul yang kritikal bebas dari kesalahan struktural, sedangkan pengujian *black-box* membuktikan bahwa logika tersebut, ketika berjalan sebagai satu sistem yang utuh, tetap menghasilkan perilaku yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dengan demikian, keandalan sistem tidak hanya diverifikasi dari sisi kebenaran kode, tetapi juga divalidasi dari sisi kesesuaian fungsi terhadap kebutuhan bisnis yang dirumuskan pada tahap analisis kebutuhan.

3.4 Integrasi dan Pengujian Sistem (*Integration and System Testing*)

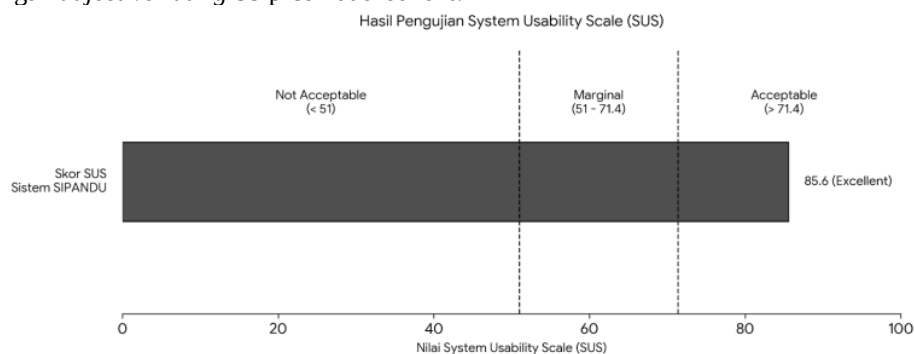
Pengujian pada tahap integrasi difokuskan pada evaluasi tingkat kebergunaan (*usability*) dan penerimaan pengguna akhir menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS) yang terdiri atas sepuluh pernyataan yang disusun bergantian antara kalimat positif (butir ganjil) dan kalimat negatif (butir genap), mengikuti adaptasi bahasa Indonesia

yang telah divalidasi untuk konteks pengujian sistem informasi berbasis web (Mulyodiputro & Ardhana, 2023). Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *convenience sampling* terhadap 25 responden yang mewakili seluruh peran pengguna sistem, terdiri atas 1 Kepala BPMP, 1 Kasubag Umum, 1 Operator, 1 Admin Aset Tetap, 1 Admin Persediaan, 1 Admin Sarpras, 1 Tamu, dan 18 Pegawai. Jumlah responden ini telah melampaui ambang batas minimal 12 hingga 14 responden yang disyaratkan untuk mencapai stabilitas data pada pengujian SUS (Tullis & Stetson, 2004). Format pertanyaan sekaligus hasil rekapitulasi skor pengujian SUS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Rata-Rata Skor *System Usability Scale* (SUS)

No	Pernyataan Instrumen SUS	Jenis	Skor Likert (1–5)	Skor Kontribusi
1	Saya berpikir akan sering menggunakan sistem ini.	Positif	4,72	3,72
2	Saya merasa sistem ini rumit untuk digunakan.	Negatif	1,68	3,32
3	Saya merasa sistem ini mudah untuk digunakan.	Positif	4,80	3,80
4	Saya merasa membutuhkan bantuan teknisi/orang lain untuk dapat menggunakan sistem ini.	Negatif	2,00	3,00
5	Saya merasa fitur-fitur dalam sistem ini berjalan dengan baik.	Positif	4,72	3,72
6	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten dalam sistem ini.	Negatif	1,64	3,36
7	Saya merasa orang lain akan dapat mempelajari sistem ini dengan cepat.	Positif	4,72	3,72
8	Saya merasa aplikasi ini membingungkan.	Negatif	1,32	3,68
9	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan sistem ini.	Positif	4,48	3,48
10	Saya merasa harus belajar banyak hal terlebih dahulu sebelum bisa menggunakan sistem ini.	Negatif	2,56	2,44
Total Rata-Rata Skor Kontribusi (X)				34,24
Skor Akhir SUS Sistem ($X \times 2,5$)				85,60

Berdasarkan Tabel 5, total rata-rata skor kontribusi yang diperoleh dari 25 responden adalah 34,24, yang setelah dikalikan bobot 2,5 menghasilkan skor akhir SUS sebesar 85,60 (Gambar 6). Merujuk pada panduan evaluasi SUS, skor tersebut menempatkan SIPANDU pada rentang penerimaan (*acceptability range*) kategori *acceptable*, berada pada *grade scale* kelas A, dengan *adjective rating* berpredikat *excellent*.



Gambar 6. Grafik Penilaian dan Kategori Acceptability Skor SUS = 85,60

Meskipun demikian, hasil ini perlu dibaca dengan mempertimbangkan keterbatasan metodologis, yaitu teknik *convenience sampling* dengan jumlah responden yang relatif terbatas, yang membuka kemungkinan bias persepsi berupa kecenderungan responden menilai lebih positif terhadap sistem yang baru saja dipelajari dan digunakan dalam waktu terbatas. Oleh karena itu, skor SUS sebesar 85,60 lebih tepat dimaknai sebagai indikator awal mengenai persepsi usability sistem pada tahap pengujian penerimaan, bukan sebagai generalisasi mutlak atas seluruh populasi pengguna potensial di BPMP Provinsi Gorontalo maupun instansi sejenis.

3.5 Rencana Operasi dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance*)

Setelah melewati seluruh tahap pengujian, sistem diserahkan kepada BPMP Provinsi Gorontalo untuk digunakan dalam operasional sehari-hari sesuai dengan kewenangan masing-masing peran, yaitu Operator sebagai pengelola kredensial akun dan data unit kerja, Admin Aset Tetap sebagai penanggung jawab inventaris jangka panjang dan verifikasi peminjaman aset/kendaraan, Admin Persediaan sebagai pengelola sirkulasi barang habis pakai, Admin Sarpras sebagai

pengelola data gedung dan kerusakan sarana, Kasubag Umum sebagai otorisator akhir seluruh pengajuan, Pegawai dan Tamu sebagai pengguna layanan mandiri, serta Kepala BPMP sebagai pengawas manajerial melalui fitur laporan terpadu. Rencana pemeliharaan sistem mencakup tiga jenis tindakan. Pertama, adalah pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) dilakukan untuk memperbaiki kesalahan (*bug*) yang baru terdeteksi setelah sistem digunakan dan tidak teridentifikasi pada tahap sebelumnya. Kedua, peningkatan kinerja (*perfective maintenance*) melakukan evaluasi berkala untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem tanpa merombak fungsionalitas dasarnya. Ketiga, penyesuaian sistem (*adaptive maintenance*) Pemeliharaan ini dirancang sebagai bentuk antisipasi manakala di masa mendatang terjadi perombakan birokrasi, penyesuaian format laporan dari Kementerian pusat, dan adanya integrasi lanjutan dengan aplikasi SIMAN dan SAKTI.

3.6 Pembahasan

Hasil pengembangan dan pengujian sistem SIPANDU yang telah dipaparkan sebelumnya selanjutnya dianalisis lebih mendalam untuk mengonfirmasi keberhasilan rancang bangun dalam menjawab permasalahan pengelolaan BMN di BPMP Provinsi Gorontalo. Bagian pembahasan ini mengulas secara mendalam keterkaitan antara hasil perancangan dan implementasi SIPANDU dengan kondisi operasional di BPMP Provinsi Gorontalo, serta kerangka regulasi BMN. Pembahasan diuraikan ke dalam lima fokus utama sebagai berikut:

- a. Kesesuaian Implementasi terhadap Kebutuhan Operasional. Kesesuaian rancang bangun SIPANDU terhadap kebutuhan operasional dapat ditelaah dari bagaimana kedelapan peran pengguna menjawab persoalan pada sistem berjalan. Pemisahan peran Admin Aset Tetap dari Admin Persediaan mengikuti perbedaan siklus pencatatan kedua jenis BMN pada SAKTI, sehingga periode pencatatan yang berbeda tidak tercampur dalam satu alur kerja. Pada level desain data, relasi antarentitas yang menghubungkan setiap *record* mutasi langsung ke *record* aset asal menjadikan riwayat perpindahan lokasi tercatat secara berjenjang dan dapat ditelusuri kembali, merespons persoalan akurasi data yang pada sistem sebelumnya berisiko menimbulkan kehilangan jejak aset.
- b. Keterkaitan Hasil Implementasi dengan Teori dan Regulasi BMN. Definisi BMN dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2004 Tentang Perbendaharaan Negara diterjemahkan pada tabel aset tetap melalui atribut tanggal dan nilai perolehan, sehingga setiap aset tercatat berdasarkan waktu dan nilai perolehannya secara riil, bukan hanya berdasarkan keberadaan fisik. Meskipun demikian, struktur data yang ada belum secara eksplisit membedakan sumber perolehan barang (pembelian, hibah, atau perjanjian), sehingga diferensiasi jalur pertanggungjawaban antarjenis perolehan belum sepenuhnya terakomodasi pada level basis data. Ditinjau dari siklus penatausahaan pada Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 27 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah juncto Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 28 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah serta PMK Nomor 181/PMK.06/2016 Tentang Penatausahaan Barang Milik Negara yang membagi penatausahaan menjadi pembukuan, inventarisasi, dan pelaporan, fitur SIPANDU berfokus pada tahap penggunaan dan penatausahaan, sejalan dengan kedudukan BPMP sebagai satuan kerja yang tidak memiliki kewenangan penuh untuk memutuskan pemindahtanganan atau pemusnahan aset secara mandiri, karena tahap tersebut memerlukan persetujuan otoritas pengelola kekayaan negara pada tingkat yang lebih tinggi. Fitur pencetakan laporan dan BAST otomatis pada SIPANDU memutus sebagian mata rantai ketergantungan berjenjang antara inventarisasi, pembukuan, dan pelaporan yang sebelumnya menjadi sumber keterlambatan pada sistem manual.
- c. Interpretasi Hasil Pengujian Teknis dan Fungsional. Hasil pengujian unit dan pengujian fungsional perlu dimaknai sebagai dua bukti yang saling melengkapi pada tingkat yang berbeda, bukan sebagai dua rangkaian angka yang berdiri sendiri. Nilai *Cyclomatic Complexity* sebesar 6 pada fungsi *updateTransaksiKeluar* membuktikan bahwa logika internal bebas dari kesalahan struktural pada bagian yang paling rawan kesalahan, sementara keberhasilan 47 skenario *Black-Box Testing* membuktikan bahwa logika tersebut, ketika berjalan sebagai satu sistem utuh, tetap menghasilkan perilaku yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dengan demikian, keandalan sistem diverifikasi dari sisi kebenaran kode maupun kesesuaian fungsi terhadap kebutuhan bisnis yang telah dirumuskan pada tahap analisis kebutuhan.
- d. Interpretasi Hasil Uji *System Usability Scale*. Skor SUS sebesar 85,60 menunjukkan persepsi pengguna yang positif terhadap kemudahan penggunaan dan konsistensi alur kerja sistem. Namun, hasil ini perlu dibaca dengan mempertimbangkan keterbatasan metodologis, yaitu teknik pengambilan sampel yang bersifat *convenience sampling* dengan jumlah responden yang relatif terbatas (25 orang), yang membuka kemungkinan bias persepsi berupa kecenderungan responden menilai lebih positif terhadap sistem yang baru saja dipelajari dalam waktu terbatas. Oleh karena itu, skor tersebut lebih tepat dimaknai sebagai indikator awal yang kuat mengenai persepsi usability pada tahap pengujian penerimaan, bukan sebagai generalisasi mutlak atas seluruh populasi pengguna potensial di BPMP Provinsi Gorontalo maupun instansi sejenis lainnya.
- e. Implikasi dan Keterbatasan Sistem. Secara keseluruhan, temuan-temuan yang ada menunjukkan bahwa penerapan metode *Waterfall* dalam mengembangkan SIPANDU berkontribusi pada perbaikan proses penatausahaan BMN di BPMP Provinsi Gorontalo, karena setiap tahapannya menghasilkan temuan yang dapat ditelusuri dan divalidasi secara terpisah, mulai dari kebutuhan fungsional, desain arsitektur, kode program, hingga hasil pengujian. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, keterbatasan dalam integrasi API dengan aplikasi eksternal. Meskipun sistem telah dilengkapi layanan API (*data provider*), integrasi *real-time* dengan aplikasi nasional seperti SIMAN dan SAKTI belum terwujud akibat

keterbatasan izin akses dari Kementerian. Akibatnya, proses sinkronisasi data saat ini masih mengandalkan mekanisme ekspor-impor berkas secara manual. Kedua, evaluasi usability hanya mengukur persepsi pengguna pada satu titik waktu (*cross-sectional*) menggunakan SUS, tanpa menelaah faktor adopsi teknologi atau niat penggunaan berkelanjutan secara lebih mendalam. Ketiga, fitur tanda tangan pada dokumen BAST masih berupa pengunggahan citra tanpa kriptografi atau sertifikat elektronik sehingga belum dapat dikategorikan sebagai tanda tangan digital dalam pengertian yang sesungguhnya. Keempat, fitur peminjaman gedung bagi pihak eksternal belum terintegrasi dengan *payment gateway*, sehingga pencatatan pemasukan sewa gedung belum berjalan otomatis dan *real-time* di dalam sistem. Keterbatasan-keterbatasan tersebut tidak mengurangi kontribusi utama penelitian ini, tetapi menegaskan bahwa capaian yang diperoleh perlu dibaca sebagai langkah awal yang positif, bukan sebagai penyelesaian akhir atas seluruh persoalan penatausahaan BMN di BPMP Provinsi Gorontalo.

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun, implementasi, dan pengujian yang telah diuraikan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut.

- 1) Penelitian ini berhasil merancang dan membangun SIPANDU sebagai sistem informasi pendataan dan monitoring BMN berbasis web menggunakan metode pengembangan *Waterfall*, bahasa pemrograman PHP dengan *framework* Laravel, dan sistem manajemen basis data MySQL, yang menjawab rumusan masalah penelitian sekaligus menempatkan sistem sebagai tahap pra-validasi data sebelum direkap ke SIMAN dan SAKTI.
- 2) Sistem mengakomodasi delapan tingkat hak akses pengguna dan mendukung pencatatan BMN melalui sinkronisasi data dengan mekanisme ekspor-impor dengan SIMAN dan SAKTI, pelacakan histori mutasi aset antarruangan, penyederhanaan alur persetujuan peminjaman barang dan gedung, serta pencetakan dokumen legalitas BAST dengan validasi tanda tangan berbasis citra.
- 3) Keandalan sistem teruji secara teknis dan fungsional. Pengujian *white-box* pada fungsi transaksi keluar persediaan menghasilkan nilai *Cyclomatic Complexity* sebesar 6 pada enam jalur independen yang seluruhnya lulus pengujian, sedangkan pengujian *black-box* mengonfirmasi status lulus pada 47 skenario pengujian fungsional.
- 4) Pengujian penerimaan pengguna menggunakan *System Usability Scale* yang melibatkan 25 responden menghasilkan skor akhir 85,60, yang menempatkan SIPANDU pada kategori *acceptable* dengan *grade scale* kelas A dan *adjective rating excellent*, meskipun generalisasi hasil ini dibatasi oleh teknik *convenience sampling* yang digunakan.

4.2 Saran/Rekomendasi

Berdasarkan keterbatasan yang telah dikemukakan, penelitian selanjutnya maupun pengembangan sistem lebih lanjut dapat mempertimbangkan beberapa hal berikut.

- 1) Pengembangan platform *mobile* (Android/iOS) yang terintegrasi dengan pemindai *barcode* atau *QR code* untuk mempermudah proses opname fisik dan pelabelan aset langsung dari perangkat pegawai.
- 2) Pengajuan kerja sama integrasi API dengan sistem pusat (SAKTI dan SIMAN). Pengembangan selanjutnya disarankan untuk mengupayakan kerja sama kelembagaan serta pengajuan perizinan resmi (MoU) kepada Kementerian Keuangan guna memperoleh hak akses API pada aplikasi SAKTI dan SIMAN. Mengingat sistem ini telah memiliki infrastruktur API mandiri (*data provider*), ketersediaan izin akses tersebut akan memungkinkan terwujudnya integrasi *real-time system-to-system* secara langsung, sehingga dapat mengeliminasi potensi pendataan ganda (*double entry*).
- 3) Integrasi sistem pembayaran digital (*payment gateway*) pada modul peminjaman gedung, agar pencatatan pemasukan keuangan dapat berjalan secara otomatis dan *real-time*.
- 4) Penerapan tanda tangan elektronik bersertifikat pada dokumen BAST untuk menjamin keaslian identitas penanda tangan dan keutuhan dokumen secara kriptografis.
- 5) Penelitian lanjutan mengenai evaluasi penerimaan teknologi menggunakan pendekatan yang lebih komprehensif, seperti *Technology Acceptance Model* (TAM) atau *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT/UTAUT2), untuk menelaah faktor adopsi dan niat penggunaan berkelanjutan secara lebih mendalam.

REFERENSI

- Amin, M., Agus, R., & Hidayah, R. E. (2025). Pengembangan Sistem Informasi Aset Terintegrasi untuk Mendukung Efisiensi Administrasi Pemerintahan. *Indonesian Journal of Information Technology and Computing*, 5(1).
- Firmansyah, A. (2024). Optimalisasi SIMAN dan SIMAK-BMN: Solusi Teknologi untuk Transparansi dan Efisiensi BMN di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Akuntansi*, 19(2).
- Mulyodiputro, M. D., & Ardhana, V. Y. P. (2023). Pengujian Usability Sistem Informasi Akademik (SISKA) Universitas Qamarul Huda Badaruddin Menggunakan System Usability Scale (SUS). *SainsTech Innovation Journal*, 6(2).
- Ni'mah, F. U., Kartikasari, H., & Ibad, I. (2024). Identifikasi Sistem Informasi Manajemen Perbekalan pada Instansi Pemerintah. *Jurnal Administrasi dan Kesekretarisan*, 9(2), 121–137.
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 27 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah (2014).

- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 28 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah (2020).
- PMK Nomor 181/PMK.06/2016 Tentang Penatausahaan Barang Milik Negara, 1 (2016).
- Ramdany, R., & Setiawati, Y. (2021). Analisis Penatausahaan Aset Tetap Barang Milik Negara (BMN). *Jurnal Akuntansi*, 10(2), 310–323. <https://doi.org/10.37932/ja.v10i2.345>
- Renanda, A. A., & Rosidin, A. (2025). Efektivitas Pelayanan Digital Dalam Mempermudah Birokrasi Dan Pengelolaan Data Publik. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 1(8), 1651–1657. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v1i8.310>
- Shadiq, J., Safei, A., & Loly, R. W. R. (2021). Pengujian Aplikasi Peminjaman Kendaraan Operasional Kantor Menggunakan BlackBox Testing. *Information Management for Educators and Professionals: Journal of Information Management*, 5(2), 97–110. <https://doi.org/10.51211/imbi.v5i2.1561>
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering* (H. Marcia, Ed.). Clinical Engineering: A Handbook for Clinical and Biomedical Engineers.
- Tullis, T. S., & Stetson, J. N. (2004). A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability. *UPA 2004 Presentation (Usability Professionals Association)*, 1–12.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2004 Tentang Perbendaharaan Negara (2004).
- Wahab, F., Katili, M. R., & Zakaria, A. (2024). Analisis Kinerja SIM e-SPTPD Menggunakan Metode PIECES di Badan Pendapatan Daerah Kabupaten Gorontalo. *Journal of System and Information Technology*, 4(1).
- Wibowo, A. (2025). *Seri 3 – Dari SIMAK-BMN ke SIMAN-SAKTI, Jejak Digitalisasi Aset Negara dan Lahirnya Transparansi Baru*. Direktorat Jendral Kekayaan Negara.