A.A.U. Nuha, Migunani, M.U. Dewi K. Rozikin, A.A. Ku...

GALLEY 1307 Ulin Nuha et al [708-722]

Document Details

Submission ID
trn:oid:::1:3407041862

Submission Date
Nov 12, 2025, 2:30 AM GMT+7

Download Date
Nov 12, 2025, 2:44 AM GMT+7

File Name
GALLEY_1307_Ulin_Nuha_et_al_708-722.docx

File Size
7.7 MB

16 Pages

7,018 Words

47,703 Characters

14% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

11% Internet sources
9% Publications
3% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

11% Internet sources
9% Publications
3% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
ejurnal.provisi.ac.id		4%
2	Student papers	
Universitas PGRI Semarang		2%
3	Internet	
jom.unsurya.ac.id		<1%
4	Publication	
Rafael Revi Runtu, Glenn D. P. Maramis, Alfiansyah Hasibuan. "Implementasi Algo...		<1%
5	Publication	
Gania Agustin, Haris Abu Bakar Sidik. "Perancangan Sistem Informasi Persediaan...		<1%
6	Internet	
rumahjurnal.or.id		<1%
7	Publication	
Shifa Jasyira Andini, Meshcah Claula Farica, Tri Asmawulan. "Belajar Sambil Berm...		<1%
8	Internet	
ojs.ninetyjournal.com		<1%
9	Publication	
Muhammad Khairin. "PENGEMBANGAN MODUL QSAP PADA APLIKASI MOBILE AG...		<1%
10	Publication	
Miftakhul Rahman, Pandu Dimas Pratama, Rafisyah Lutfi Hanif, Fitria Apriani. "...		<1%
11	Publication	
Muhammad Rizqy Ananda, Riya Widayanti. "Pengembagan dan Implementasi Mo...		<1%

12	Publication	Popi Aulia, Fahmi Izhari, Andysah Putera Utama Siahaan. "Sistem Informasi Stok ... <1%
13	Publication	Pujianto, Mujito, Dedi Irawan. "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI MANAJE... <1%
14	Internet	journal.stekom.ac.id <1%
15	Internet	repository.dinamika.ac.id <1%
16	Publication	Arfan Sansprayada, Riva Abdillah Aziz, Kartika Mariskhana, Ita Dewi Sintawati. "I... <1%
17	Internet	lib.unnes.ac.id <1%
18	Publication	Abdullah Azzam Robbani, Bambang Harie Wiyono, Imam Haromain. "Design and ... <1%
19	Publication	Ani Yoraeni Hasan, Yumi Novita Dewi, Andy Siswanto Ahmad Budiyono, Rafli Ilha... <1%
20	Internet	e-journal.unipma.ac.id <1%
21	Internet	id.123dok.com <1%
22	Internet	sinta.unud.ac.id <1%
23	Internet	100topimage2025.blogspot.com <1%
24	Publication	Adinda Mutiara Putri, Asri Wulandari, Damar Hayyu Raharjo. "RANCANG BANGU... <1%
25	Publication	Asrul Asrul, Windayani Windayani, Ade Putra, Harmiaty Bahar et al. "Pemanfaata... <1%

26	Publication	Soni Ayi Purnama. "Sistem Informasi Cash Flow dengan Menggunakan Metode Ex... <1%
27	Internet	docplayer.info <1%
28	Internet	ejournal3.undip.ac.id <1%
29	Internet	eprints.ums.ac.id <1%
30	Internet	lepetitecossete.wordpress.com <1%
31	Internet	repository.binadarma.ac.id <1%
32	Internet	www.coursehero.com <1%
33	Publication	Dadang Iskandar Mulyana, Aribatullah. "Klasifikasi Absensi Face Geo-Location M... <1%
34	Publication	Henri Septanto, David Harto. "PEMBUATAN APLIKASI POINT OF SALE (POS) UNTU... <1%
35	Publication	Isnaini Intan Nur Khisanah, Azizah Fatmawati. "SISTEM INFORMASI MANAJEMEN ... <1%
36	Publication	Janwirka Eprosina Yesi, Noviyanti P. "Rancang Bangun Sistem Informasi Pertania... <1%
37	Publication	M._rafly Rifa'i, Ahmad Subhan Yazid -, Andri Pramuntadi -, Deden Hardan Gutama... <1%
38	Internet	catalonica.bnc.cat <1%
39	Internet	ecampus.pelitabangsa.ac.id <1%

40 Internet
ejournal.upbatam.ac.id <1%

41 Internet
eprints.unsri.ac.id <1%

42 Internet
id.scribd.com <1%

43 Internet
jurnal.umitra.ac.id <1%

44 Internet
texasbookdiva.blogspot.com <1%

45 Internet
text-id.123dok.com <1%

46 Internet
toffeedev.com <1%

47 Publication
Ahmad Munawir, Farhan Maulana, Wahyu Amaldi. "Implementasi Augmented Re... <1%

48 Publication
Eviana Hartanti, Muhammad Arifin, R. Rhoedy Setiawan. "DESAIN DAN PROTOTI... <1%

49 Publication
Kasmirandi Kasmirandi, Chaeruddin Chaeruddin, Subhan Akbar Abbas, ZH Nurul ... <1%

50 Publication
Rahmat Robi Waliyansyah, Edi Dwi Supratiyan, Aris Tri Jaka Harjanta. "Sistem Pen... <1%

51 Publication
Yanto Saputra, Dina Mardiati, Dedi Irawan. "PENGEMBANGAN SISTEM INFORMAS... <1%

52 Internet
doku.pub <1%

OPEN ACCESS

JURNAL ILMIAH SISTEM INFORMASI (JUSI)
VOL 4, No. 2, Mei 2025, pp. 708 - 722
p-ISSN : 2803-1507 (media cetak) | e-ISSN : 2803-1531 (media online)
Link Publikasi: https://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUISI/issue/view/151

Rapid Application Development of a Mobile Stock Management System

Anandeka Alfin Ulin Nuha*[1], Migunani[2], Maya Utami Dewi[3], Khoirur Rozikin[4], Arsito Ari Kuncoro[5]
[1,2,3,4,5] Fakultas Studi Akademik, Universitas Sains dan Teknologi Komputer
Jl. Majapahit No. 605, Kode Pos 50192, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
e-mail: anandekaalfinulinnuha@gmail.com*[1]; migunani@stekom.ac.id[2]; maya@stekom.ac.id[3]; khoirur@stekom.ac.id[4]; arsito@stekom.ac.id[5]

ARTICLE INFO

Article History:

Received: XX-XX-20XX
Revised: XX-XX-20XX
Accepted: XX-XX-20XX
Published: XX-XX-20XX

ABSTRACT

The stock management process at PT Wahanamas Pancajaya Kudus was still conducted manually using physical stock cards and handwritten records, leading to frequent issues such as input errors, reporting delays, and limited visibility of real-time inventory data. This study aims to develop a mobile-based stock management application designed to improve efficiency, accuracy, and speed of inventory data processing. The proposed architecture integrates Laravel as the backend framework, SQLite as the local database, and Flutter/Dart as the mobile client platform, enabling real-time synchronization between clients and the server. The Rapid Application Development (RAD) method was adopted to ensure iterative prototyping, user involvement, and rapid validation throughout the development process. The resulting system provides key functionalities, including the recording of incoming and outgoing goods, real-time stock monitoring, automatic low-stock notifications, and the generation of digital reports acessible from multiple devices. The application was tested through a local server simulation using XAMPP, where several mobile clients accessed the server via an IP-based network. Based on black-box testing, all system features functioned properly and fulfilled the operational requirements of the company. The findings indicate that the implemented system successfully increased operational efficiency, reduced data entry errors, and provided faster access to inventory information. Furthermore, this research contributes to the digital transformation of inventory management processes in small- and medium-scale manufacturing, particularly in the printing industry, and serves as a practical reference for organizations aiming to implement lightweight, API-based, mobile inventory management systems.

Keywords: *Stock Management, Mobile Application, Rapid Application Development (RAD), Laravel, Flutter.*

Abstrak

Proses pengelolaan stok barang di PT Wahanamas Pancajaya Kudus masih dilakukan secara manual menggunakan kartu stok dan catatan fisik. Hal ini sering menimbulkan masalah seperti kesalahan pencatatan, keterlambatan pelaporan, dan terbatasnya visibilitas data persediaan secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan

DOI: https://doi.org/10.51903/rzrga338

turnitin Page 8 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

untuk mengembangkan aplikasi stok barang berbasis mobile yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kecepatan pengelolaan data persediaan. Arsitektur yang diusulkan mengintegrasikan *Laravel* sebagai *backend framework*, *SQLite* sebagai basis data lokal, dan *Flutter*/*Dart* sebagai *platform mobile client*, yang memungkinkan terjadinya sinkronisasi data secara real-time antara client dan server. Metode pengembangan yang dipilih adalah *Rapid Application Development* (RAD) karena bersifat iteratif, cepat, dan memastikan keterlibatan aktif pengguna dalam setiap tahapan pengembangan prototipe. Sistem yang dihasilkan menyediakan fungsionalitas utama, termasuk pencatatan barang masuk dan keluar, pemantauan stok secara *real-time*, notifikasi otomatis stok menipis, serta pembuatan laporan digital yang dapat diakses dari berbagai perangkat. Pengujian dilakukan melalui simulasi server lokal menggunakan XAMPP, di mana beberapa klien *mobile* mengakses *server* melalui jaringan berbasis IP. Berdasarkan pengujian *black-box*, seluruh fitur sistem berfungsi dengan baik dan telah memenuhi persyaratan operasional perusahaan. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem yang diimplementasikan berhasil meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi kesalahan input data, dan menyediakan akses yang lebih cepat terhadap informasi inventaris. Kontribusi penelitian ini adalah mendukung transformasi digital proses manajemen stok di industri manufaktur skala menengah dan menjadi referensi praktis untuk implementasi sistem inventaris *mobile* berbasis API yang ringan.

Kata Kunci: *Manajemen Stok, Aplikasi Mobile, Rapid Application Development (RAD), Laravel, Flutter.*

1. PENDAHULUAN

Manajemen persediaan merupakan aspek krusial dalam operasi manufaktur karena berpengaruh langsung terhadap kontinuitas produksi, pengendalian biaya, dan tingkat layanan kepada pelanggan. Ketidaktepatan data stok atau keterlambatan informasi dapat menyebabkan gangguan produksi, pemborosan ruang penyimpanan, dan keputusan pengadaan yang tidak optimal. Oleh karena itu, penerapan sistem informasi yang mendukung pencatatan transaksi secara *real-time* dan penyajian notifikasi pemesanan ulang menjadi kebutuhan penting bagi perusahaan manufaktur modern. Konsep sistem informasi manajemen dan manfaat digitalisasi persediaan telah banyak dibahas dalam literatur, yang menunjukkan bahwa penggunaan information systems dan aplikasi mobile mampu meningkatkan akurasi data dan efisiensi operasional [1], [2].

Dalam konteks global, digitalisasi sistem persediaan merupakan bagian dari transformasi Industry 4.0, yang menekankan otomatisasi proses, integrasi data, dan analitik real-time dalam rantai pasok [3]. [4] menyebutkan bahwa penerapan sistem informasi digital pada lini operasional dapat meningkatkan efisiensi hingga 35% dan menurunkan tingkat kesalahan administratif hingga 60%. Di Indonesia, kebijakan Making Indonesia 4.0 yang dicanangkan oleh Kementerian Perindustrian menempatkan digitalisasi gudang dan otomasi logistik sebagai komponen utama peningkatan daya saing sektor manufaktur. Penerapan sistem stok berbasis mobile dengan notifikasi otomatis dan integrasi data real-time menjadi langkah strategis bagi perusahaan kecil dan menengah untuk meningkatkan efisiensi tanpa memerlukan infrastruktur TI yang mahal.

Di level operasional, PT Wahanamas Pancajaya Kudus saat ini masih mengandalkan pencatatan manual menggunakan kartu stok dan buku catatan, yang berdampak pada kesulitan pencarian data, inkonsistensi format pencatatan, dan frekuensi kesalahan perhitungan yang tercatat berulang kali (misalnya koreksi saldo pada beberapa tanggal tertentu). Observasi lapangan dan dokumentasi kartu stok menunjukkan kejadian stok mencapai nol beberapa kali dan tidak tersedianya identitas pencatat atau mekanisme notifikasi dini untuk stok menipis, sehingga memunculkan risiko keterlambatan pemesanan bahan baku dan potensi gangguan produksi. Kondisi riil ini menjadi dasar urgensi pengembangan solusi berbasis mobile untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas pencatatan stok di gudang [5]. Kesulitan ini memperburuk ketidakpastian dalam perencanaan pembelian dan memperbesar kemungkinan terjadinya kekurangan stok pada waktu yang tidak terduga. Hal ini juga meningkatkan kompleksitas pengelolaan persediaan dan mempengaruhi kinerja operasional perusahaan.

Selain untuk mempercepat proses operasional, digitalisasi manajemen stok juga memiliki signifikansi strategis dalam mendukung *decision support system* (DSS) organisasi. Menurut [6], sistem informasi persediaan berfungsi sebagai komponen penting dalam pengambilan keputusan terkait pengadaan dan perencanaan kapasitas produksi. Dengan tersedianya data real-time, manajemen dapat memperkirakan kebutuhan stok secara lebih akurat, menyesuaikan volume pembelian dengan tren konsumsi bahan, dan mengurangi risiko kelebihan inventori yang berdampak pada biaya penyimpanan. Dengan demikian, sistem

turnitin Page 8 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 9 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

stok berbasis mobile tidak hanya berperan sebagai alat pencatat transaksi, tetapi juga sebagai penghubung antara proses operasional dan manajerial.

Tinjauan penelitian terdahulu menunjukkan beberapa temuan relevan: implementasi aplikasi mobile pada manajemen stok mampu menurunkan kesalahan input dan mempercepat rekapitulasi data [7], sementara studi lain melaporkan bahwa aplikasi stok berbasis Android mempermudah pemantauan ketersediaan barang dan pelaporan otomatis [8], [9]. Selain itu, penerapan metode *Rapid Application Development* (RAD) dalam proyek skala menengah mempercepat iterasi prototipe dan memfasilitasi validasi kebutuhan pengguna secara langsung [10], [11]. Namun, sebagian besar studi sebelumnya masih terbatas pada fungsi dasar (*CRUD* dan laporan sederhana) serta minim evaluasi aspek *usability* dan pengaruh langsung terhadap efisiensi waktu operasional. Sebagian besar penelitian tersebut belum menguji integrasi aplikasi mobile dalam konteks industri manufaktur yang memerlukan pengelolaan stok secara lebih dinamis dan terhubung secara real-time. Pengembangan sistem yang lebih kompleks dan terintegrasi akan memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap efisiensi dan akurasi proses pengelolaan stok.

Dari telaah literatur dan kondisi lapangan tersebut muncul gap penelitian yang jelas: banyak solusi yang tersedia belum secara khusus menggabungkan pendekatan *mobile-first* dengan siklus RAD untuk lingkungan industri percetakan (dengan karakter kebutuhan *real-time* dan akuntabilitas tinggi), serta sedikit penelitian yang mengukur secara kuantitatif pengurangan waktu proses sebelum dan sesudah implementasi. Selain itu, kebutuhan notifikasi stok menipis yang terintegrasi dengan pencatatan transaksi dan mekanisme audit (identitas pencatat) belum banyak ditangani secara terpadu. Gap ini menjadi dasar untuk merancang solusi yang bersifat aplikatif dan diuji fungsionalitasnya pada konteks nyata perusahaan [12]. Kesulitan dalam integrasi ini dapat menyebabkan ketidaktepatan dalam pemantauan stok yang mempengaruhi kelancaran operasional dan efektivitas pengambilan keputusan. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem yang lebih terintegrasi dan responsif terhadap kebutuhan operasional yang semakin kompleks.

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat pendekatan *user-centered* dalam metodologi RAD yang menekankan partisipasi pengguna sejak tahap perancangan hingga evaluasi akhir sistem [13]. Melalui model ini, pengembang dan pengguna dapat berkolaborasi secara langsung dalam membentuk prototipe yang responsif terhadap kebutuhan aktual di lapangan. Pendekatan iteratif tersebut menjadi faktor penting dalam mengurangi risiko *requirement mismatch* yang sering terjadi pada model pengembangan linier seperti *Waterfall*. Di sisi lain, penelitian ini juga menegaskan relevansi pendekatan *mobile-first* dalam konteks industri kecil dan menengah, di mana kecepatan input data dan kemudahan akses informasi menjadi kebutuhan utama dalam mendukung efisiensi kerja staf gudang.

Berdasarkan permasalahan dan gap tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *mobile* untuk manajemen stok barang pada PT Wahanamas Pancajaya Kudus dengan menggunakan pendekatan *Rapid Application Development* (RAD). Secara spesifik, penelitian ini (1) merancang dan mengimplementasikan fitur pencatatan barang masuk/keluar, (2) menyediakan mekanisme pemantauan stok secara *real-time* dan notifikasi stok menipis, serta (3) mengevaluasi fungsionalitas aplikasi melalui pengujian *black-box* untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna. Implementasi teknis dilakukan menggunakan arsitektur *client–server*, dengan *Laravel* sebagai *backend* yang mengelola logika bisnis dan basis data *SQLite*, serta *Flutter*/*Dart* sebagai *frontend mobile* untuk antarmuka pengguna. Sistem dijalankan melalui XAMPP pada jaringan lokal dan diakses oleh beberapa perangkat client menggunakan alamat IP *server* [14].

Kontribusi penelitian ini bersifat praktis dan akademis: secara praktis, menyediakan bukti penerapan solusi mobile berbasis *client–server* yang dapat menurunkan waktu pembaruan data dan meningkatkan akurasi pencatatan di bagian gudang; secara akademis, mendokumentasikan pengalaman penerapan RAD pada pengembangan sistem inventori di industri percetakan serta menyajikan evaluasi fungsional sistem berdasarkan skenario pengujian. Struktur artikel ini disusun sebagai berikut: bagian Pendahuluan (mengemukakan konteks, gap, dan tujuan), Metodologi (menjelaskan pendekatan R&D dan tahapan RAD), Hasil dan Pembahasan (menyajikan implementasi, hasil pengujian, dan analisis), serta Kesimpulan dan Saran (menyimpulkan temuan dan rekomendasi pengembangan lebih lanjut) [4]. Selain itu, kontribusi ini juga mencakup evaluasi teknis terhadap implementasi RAD dalam konteks industri manufaktur, khususnya di sektor percetakan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi pengembangan sistem manajemen persediaan berbasis mobile yang lebih efisien dan tepat guna.

turnitin Page 9 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 10 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan kombinasi *framework Flutter–Laravel–SQLite* dalam arsitektur *client–server* yang dioptimalkan untuk lingkungan industri percetakan berskala menengah, dengan pendekatan *Rapid Application Development* (RAD) yang menekankan keterlibatan pengguna aktif pada setiap tahapan iteratif. Pendekatan ini belum banyak dijumpai pada penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan *platform Android native* atau berbasis web konvensional. Selain itu, sistem ini secara eksplisit mengintegrasikan notifikasi stok menipis dan pencatatan audit pengguna dalam satu ekosistem mobile, yang menjadikannya berbeda dari sistem stok digital sebelumnya.

Lebih lanjut, penelitian ini juga memperkuat relevansi terhadap transformasi digital dan tren *Industry 4.0* dengan potensi integrasi *Internet of Things* (IoT) dan cloud-based synchronization untuk mendukung skalabilitas sistem di masa depan [15], [16], [17]. Integrasi teknologi ini membuka peluang bagi pengembangan sistem yang lebih canggih, di mana data persediaan dapat dikelola secara otomatis dan lebih efisien melalui koneksi antar perangkat dan platform berbasis cloud. Selain itu, dengan mengadopsi teknologi *IoT*, sistem ini dapat menyediakan data yang lebih akurat dan up-to-date, memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik. Dengan kemampuan ini, diharapkan proses pemantauan dan pengelolaan persediaan dapat dilakukan lebih efektif dan responsif terhadap perubahan permintaan dan kebutuhan pasar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Landasan Teori*

Sistem informasi untuk manajemen persediaan berperan sebagai kerangka yang menggabungkan teknologi, proses, data, dan manusia untuk mendukung pengambilan keputusan operasional dan strategis, di mana teori manajemen persediaan menekankan pencatatan transaksi yang akurat, penentuan reorder point, serta monitoring untuk mencegah stock-out dan overstocking [1], [2]. Penerapan *aplikasi mobile* menggabungkan keunggulan mobilitas, akses *real-time*, serta integrasi perangkat seperti kamera sebagai *scanner* atau pembacaan *QR* yang mampu mengurangi kesalahan input dan mempercepat pencatatan [18], [19]. Dalam kerangka *Management Information Systems* (*MIS*), sistem informasi berfungsi menjaga kesinambungan antara aktivitas gudang dan keputusan manajemen melalui *information feedback loop* yang meminimalkan lead time serta ketidaksesuaian stok [20], [21]. Integrasi sistem stok berbasis *mobile* dengan prinsip *decision support system* (*DSS*) memberikan kemampuan analitis seperti pelacakan tren pemakaian, estimasi kebutuhan bahan baku, dan peringatan otomatis terhadap penurunan stok yang mendukung efisiensi logistik [22], [23].

Dalam metodologi pengembangan perangkat lunak, *Rapid Application Development* (*RAD*) menekankan iterasi cepat, keterlibatan pengguna aktif, dan pengembangan *prototype* berulang untuk memperpendek *development cycle time* serta meningkatkan kepuasan pengguna [24], [25], [26]. Penerapan metode *RAD* dikombinasikan dengan arsitektur *client–server* menggunakan *Laravel* sebagai *backend*, *SQLite* sebagai basis data, dan *Flutter/Dart* sebagai *frontend mobile* yang mendukung pengembangan cepat dan ringan untuk perusahaan kecil-menengah seperti PT Wahanamas Pancajaya Kudus. Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi *framework Flutter–Laravel–SQLite* dalam arsitektur *client–server* yang dioptimalkan untuk industri percetakan dengan keterlibatan pengguna aktif, berbeda dari penelitian terdahulu berbasis *Android native* atau *web* konvensional [1]. Arah pengembangan selanjutnya mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (*IoT*) dan *cloud computing* sebagaimana ditunjukkan oleh studi [27], [16], serta [17] yang membuktikan peningkatan akurasi, efisiensi, dan konektivitas melalui kombinasi *IoT sensors*, *cloud storage*, dan *mobile interfaces*.

2.2. *Kajian Penelitian Terdahulu (State of the Art)*

Kajian penelitian terdahulu menunjukkan berbagai pendekatan pengembangan sistem informasi stok barang berbasis *mobile* dengan fokus dan platform yang berbeda. [7] merancang sistem *kasir* dan *inventori* berbasis *mobile* menggunakan metode *Rapid Application Development* (*RAD*) yang mempercepat pengembangan sistem dan efisiensi transaksi, namun aspek *audit* dan pelacakan aktivitas pengguna kurang diperhatikan. [8], [9], [11], mengembangkan *aplikasi permintaan* dan manajemen stok berbasis *Android* yang fleksibel diakses kapan saja, tetapi evaluasi masih terbatas pada pengujian fungsional tanpa pengukuran efisiensi operasional. Nugroho dan Putri [28], [10] menekankan administrasi dan rekapitulasi laporan otomatis, namun fitur *notifikasi stok menipis* belum diimplementasikan sepenuhnya.

Dalam konteks industri manufaktur dan percetakan, [29], [18] membangun *aplikasi stok mobile* yang efektif mengurangi kesalahan pencatatan, meski evaluasi terhadap dampak waktu dan akurasi masih terbatas. Studi tentang *RAD* oleh [19] dan [25] menegaskan keunggulan metode ini dalam menghasilkan *prototipe* cepat dan

turnitin Page 10 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 11 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

responsif terhadap perubahan kebutuhan pengguna. Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini berupaya mengisi kekosongan dengan mengembangkan *aplikasi stok berbasis mobile* menggunakan *RAD* yang mempertimbangkan efisiensi waktu, keakuratan data, dan integrasi *client–server*. Tren metodologis menunjukkan *RAD* sebagai pilihan utama dalam pengembangan *mobile-first* [30], namun penelitian ini membedakan diri dengan penerapan *Laravel–Flutter–SQLite* yang diuji pada beberapa *client* sekaligus untuk memberikan kontribusi empiris pada efisiensi operasional dan akurasi data.

2.3. *Gap Penelitian dan Relevansi terhadap Studi Ini*

Hasil telaah terhadap penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa meskipun telah banyak dikembangkan *sistem informasi* stok barang berbasis *mobile*, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada *fitur* dasar seperti pencatatan barang masuk dan keluar, pembuatan *laporan* sederhana, serta *manajemen* pengguna, tanpa mengintegrasikan *fitur* strategis seperti *notifikasi* stok menipis atau *audit* pengguna yang dapat meningkatkan *akurasi* dan *akuntabilitas* data [18], [19]. Selain itu, evaluasi yang dilakukan dalam penelitian terdahulu umumnya terbatas pada aspek fungsional melalui *black-box testing*, sementara pengukuran *efisiensi operasional*, misalnya pengurangan waktu pencatatan, penurunan kesalahan *input*, atau percepatan *pelaporan*, jarang dianalisis secara kuantitatif [8], [29]. Keterbatasan lain yang teridentifikasi adalah kurangnya penelitian yang mengombinasikan pendekatan *mobile-first* dengan model pengembangan *Rapid Application Development (RAD)*, padahal *RAD* memungkinkan iterasi *prototipe* yang cepat dan validasi langsung terhadap pengguna lapangan, sehingga *sistem* dapat lebih sesuai dengan kebutuhan operasional yang dinamis [31], [25].

Dalam konteks industri *manufaktur* dan *percetakan*, sebagian besar *studi* sebelumnya masih menggunakan platform *Android native* atau berbasis *web* konvensional, sehingga memiliki keterbatasan dalam hal sinkronisasi data *real-time* dan fleksibilitas implementasi [18], [19]. Penelitian yang menggabungkan *framework Flutter*, *Laravel*, dan *SQLite* dalam arsitektur *client–server* belum banyak dijumpai, sehingga terdapat peluang untuk mengeksplorasi efektivitas integrasi tersebut dalam mendukung *sistem manajemen stok* barang berskala menengah. Selain itu, kombinasi *RAD* dengan arsitektur *client–server* ringan memungkinkan pengujian *sistem* secara *real-time* pada beberapa *client* sekaligus, sehingga memberikan kontribusi empiris terhadap peningkatan *efisiensi operasional* dan keakuratan data di lingkungan kerja nyata [31], [25].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. *Jenis dan Pendekatan Penelitian*

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (*R&D*) dengan tujuan menghasilkan aplikasi stok barang berbasis mobile yang mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan data persediaan di PT Wahanamas Pancajaya Kudus. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem secara sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi dan evaluasi. Metode pengembangan yang diterapkan adalah *Rapid Application Development* (*RAD*), yang menekankan iterasi cepat dan keterlibatan aktif pengguna di setiap tahap pengembangan. Pendekatan ini sesuai untuk sistem yang dinamis dan membutuhkan validasi langsung dari pengguna di lapangan.

3.2. *Metode Pengumpulan Data*

Data penelitian dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu observasi, wawancara, dan studi dokumentasi. Observasi dilakukan secara langsung terhadap aktivitas pencatatan stok di gudang untuk mengidentifikasi kendala operasional yang terjadi dalam sistem manual. Wawancara dilakukan dengan Supervisor dan Admin Gudang untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan sistem serta fungsi yang diharapkan. Studi dokumentasi dilakukan terhadap kartu stok dan laporan transaksi sebagai bahan perancangan struktur basis data dan desain laporan. Berdasarkan hasil pengumpulan data, ditetapkan dua aktor utama dalam sistem, yaitu Supervisor dan Admin Gudang. Supervisor bertugas memantau stok, menentukan batas minimum, dan melihat laporan stok berkala, sedangkan Admin Gudang bertugas mencatat transaksi barang masuk dan keluar, memperbarui data barang, dan menerima notifikasi stok menipis.

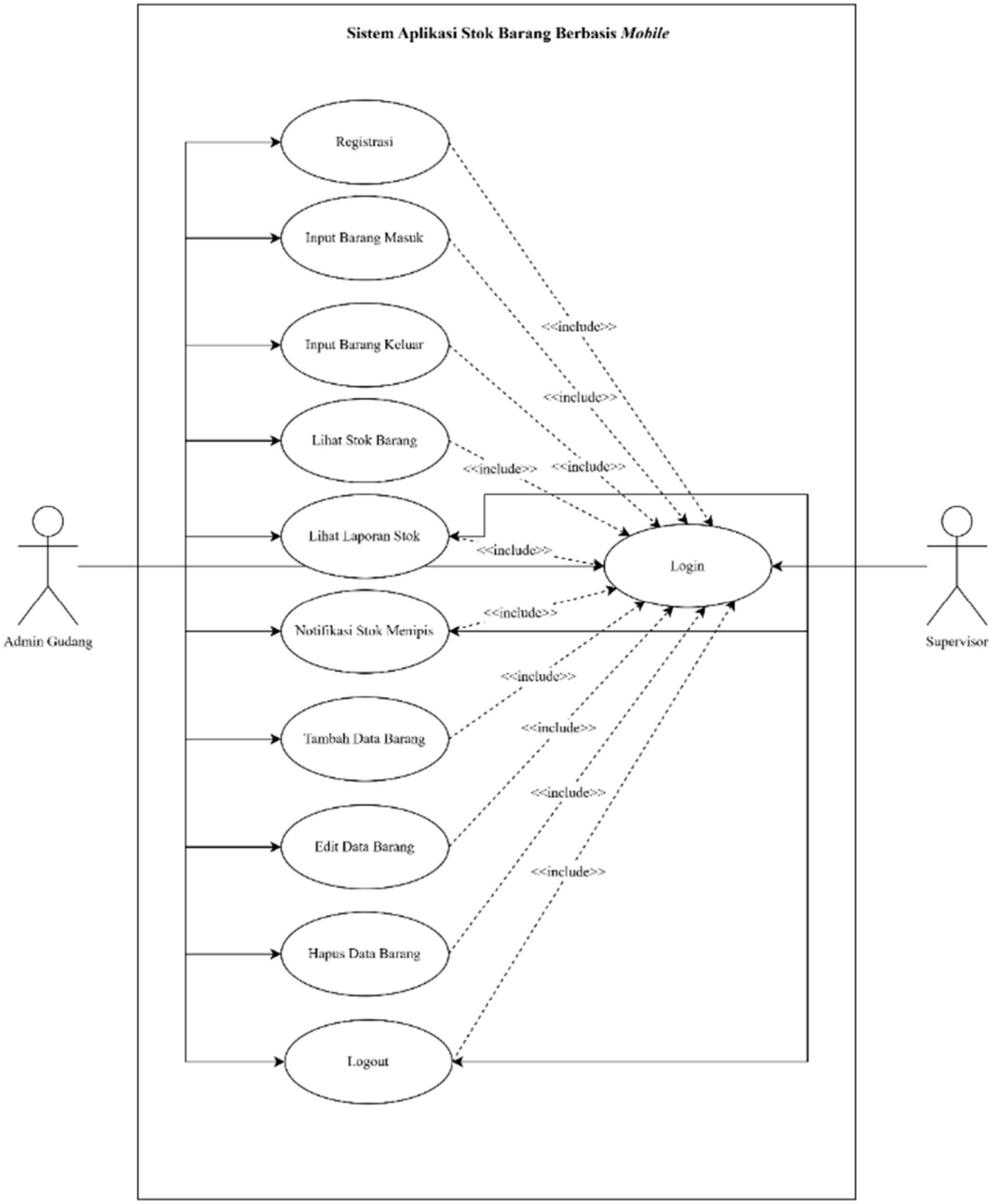
Hasil analisis kebutuhan pengguna divisualisasikan dalam *Use Case* Diagram seperti pada Gambar 1, yang menggambarkan fungsi-fungsi utama dalam sistem. Diagram tersebut menunjukkan dua aktor utama, yaitu Supervisor dan Admin Gudang, dengan sebelas fungsi utama: registrasi, login, logout, input barang masuk, input barang keluar, lihat stok barang, lihat laporan stok, notifikasi stok menipis, tambah data barang, edit data barang, dan hapus data barang. Semua fungsi memiliki relasi <<*include*>> terhadap proses login,

turnitin Page 11 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 12 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

menandakan bahwa setiap aktivitas dalam sistem hanya dapat dilakukan setelah pengguna berhasil melakukan autentikasi. Admin Gudang memiliki akses penuh terhadap pengelolaan data barang dan transaksi, sedangkan Supervisor berwenang memantau stok dan laporan serta menerima notifikasi stok menipis. Diagram ini menjadi acuan dalam perancangan sistem menggunakan model *RAD*.



Gambar 1. Use Case Diagram Sistem Aplikasi Stok Barang

3.3. *Model Pengembangan Sistem (Rapid Application Development)*

Tahap pertama dalam metode *RAD* adalah *Requirements Planning*, yang berfokus pada identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Kebutuhan fungsional meliputi pencatatan barang masuk dan keluar, pemantauan stok secara *real-time*, pengiriman notifikasi stok menipis, dan pembuatan laporan

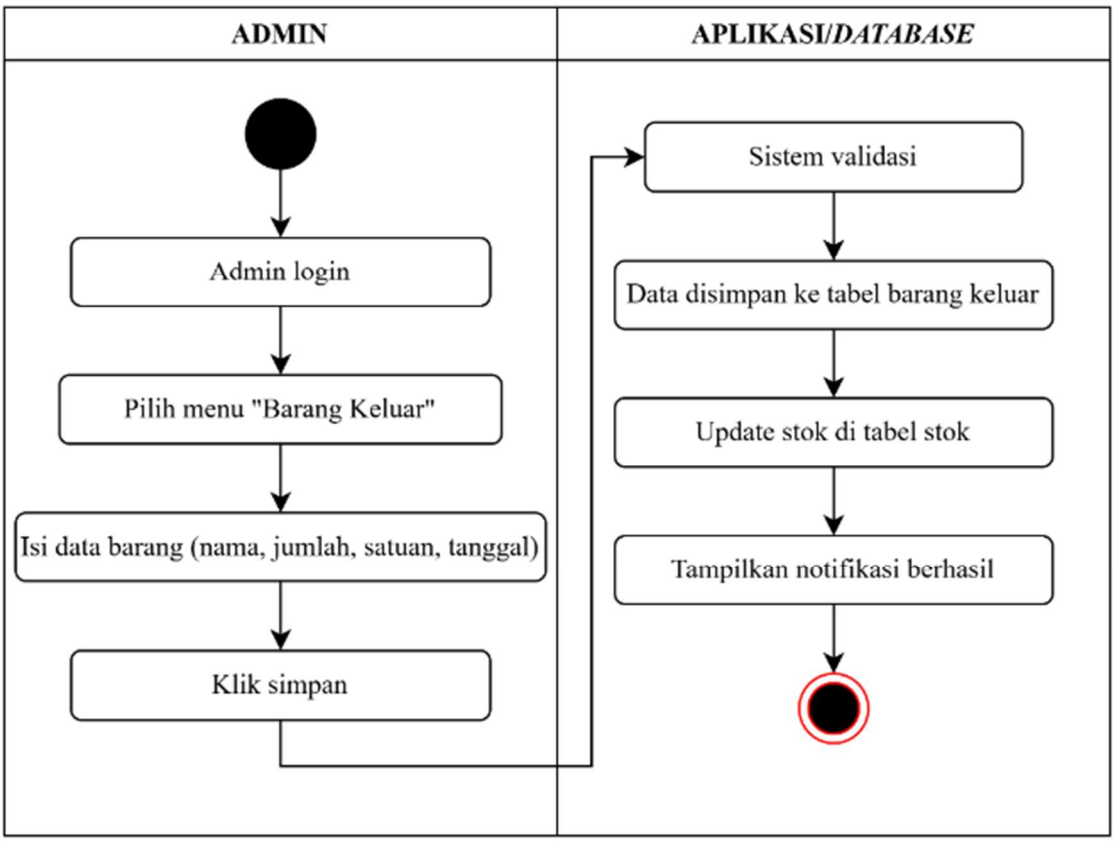
turnitin Page 12 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 13 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

stok. Kebutuhan non-fungsional mencakup kemudahan penggunaan (*usability*), kecepatan respon sistem, dan kemampuan akses multi-perangkat dalam jaringan lokal. Tahap ini menghasilkan daftar kebutuhan sistem dan rancangan awal struktur data sebagai dasar desain aplikasi.

Tahap berikutnya adalah *User Design Workshop*, yaitu proses perancangan antarmuka dan alur sistem yang dilakukan secara kolaboratif antara pengembang dan pengguna. Rancangan awal tampilan aplikasi (*mockup interface*) disusun berdasarkan kebutuhan pengguna dan divalidasi oleh Supervisor serta Admin Gudang. Validasi ini menghasilkan desain sistem yang sesuai dengan kebutuhan lapangan. Untuk memperjelas alur proses sistem, dibuat *Activity* Diagram sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, yang menggambarkan alur pencatatan barang keluar. Proses dimulai ketika Admin Gudang melakukan login, memilih menu "Barang Keluar", mengisi data transaksi, dan sistem memvalidasi stok di basis data. Jika stok mencukupi, data disimpan melalui API *Laravel* ke *SQLite*, stok diperbarui, dan notifikasi otomatis dikirimkan ke Supervisor apabila stok berada di bawah batas minimum.



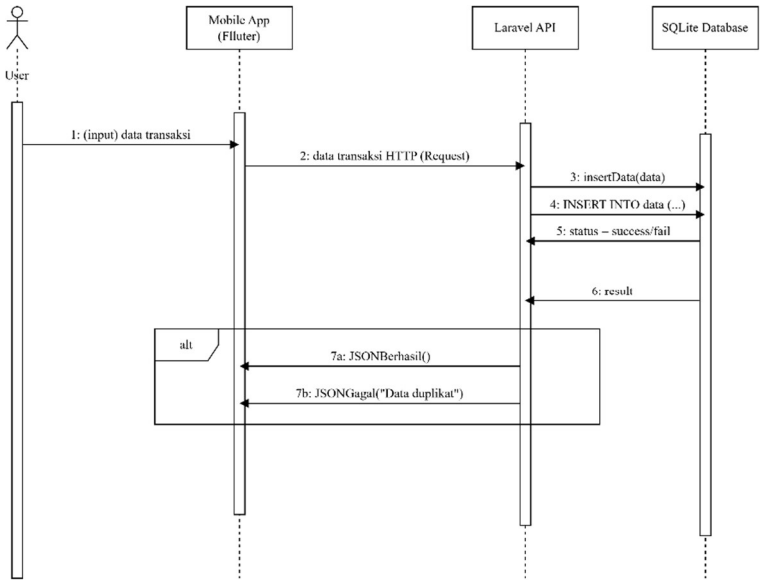
Gambar 2. Activity Diagram Proses Pencatatan Barang Keluar

Komunikasi antara pengguna, aplikasi, dan server digambarkan dalam *Sequence* Diagram pada Gambar 3, yang memperlihatkan interaksi antara *mobile client* (*Flutter*), server (*Laravel*), dan database (*SQLite*). Urutan komunikasi dimulai ketika Admin Gudang mengirimkan data transaksi melalui aplikasi mobile, yang kemudian diteruskan sebagai permintaan *HTTP* ke *Laravel API*. *Server* memproses data tersebut, memperbarui stok pada basis data *SQLite*, dan mengembalikan respons dalam format *JSON* ke aplikasi *mobile*. Alur ini memastikan data tersinkronisasi secara *real-time* antara Supervisor dan Admin Gudang melalui koneksi jaringan lokal.

turnitin Page 13 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

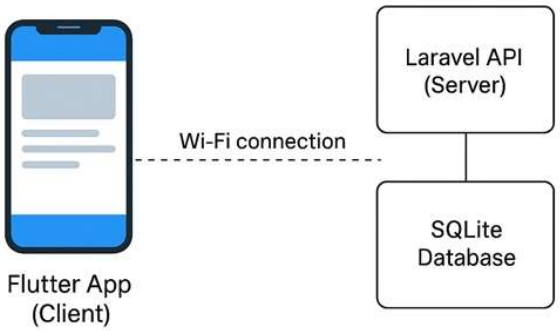
turnitin Page 14 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531



Gambar 3. Sequence Diagram Komunikasi Client-Server

Tahap *Construction* merupakan proses implementasi sistem berdasarkan rancangan yang telah disetujui. Sistem dikembangkan menggunakan *framework Laravel* untuk sisi *backend* yang mengelola logika bisnis dan REST API, serta *framework Flutter*/*Dart* untuk sisi *frontend* yang menyediakan antarmuka aplikasi *mobile*. Basis data *SQLite* digunakan karena ringan, cepat, dan mudah diintegrasikan. Server dijalankan secara lokal menggunakan *XAMPP* dengan koneksi Wi-Fi internal. Struktur sistem divisualisasikan dalam Gambar 5, yang menunjukkan hubungan antara komponen utama: *Flutter App* sebagai klien, *Laravel API* sebagai penghubung logika sistem, dan *SQLite* sebagai penyimpanan data transaksi dan laporan.



Gambar 5. Arsitektur Sistem Client–Server Aplikasi Stok Barang

Diagram ini menggambarkan hubungan antar komponen utama aplikasi. Aplikasi *mobile client* berbasis *Flutter* terhubung ke *Laravel API Server* melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTP dengan format pertukaran data *JSON*. *Server* kemudian berinteraksi dengan basis data *SQLite* untuk menyimpan dan memperbarui data stok. Model arsitektur ini memungkinkan proses komunikasi dua arah antara client dan server, sehingga setiap perubahan data pada aplikasi Admin Gudang dapat diperbarui secara *real-time* dan langsung diakses oleh Supervisor.

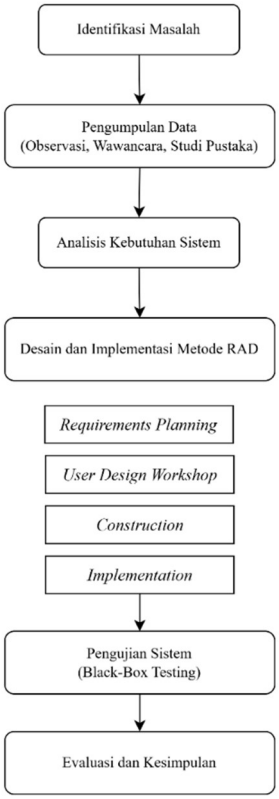
Tahap terakhir adalah *Implementation* atau *Cutover*, yaitu penerapan sistem secara menyeluruh dan pengujian fungsionalitas aplikasi. Pengujian dilakukan dengan metode *black-box testing* untuk memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna tanpa melihat struktur kode program. Pengujian dilakukan oleh Supervisor dan Admin Gudang terhadap seluruh fitur utama, seperti login, transaksi barang masuk dan keluar, notifikasi stok menipis, dan pembuatan laporan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black-box testing* yang berfokus pada kesesuaian fungsi sistem terhadap kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan oleh Admin Gudang dan Supervisor untuk memastikan setiap fitur berfungsi sesuai harapan. Hasil pengujian sistem akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian Hasil dan Pembahasan untuk menilai kinerja serta kesesuaian fungsi aplikasi terhadap kebutuhan pengguna

turnitin Page 14 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 15 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Secara keseluruhan, proses penelitian ini terdiri atas enam tahapan utama, yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis kebutuhan, desain dan implementasi sistem dengan metode *RAD*, pengujian sistem, dan evaluasi hasil. Hubungan antar tahap penelitian divisualisasikan dalam Gambar 4, yang menggambarkan alur penelitian pengembangan aplikasi stok barang berbasis mobile. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa setiap tahap penelitian saling terkait secara iteratif, di mana hasil evaluasi dari satu tahap digunakan sebagai dasar untuk penyempurnaan pada tahap berikutnya. Dengan demikian, proses penelitian berlangsung secara sistematis dan adaptif hingga menghasilkan aplikasi yang berfungsi sesuai kebutuhan pengguna dan tujuan pengembangan.



Gambar 4. Alur Penelitian Pengembangan Aplikasi Stok Barang Berbasis Mobile

3.4. *Alat dan Perangkat yang Digunakan*

Implementasi sistem ini menggunakan perangkat keras berupa laptop DELL Latitude E7240 dengan prosesor *Intel Core i5* dan RAM 4 GB, serta dua unit smartphone Android sebagai perangkat uji *multi-client*. Sistem operasi yang digunakan adalah *Windows* 10 *Pro* (64-*bit*) dengan *XAMPP* v3.3.0 sebagai server lokal yang menjalankan *Apache* dan *PHP*. Perangkat lunak utama yang digunakan meliputi *framework Laravel* 10 untuk pengembangan *server*, *Flutter SDK* (*Dart*) untuk aplikasi *mobile client*, dan *SQLite* sebagai sistem basis data. Konfigurasi ini dipilih karena efisien, ringan, dan kompatibel dengan kebutuhan uji sistem lokal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. *Hasil Implementasi Sistem*

Tahap implementasi merupakan realisasi dari hasil perancangan sistem yang telah dilakukan menggunakan pendekatan *Rapid Application Development* (*RAD*). Sistem stok barang ini dirancang dengan arsitektur *client–server* yang mengintegrasikan *Laravel* sebagai *backend* untuk pengelolaan logika bisnis dan API, serta *Flutter*/*Dart* sebagai *frontend* yang membangun antarmuka pengguna pada perangkat *mobile*. Basis data *SQLite* digunakan untuk menyimpan data karena bersifat ringan, mudah diintegrasikan, dan sesuai dengan kebutuhan operasional lokal. Arsitektur ini dipilih karena mampu memfasilitasi proses pengembangan sistem yang cepat sekaligus mempertahankan konsistensi data antara sisi pengguna dan basis data.

turnitin Page 15 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

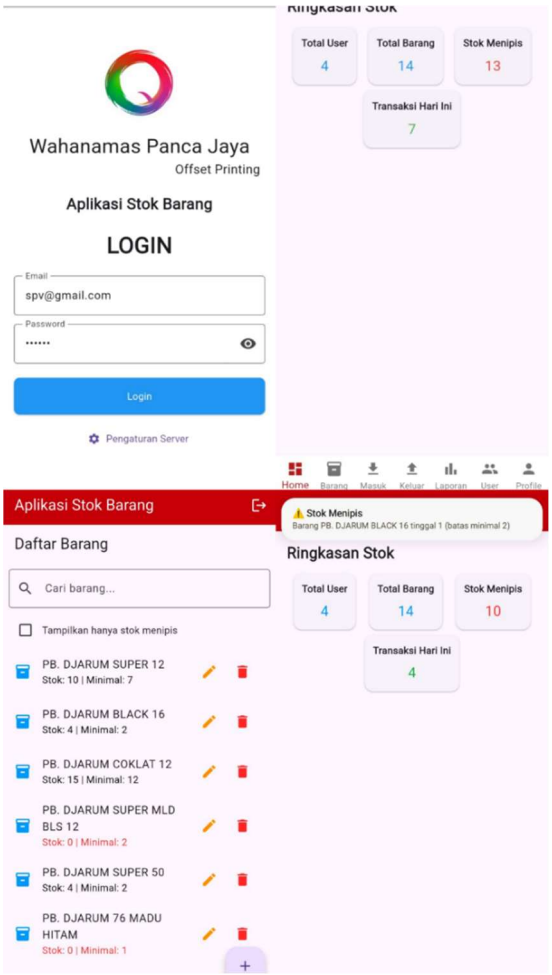
turnitin Page 16 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Arsitektur sistem ini diimplementasikan dalam lingkungan jaringan lokal perusahaan menggunakan *XAMPP* sebagai *web server*. Seluruh komponen dapat berjalan secara terintegrasi, di mana setiap transaksi stok yang dilakukan oleh Admin Gudang langsung diperbarui dalam basis data *SQLite* dan disinkronkan ke aplikasi Supervisor. Pengujian dilakukan dengan memastikan setiap komponen dapat saling berkomunikasi tanpa kendala jaringan dan mampu mempertahankan kecepatan sinkronisasi data antar perangkat. Arsitektur yang diusulkan telah berhasil diterapkan sesuai rancangan dan mendukung proses operasional pengelolaan stok secara *real-time*.

Sistem yang dikembangkan melibatkan dua peran utama, yakni Admin Gudang dan Supervisor, dengan hak akses yang berbeda sesuai tanggung jawabnya. Admin Gudang berfokus pada pengelolaan transaksi dan pembaruan data barang, sedangkan Supervisor bertugas melakukan pemantauan stok, menerima notifikasi stok minimum, serta meninjau laporan berkala. Komunikasi antara *client* dan *server* berlangsung melalui jaringan lokal berbasis Wi-Fi menggunakan protokol *HTTP*, dengan pertukaran data dalam format *JSON* melalui *API Laravel*. Setiap aktivitas pengguna terekam dalam sistem untuk memastikan akuntabilitas dan kemudahan pelacakan terhadap riwayat transaksi barang.

Antarmuka sistem dikembangkan dengan prinsip *user-centered design* agar mudah digunakan oleh pengguna non-teknis di lingkungan gudang. Komponen utama aplikasi meliputi halaman login, *dashboard* utama, menu transaksi barang masuk dan keluar, serta modul laporan stok. Tampilan antarmuka utama disajikan pada Gambar 6, yang memperlihatkan secara berurutan fitur login, dashboard, daftar barang, dan notifikasi stok menipis yang muncul otomatis saat jumlah stok mencapai batas minimum. Desain visual pada antarmuka juga memperhatikan konsistensi warna dan ikon agar pengguna dapat mengenali fungsi tombol dengan lebih intuitif.



Gambar 6. Tampilan Utama Aplikasi Stok Barang: Login, Dashboard, Daftar Barang, Notifikasi Stok Menipis

turnitin Page 16 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 17 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Implementasi sistem dilakukan melalui simulasi jaringan lokal menggunakan *XAMPP* sebagai *web server* dan dua perangkat *mobile client* yang terhubung ke alamat IP *server*. Setiap transaksi yang dilakukan oleh Admin Gudang secara otomatis diperbarui pada basis data dan dapat langsung diakses oleh Supervisor. Hasil uji coba awal menunjukkan bahwa sistem berjalan stabil dan dapat memperbarui data secara *real-time*. Dengan demikian, aplikasi yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan dan mampu memenuhi kebutuhan operasional pengelolaan stok barang di PT Wahanamas Pancajaya Kudus.

4.2. *Hasil Pengujian Sistem*

Tahap pengujian dilakukan untuk memverifikasi kesesuaian fungsi sistem terhadap kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black-box testing*, yang berfokus pada validasi fungsi tanpa memeriksa struktur internal kode. Setiap skenario pengujian dirancang berdasarkan fungsi utama sistem yang mencakup proses login, transaksi barang masuk dan keluar, pembuatan laporan, serta pengiriman notifikasi stok menipis. Metode ini dipilih karena mampu memastikan bahwa setiap komponen aplikasi berfungsi sesuai dengan rancangan tanpa harus menganalisis logika pemrograman internal.

Lingkungan pengujian menggunakan *XAMPP* sebagai *server* lokal dengan basis data *SQLite*, sedangkan aplikasi *client* dijalankan pada dua perangkat *smartphone* Android yang terhubung ke jaringan *Wi-Fi* yang sama. Dua aktor, yaitu Admin Gudang dan Supervisor, berinteraksi dengan sistem melalui antarmuka aplikasi mobile. Admin Gudang menguji seluruh fitur pencatatan stok dan pembaruan data barang, sedangkan Supervisor menguji fungsi notifikasi dan laporan stok. Seluruh pengujian dilakukan dalam kondisi jaringan stabil untuk memastikan bahwa komunikasi antara *client* dan *server* berjalan tanpa gangguan selama proses pengujian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan dengan baik dan memberikan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan. Tidak ditemukan kesalahan logika maupun gangguan sinkronisasi data selama proses pengujian berlangsung. Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi input untuk memastikan ketahanan sistem terhadap kemungkinan kesalahan pengguna dan kondisi data ekstrem.. Ringkasan hasil pengujian fungsional disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Black-Box Sistem Aplikasi Stok Barang

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	*Login & Logout*	Pengguna memasukkan kredensial *valid/invalid*	Sistem menerima login valid dan menolak login salah	Sistem menampilkan pesan sesuai kondisi	Berhasil
2	Input Barang Masuk	Admin menginput data barang baru	Data tersimpan dan stok bertambah	Data tersimpan dan stok bertambah di database	Berhasil
3	Input Barang Keluar	Admin menginput data barang baru	Stok berkurang sesuai transaksi	Stok berkurang dan tersimpan di database	Berhasil
4	Tambah/Edit/Hapus Barang	Admin memperbarui data barang	Perubahan tersimpan dan diperbarui di tampilan	Semua fungsi *CRUD* berjalan normal	Berhasil
5	Notifikasi Stok Menipis	Stok mencapai batas minimum	Supervisor menerima notifikasi otomatis	Notifikasi tampil di perangkat Supervisor	Berhasil
6	Laporan Stok Barang	Supervisor membuka menu laporan	Laporan menampilkan data transaksi terkini	Laporan tampil sesuai data aktual	Berhasil
7	Sinkronisasi *Multi-Client*	Dua perangkat melakukan transaksi bersamaan	Data sinkron di semua perangkat	Semua perangkat menampilkan data sama	Berhasil

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, seluruh fungsi utama aplikasi dinyatakan berfungsi sesuai spesifikasi dan tidak ditemukan *error* selama proses pengujian. Sistem juga mampu berjalan stabil dalam skenario *multi*-pengguna, di mana data tetap sinkron antarperangkat tanpa konflik. Dari hasil pengujian performa, waktu respon sistem rata-rata berkisar antara 0,8 hingga 1,2 detik per transaksi, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja cepat dan stabil untuk lingkungan operasional gudang yang memerlukan akses *real-time*. Pengujian dilakukan secara berulang untuk memastikan konsistensi hasil dan kestabilan performa pada setiap skenario pengujian yang dijalankan.

Selain pengujian fungsional, dilakukan pula rekapitulasi hasil pengujian untuk mengukur tingkat keberhasilan keseluruhan sistem. Rekapitulasi ini mencakup seluruh skenario uji yang telah dilaksanakan, baik pada fungsi utama maupun tambahan. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mencatat hasil validasi setiap skenario pengujian yang dijalankan oleh pengguna. Hasil pengujian agregat tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

turnitin Page 17 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 18 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Tabel 2. Ringkasan Evaluasi Hasil Pengujian Sistem

No	Komponen yang Diuji	Jumlah Skenario	Skenario Valid	Persentase Keberhasilan
1	*Login* dan Registrasi	3	3	100%
2	Input Barang Masuk/Keluar	4	4	100%
3	Notifikasi Stok Menipis	2	2	100%
4	Pembuatan Laporan	3	3	100%
Total		**12**	**12**	**100%**

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa seluruh komponen sistem berhasil diuji tanpa ditemukan kesalahan maupun kegagalan fungsi. Semua skenario berjalan valid dengan tingkat keberhasilan 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi seluruh kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang telah dirumuskan pada tahap analisis serta siap untuk diimplementasikan secara operasional. Proses evaluasi juga menunjukkan bahwa tidak ada ketidaksesuaian antara hasil aktual dan harapan yang telah ditetapkan pada rancangan awal sistem.

4.3. *Analisis Kuantitatif Efisiensi Sistem*

Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengukur peningkatan efisiensi proses setelah implementasi aplikasi stok barang berbasis *mobile*. Berdasarkan observasi terhadap 10 transaksi stok harian sebelum dan sesudah implementasi, diperoleh hasil bahwa rata-rata waktu pencatatan yang sebelumnya berkisar antara 5–7 menit per transaksi menurun menjadi 30–45 detik per transaksi setelah sistem diterapkan. Data observasi dikumpulkan secara langsung dari aktivitas pengguna di gudang selama periode uji coba sistem. Perbandingan dilakukan pada kondisi operasional yang sama untuk menjaga validitas hasil pengukuran waktu transaksi.

Dari perhitungan tersebut, tingkat efisiensi waktu meningkat sebesar 90,4%, sementara tingkat kesalahan input data menurun dari 2–3 kesalahan per bulan menjadi 0 kesalahan selama periode uji coba. Selain itu, waktu respon aplikasi dalam skenario multi-client berkisar antara 0,8–1,2 detik, menunjukkan performa sistem yang ringan dan stabil. Hasil ini diperoleh melalui analisis kuantitatif terhadap data log sistem yang mencatat setiap aktivitas pengguna. Nilai waktu respon diukur menggunakan alat bantu pemantauan jaringan untuk memastikan keakuratan hasil pengujian.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan sistem tidak hanya meningkatkan akurasi data, tetapi juga berkontribusi nyata pada efisiensi operasional dan pengambilan keputusan berbasis data *real-time* di lingkungan gudang perusahaan. Peningkatan efisiensi ini terlihat dari berkurangnya waktu tunggu antarproses selama kegiatan pencatatan stok berlangsung. Data yang terintegrasi juga memudahkan Supervisor dalam memantau ketersediaan barang tanpa perlu melakukan pemeriksaan manual. Dampak positif tersebut memperlihatkan bahwa sistem mampu mendukung aktivitas gudang dengan cara yang lebih cepat dan akurat.

4.4. *Pembahasan*

Hasil implementasi dan pengujian sistem menunjukkan bahwa penerapan metode *Rapid Application Development* (*RAD*) efektif dalam mempercepat proses pengembangan aplikasi stok barang pada PT Wahanamas Pancajaya Kudus. Pendekatan iteratif yang digunakan dalam *RAD* memungkinkan pengguna terlibat aktif dalam proses pengembangan, sehingga setiap umpan balik dapat segera diterapkan untuk meningkatkan kualitas sistem. Keterlibatan pengguna pada setiap tahap juga mengurangi risiko ketidaksesuaian kebutuhan (*requirement mismatch*) yang sering terjadi pada model pengembangan konvensional seperti *Waterfall*. Penerapan metode ini juga memberikan fleksibilitas tinggi bagi tim pengembang dalam melakukan penyesuaian fitur sesuai kebutuhan operasional di lapangan.

Dari aspek teknis, kombinasi *framework Laravel–Flutter–SQLite* terbukti mampu menghasilkan aplikasi yang efisien, ringan, dan stabil untuk digunakan pada jaringan lokal. Arsitektur *client–server* berbasis *REST API* yang diterapkan memudahkan komunikasi data antarperangkat dan memastikan pembaruan data stok dapat dilakukan secara cepat. Hasil pengujian performa menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respon yang rendah dan konsistensi data tinggi, bahkan ketika digunakan secara bersamaan oleh beberapa pengguna. Kinerja tersebut menunjukkan bahwa integrasi antarkomponen perangkat lunak telah dioptimalkan sehingga mampu mempertahankan stabilitas sistem meskipun terjadi aktivitas akses data secara simultan.

Secara fungsional, sistem berhasil mengatasi kendala utama perusahaan, yaitu keterlambatan pelaporan, kesalahan pencatatan, dan kurangnya notifikasi dini terhadap stok menipis. Melalui antarmuka mobile yang sederhana, staf gudang dapat melakukan pencatatan barang secara langsung dan Supervisor dapat memantau

turnitin Page 18 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 19 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

stok secara real-time. Fitur notifikasi stok menipis memberikan manfaat nyata karena membantu Supervisor dalam pengambilan keputusan terkait pengadaan bahan baku secara tepat waktu. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa rancangan sistem telah menyesuaikan kebutuhan pengguna di lapangan dengan tingkat kemudahan penggunaan yang tinggi.

Hasil evaluasi lapangan menunjukkan bahwa pengguna merasa aplikasi mudah digunakan dan mempercepat pekerjaan administrasi gudang. Hal ini memperkuat pandangan bahwa penerapan sistem informasi berbasis mobile dengan metode *RAD* dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi kerja di sektor manufaktur. Secara akademis, penelitian ini memperkuat temuan terdahulu mengenai efektivitas *RAD* dalam pengembangan sistem informasi [7], [10], [11], sekaligus memberikan kontribusi baru dengan penerapan model *mobile-first* berbasis arsitektur *client–server* pada industri percetakan. Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa fitur-fitur utama sistem diterima baik oleh pengguna karena mampu menyederhanakan proses administrasi yang sebelumnya dilakukan secara manual.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi dengan baik secara teknis, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi proses bisnis dan mendukung transformasi digital dalam pengelolaan persediaan di lingkungan industri menengah. Implementasi sistem ini memperlihatkan keterpaduan antara komponen teknologi dan kebutuhan pengguna akhir dalam satu kesatuan proses kerja yang efisien. Penggunaan perangkat *mobile* juga memperluas aksesibilitas sistem bagi staf operasional di berbagai lokasi kerja. Dampak positif ini menegaskan bahwa sistem mampu diadaptasi dengan baik pada skala operasional perusahaan menengah.

Hasil ini menunjukkan adanya perbaikan nyata pada efisiensi proses kerja, bukan hanya dari sisi fungsionalitas sistem, tetapi juga produktivitas pengguna. Peningkatan produktivitas tersebut tampak dari berkurangnya waktu yang dibutuhkan untuk setiap transaksi pencatatan stok. Pengguna dapat menyelesaikan lebih banyak pekerjaan dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah. Efek ini mencerminkan kontribusi langsung sistem terhadap peningkatan kinerja keseluruhan operasional gudang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. *Kesimpulan*

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi stok barang berbasis *mobile* dengan menggunakan metode *Rapid Application Development* (*RAD*) pada lingkungan operasional PT Wahanamas Pancajaya Kudus. Aplikasi ini dirancang dengan arsitektur *client–server* yang mengintegrasikan *framework Laravel* pada sisi *server* dan *Flutter*/*Dart* pada sisi klien, dengan basis data *SQLite* sebagai media penyimpanan utama. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan utama perusahaan dalam hal keterlambatan pelaporan, kesalahan pencatatan stok, dan tidak adanya mekanisme notifikasi dini terhadap stok menipis. Melalui pendekatan iteratif dalam metode *RAD*, sistem dapat dikembangkan secara cepat dan tepat dengan melibatkan pengguna pada setiap tahap pengembangan, sehingga kebutuhan operasional gudang dapat diakomodasi secara optimal.

Hasil pengujian menggunakan metode *black-box testing* membuktikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Seluruh fitur utama, termasuk *login*, pencatatan barang masuk dan keluar, notifikasi stok menipis, serta pembuatan laporan stok, berfungsi dengan baik tanpa ditemukan kesalahan logika atau gangguan sinkronisasi. Sistem juga mampu beroperasi secara stabil dalam skenario *multi*-pengguna melalui jaringan lokal, dengan waktu respon rata-rata yang cepat dan konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan sistem berbasis *mobile* yang dikembangkan memiliki performa yang andal serta sesuai dengan karakteristik lingkungan kerja di gudang yang membutuhkan kecepatan dan akurasi tinggi dalam pengelolaan data persediaan.

Secara praktis, penerapan sistem ini memberikan manfaat nyata bagi perusahaan dalam meningkatkan efisiensi dan transparansi proses pencatatan stok barang. Pencatatan yang sebelumnya dilakukan secara manual kini dapat dilakukan secara digital, *real-time*, dan terintegrasi antar pengguna, sehingga mengurangi risiko kesalahan pencatatan dan mempercepat pengambilan keputusan terkait pengadaan barang. Dari sisi pengguna, sistem dinilai mudah dioperasikan karena memiliki antarmuka yang sederhana dan fungsional, sehingga dapat digunakan oleh staf gudang tanpa memerlukan pelatihan yang rumit. Peningkatan efisiensi ini juga berdampak pada optimalisasi sumber daya manusia karena waktu yang sebelumnya digunakan untuk pencatatan manual dapat dialihkan pada kegiatan operasional lainnya.

turnitin Page 19 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 20 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Secara akademis, penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa metode *Rapid Application Development* (*RAD*) efektif digunakan untuk proyek pengembangan sistem informasi dalam skala menengah yang membutuhkan validasi cepat dari pengguna. Penelitian ini juga menambahkan kontribusi baru dalam penerapan kombinasi teknologi *Laravel–Flutter–SQLite* pada konteks industri manufaktur dan percetakan, yang selama ini belum banyak dibahas dalam literatur. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi antara pendekatan pengembangan cepat dan teknologi *mobile-first* mampu menghasilkan sistem yang efisien, stabil, dan relevan untuk kebutuhan operasional industri. Implikasi akademis ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan model pengembangan sistem berbasis kolaboratif yang berfokus pada keterlibatan pengguna secara langsung.

Kebaruan penelitian ini secara khusus terletak pada penerapan kombinasi *Flutter–Laravel–SQLite* dengan metode *RAD* untuk pengembangan sistem stok barang berbasis mobile yang efisien dan ringan di industri percetakan. Kombinasi ini terbukti memberikan keseimbangan antara kecepatan pengembangan dan keandalan sistem yang dihasilkan. Potensi pengembangan ke arah integrasi berbasis *cloud* juga memungkinkan perluasan akses data lintas lokasi secara aman dan efisien.

Kebaruan penelitian ini secara khusus terletak pada penerapan kombinasi *Flutter–Laravel–SQLite* dengan metode *Rapid Application Development* (*RAD*) untuk pengembangan sistem stok barang berbasis *mobile* yang efisien dan ringan di industri percetakan. Temuan ini memberikan kontribusi baru terhadap penerapan model *RAD* dalam konteks *client–server mobile inventory*, serta membuka peluang pengembangan selanjutnya melalui integrasi *Internet of Things* (*IoT*) dan *cloud synchronization* untuk mendukung digitalisasi rantai pasok. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa integrasi teknologi modern mampu meningkatkan skalabilitas sistem tanpa mengorbankan efisiensi kinerja. Selain itu, penerapan arsitektur *client–server* yang fleksibel memungkinkan pengembangan fitur lanjutan seperti monitoring stok otomatis dan analisis prediktif berbasis data historis.

5.2. *Saran*

Meskipun sistem yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian dilakukan pada skala lokal dengan jumlah pengguna terbatas dan belum mencakup implementasi berbasis *cloud* untuk akses jarak jauh. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan versi berbasis *web service* atau integrasi dengan sistem enterprise yang lebih luas, seperti *ERP* atau sistem pembelian otomatis. Selain itu, pengujian *usability* secara kuantitatif dan analisis kinerja sistem pada skala data besar juga dapat dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif terhadap efektivitas sistem dalam jangka panjang. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur analisis data yang mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis informasi stok. Penerapan sistem serupa juga berpotensi diadaptasi oleh perusahaan lain yang memiliki karakteristik proses bisnis sejenis untuk memperluas penerapan teknologi digital di sektor industri.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa penerapan metode *Rapid Application Development* (*RAD*) dengan dukungan teknologi *mobile* dapat memberikan solusi praktis dan efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional gudang serta mendukung transformasi digital di lingkungan industri manufaktur menengah. Sistem yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional, tetapi juga memberikan fondasi bagi pengembangan sistem informasi yang lebih terintegrasi di masa depan. Penerapan metode ini juga menunjukkan fleksibilitas tinggi dalam menyesuaikan kebutuhan pengguna pada berbagai tingkat operasional. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengguna dapat beradaptasi dengan sistem secara cepat karena antarmuka yang sederhana dan proses kerja yang mudah dipahami.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. J. Mandalangi, K. Sara, and L. B. F. Mando, “Web-Based Inventory Information System Using First-In First-Out (FIFO) Algorithm at CV Dewangga,” *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 3, pp. 523–543, Nov. 2025, doi: 10.51903/qmw5sk61.

[2] M. B. Khanyi, S. N. Xaba, N. A. Mlotshwa, B. Thango, and L. Matshaka, “A Roadmap to Systematic Review: Evaluating the Role of Data Networks and Application Programming Interfaces in Enhancing Operational Efficiency in Small and Medium Enterprises,” *Sustainability*, vol. 16, no. 23, p. 10192, Dec. 2024, doi: 10.3390/su162310192.

[3] S. Chauhan, R. Singh, A. Gehlot, S. V. Akram, B. Twala, and N. Priyadarshi, “Digitalization of Supply

turnitin Page 20 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 21 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Chain Management with Industry 4.0 Enabling Technologies: A Sustainable Perspective," *Processes*, vol. 11, no. 1, p. 96, Dec. 2022, doi: 10.3390/pr11010096.

[4] A. Zainudin, A. P. Hadi, and A. Priyadi, "Sistem Informasi Persediaan Obat Berbasis Web di Rumah Sakit Bina Kasih," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 30–34, Jan. 2024, doi: 10.51903/2xwvpm83.

[5] F. Chen, C. Zhao, X. Yang, N. Luo, and C. Sun, "A Lightweight Accountable Parallel Blockchain Architecture Based on Redactable Blockchain for Agri-Food Traceability," *Foods*, vol. 14, no. 4, p. 623, Feb. 2025, doi: 10.3390/foods14040623.

[6] H. J. Zietsman and J. H. van Vuuren, "A Generic Decision Support Framework for Inventory Procurement Planning in Distribution Centres," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 177, p. 109057, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.cie.2023.109057.

[7] S. Al Faiz, A. B. Santoso, and M. U. Dewi, "Web-Based Inventory Information System Design at Sahabat Store Using Rad Method," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 62–72, May 2025, doi: 10.51903/yehf0357.

[8] H. S. Musa, M. Krichen, A. A. Altun, and M. Ammi, "Survey on Blockchain-Based Data Storage Security for Android Mobile Applications," *Sensors*, vol. 23, no. 21, p. 8749, Oct. 2023, doi: 10.3390/s23218749.

[9] A. Gupta, T. S. Priya, and P. V. Ramani, "Android Application Prototype for Construction Logistics Tracking," *Innov. Infrastruct. Solut.*, vol. 7, no. 6, pp. 1–12, Oct. 2022, doi: 10.1007/s41062-022-00957-y.

[10] S. Boldyryev, O. S. Ivashchuk, G. Krajačić, and V. M. Atamanyuk, "Review of Challenges in Heat Exchanger Network Development for Electrified Industrial Energy Systems," *Energies*, vol. 18, no. 14, p. 3685, Jul. 2025, doi: 10.3390/en18143685.

[11] M. Yıldırım and B. G. Gümü¸s, "Accurate Fault Classification in Wind Turbines Based on Reduced Feature Learning and RVFLN," *Electronics*, vol. 14, no. 19, p. 3948, Oct. 2025, doi: 10.3390/electronics14193948.

[12] S. Lamperti, A. Cavallo, and C. Sassanelli, "Digital Servitization and Business Model Innovation in SMEs: A Model to Escape From Market Disruption," *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 71, pp. 4619–4633, 2024, doi: 10.1109/tem.2022.3233132.

[13] B. Szabó and K. Hercegfi, "User-Centered Approaches in Software Development Processes: Qualitative Research Into the Practice of Hungarian Companies," *J. Softw. Evol. Process*, vol. 35, no. 2, p. 2501, Feb. 2023, doi: 10.1002/smr.2501.

[14] K. Mohammed, M. Abdelhafid, K. Kamal, N. Ismail, and A. Ilias, "Intelligent Driver Monitoring System: An Internet of Things-Based System for Tracking and Identifying the Driving Behavior," *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 84, p. 103704, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.csi.2022.103704.

[15] A. T. Rosário and R. Raimundo, "Internet of Things and Distributed Computing Systems in Business Models," *Futur. Internet*, vol. 16, no. 10, p. 384, Oct. 2024, doi: 10.3390/fi16100384.

[16] T. Ji and X. Xu, "Exploring the Integration of Cloud Manufacturing and Cyber-Physical Systems in the Era of Industry 4.0 – An OPC UA Approach," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 93, p. 102927, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.rcim.2024.102927.

[17] F. Qiu *et al.*, "A Review on Integrating IoT, IIoT, and Industry 4.0: A Pathway to Smart Manufacturing and Digital Transformation," *IET Inf. Secur.*, vol. 2025, no. 1, p. 9275962, Jan. 2025, doi: 10.1049/ise2/9275962.

[18] T. Loima, J. Y. Yoon, and K. Kaarj, "Microfluidic Sensors Integrated with Smartphones for Applications in Forensics, Agriculture, and Environmental Monitoring," *Micromachines*, vol. 16, no. 7, p. 835, Jul. 2025, doi: 10.3390/mi16070835.

[19] M. I. Younis, Y. I. Sallam, K. F. Mahmoud, Z. Ruan, R. H. Tlay, and T. G. Abedelmaksoud, "Smartphones as Catalysts for Synergistic Nutrition: A New Era in Bioactive Detection,"

turnitin Page 21 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

turnitin Page 22 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862

p-ISSN : 2803-1507 e-ISSN : 2803-1531

Personalization, and Food System Intelligence," *Food Sci. Nutr.*, vol. 13, no. 9, p. e70880, Sep. 2025, doi: 10.1002/fsn3.70880.

[20] J. Y. Ma and T. W. Kang, "The Impact of Digital Technology Characteristics on Operational Decision Optimization: The Mediating Role of Information System Agility in Healthcare Supply Chains," *Sustainability*, vol. 17, no. 18, p. 8471, Sep. 2025, doi: 10.3390/su17188471.

[21] H. Lin, J. Lin, and F. Wang, "An Innovative Machine Learning Model for Supply Chain Management," *J. Innov. Knowl.*, vol. 7, no. 4, p. 100276, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.jik.2022.100276.

[22] N. Kanellos, M. C. Terzi, N. T. Giannakopoulos, P. Karountzos, and D. P. Sakas, "The Economic Dynamics of Desktop and Mobile Customer Analytics in Advancing Digital Branding Strategies: Insights from the Agri-Food Industry," *Sustainability*, vol. 16, no. 14, p. 5845, Jul. 2024, doi: 10.3390/su16145845.

[23] J. Vinueza-Martinez, M. Correa-Peralta, R. Ramirez-Anormaliza, O. Franco Arias, and D. Vera Paredes, "Geographic Information Systems (GISs) Based on WebGIS Architecture: Bibliometric Analysis of the Current Status and Research Trends," *Sustainability*, vol. 16, no. 15, p. 6439, Jul. 2024, doi: 10.3390/su16156439.

[24] Y. A. Daraghmi and E. Y. Daraghmi, "RAPD: Rapid and Participatory Application Development of Usable Systems During COVID19 Crisis," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 93601–93614, 2022, doi: 10.1109/access.2022.3203582.

[25] M. Levy and I. Hadar, "Requirements Engineering for No-Code Development (RE4NCD): Case Studies of Rapid Application Development During Crisis," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 182, p. 107724, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.infsof.2025.107724.

[26] B. Soongpol, P. Netinant, and M. Rukhiran, "Practical Sustainable Software Development in Architectural Flexibility for Energy Efficiency Using the Extended Agile Framework," *Sustainability*, vol. 16, no. 13, p. 5738, Jul. 2024, doi: 10.3390/su16135738.

[27] C. Tijus, P.-L. Lee, C.-F. Yang, C.-Y. Chang, R. Uddin, and I. Koo, "Real-Time Remote Patient Monitoring: A Review of Biosensors Integrated with Multi-Hop IoT Systems via Cloud Connectivity," *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 5, p. 1876, Feb. 2024, doi: 10.3390/app14051876.

[28] C. T. Lee *et al.*, "The Precision in Psychiatry (PIP) study: Testing an internet-based methodology for accelerating research in treatment prediction and personalisation," *BMC Psychiatry*, vol. 23, no. 1, pp. 1–19, Jan. 2023, doi: 10.1186/s12888-022-04462-5.

[29] L. Marques *et al.*, "Advancing Precision Medicine: A Review of Innovative In Silico Approaches for Drug Development, Clinical Pharmacology and Personalized Healthcare," *Pharmaceutics*, vol. 16, no. 3, p. 332, Feb. 2024, doi: 10.3390/pharmaceutics16030332.

[30] T. Wilson, P. Gandharv, and K. Vachuska, "The Impact of the 2023 Wikipedia Redesign on User Experience," *Informatics*, vol. 12, no. 3, p. 97, Sep. 2025, doi: 10.3390/informatics12030097.

[31] D. Di Ruscio, D. Kolovos, J. de Lara, A. Pierantonio, M. Tisi, and M. Wimmer, "Low-Code Development and Model-Driven Engineering: Two Sides of the Same Coin?," *Softw. Syst. Model.*, vol. 21, no. 2, pp. 437–446, Jan. 2022, doi: 10.1007/s10270-021-00970-2.

turnitin Page 22 of 22 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3407041862