



# Implementasi Firebase Cloud Messaging untuk Meningkatkan Efisiensi Pencatatan Keuangan pada Aplikasi Android SmartMoney

Putri Cahyaning Tyas\*, Arif Iman Anshori, Abdul Razak Naufal

Fakultas Sains dan Teknologi, Informatika, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan, Pekalongan  
Jl. Karangdowo No.9, Kemoren, Karangdowo, Kec. Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah, Indonesia

Email: <sup>1</sup>\*putriacty@ gmail.com, <sup>2</sup>arif.iman@itsnupekalongan.ac.id, <sup>3</sup>naufal@itsnupekalongan.ac.id

Email Penulis Korespondensi: putriacty@ gmail.com

Submitted: 18/10/2025; Accepted: 31/10/2025; Published: 31/10/2025

**Abstrak**—Pengelolaan uang pribadi sering kali tidak diperhatikan oleh sebagian besar orang, manajemen keuangan yang tidak teratur sering mengakibatkan ketidaksesuaian antara pemasukan dan pengeluaran sehingga memicu pengeluaran yang tidak terkontrol. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kebiasaan pengguna dalam mencatat keuangan dengan menerapkan fitur pengingat (notifikasi) menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM) pada aplikasi SmartMoney. Metode pengumpulan data penelitian ini menggunakan kuesioner dan research, berdasarkan survei awal yang dilakukan dengan penyebaran kuesioner, sebanyak 73% di antaranya jarang melakukan pencatatan transaksi karena lupa dan merasa proses pencatatan manual tidak efisien. Proses pengembangan aplikasi SmartMoney menggunakan metode Incremental Development, sedangkan pengujian fungsionalitas dilakukan dengan Black Box Testing untuk mengecek sejauh mana pesan pengingat berhasil diterima di berbagai kondisi penggunaan aplikasi. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan per perangkat sehingga total 30 percobaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pesan notifikasi berhasil dikirimkan sebanyak 95% dari 30 kali uji coba, baik ketika aplikasi sedang berjalan di latar depan (Foreground), latar belakang (background), maupun telah ditutup sepenuhnya. Penerapan FCM ini terbukti efektif dalam memberi informasi transaksi secara langsung kepada pengguna (Killed). Sehingga penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi Firebase Cloud Messaging (FCM) mampu menciptakan fitur push notification (Pengingat Notifikasi) yang efektif dan konsisten kepada pengguna sehingga dapat meningkatkan efisiensi pencatatan keuangan yang lebih teratur.

**Kata Kunci:** Pengelola Keuangan; Android Mobile; Firebase Cloud Messaging; Incremental; Flutter

**Abstract**—Personal money management is often overlooked by most people, irregular financial management often results in a mismatch between income and expenses, thus triggering uncontrolled spending. This study aims to improve the efficiency of user habits in recording finances by implementing a reminder (notification) feature using Firebase Cloud Messaging (FCM) on the SmartMoney application. The data collection method for this study uses questionnaires and research, based on an initial survey conducted by distributing questionnaires, as many as 73% of them rarely record transactions because they forget and feel the manual recording process is inefficient. The SmartMoney application development process uses the Incremental Development method, Meanwhile, functional testing was conducted using the Black Box Testing method to check the extent to which reminder messages were successfully received under various application usage conditions. Testing was carried out 10 times per device for a total of 30 trials. The test results showed that notification messages were successfully delivered 95% of the 30 trials, whether the application was running in the foreground, background, or had been completely closed. The implementation of FCM has proven effective in providing transaction information directly to users (Killed). Therefore, this study shows that the implementation of Firebase Cloud Messaging (FCM) is able to create effective and consistent push notification (Notification Reminder) feature for users so that it can increase the efficiency of more orderly financial recording.

**Keywords:** Financial Management; Android Mobile; Firebase Cloud Messaging; Incremental; Flutter

## 1. PENDAHULUAN

Pengelolaan keuangan pribadi sangat penting untuk menjaga stabilitas finansial seseorang. Namun, masih banyak orang yang belum terbiasa mencatat pemasukan dan pengeluaran secara rutin, sehingga menyebabkan pengeluaran tidak terkontrol dan kesulitan mengelola kondisi keuangan [1]. Manajemen keuangan yang efektif masih menjadi tantangan bagi mayoritas masyarakat[2]. Menurut sejumlah survei, kebanyakan masyarakat masih belum sadar betapa krusialnya manajemen keuangan yang memadai bagi stabilitas keuangan mereka sendiri [3]. Seseorang dengan pendapatan lebih banyak akan cenderung mengonsumsi ataupun membeli barang yang lebih mahal[4]. Survei yang dilakukan dalam penelitian ini terhadap 109 responden menunjukkan bahwa 79,9% pengguna mengalami kesulitan dalam mencatat keuangan secara konsisten, meskipun memahami pentingnya perencanaan keuangan dalam mencapai tujuan finansial. Kondisi tersebut menegaskan bahwa kurangnya kedisiplinan dan rendahnya kepatuhan dalam mencatat pemasukan dan pengeluaran menjadi masalah utama bagi sebagian besar masyarakat. Beberapa faktor penyebab di antaranya yaitu keterbatasan waktu, rasa malas, dan sering lupa mencatat karena harus membuka aplikasi secara manual setiap kali terjadi transaksi.

Berbagai aplikasi pengelolaan keuangan telah dikembangkan sebelumnya sebagai solusi digital untuk membantu pengguna mengatur kondisi finansial. Aplikasi Android termasuk yang paling cepat berkembang dikarenakan permintaan pasar dan banyaknya pengguna Android [5]. Namun, hasil analisis penelitian terdahulu menunjukkan bahwa keterlibatan pengguna dalam jangka panjang masih rendah. Aplikasi cenderung hanya berfungsi sebagai pencatat transaksi, tanpa adanya mekanisme pengingat yang mampu mendorong perilaku keuangan berkelanjutan. Hal ini mengakibatkan pengguna seringkali lupa mencatat transaksi hariannya sehingga



data keuangan menjadi tidak akurat dan manfaat aplikasi kurang optimal. Salah satu cara untuk meningkatkan pengetahuan dan disiplin dalam mengelola uang adalah dengan menggunakan teknologi aplikasi keuangan berbasis ponsel.

Perkembangan teknologi mobile memberikan peluang dalam penyediaan aplikasi pencatatan keuangan berbasis Android yang bersifat praktis dan mudah digunakan. Sejumlah penelitian telah membahas pengembangan aplikasi pengelola keuangan seperti yang dilakukan oleh Trivaika et al. (2022) dan Sulaeman dan Waluyo (2023) yang mengimplementasikan manajemen keuangan berbasis mobile. Namun, sebagian besar penelitian tersebut hanya berfokus pada pencatatan transaksi dan analisis keuangan, belum secara spesifik menekankan pada penggunaan notifikasi sebagai metode peningkatan kedisiplinan pengguna [3]. Selain itu, berdasarkan studi sebelumnya, masih terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi kesenjangan (gap) penelitian, diantaranya tidak adanya fitur notifikasi pengingat yang terintegrasi secara real-time, dan belum adanya evaluasi efektivitas fitur dalam meningkatkan kepatuhan pencatatan keuangan, dan Fokus aplikasi sebelumnya masih pada penyajian fitur dasar tanpa dukungan teknologi layanan pesan berbasis cloud.

Meski demikian, penelitian ini belum menyediakan fitur pengingat yang bisa membantu pengguna mencatat keuangan secara teratur. Penelitian lain oleh Fadilah et al. menggunakan notifikasi push sebagai pengingat aktivitas keuangan, tetapi belum fokus pada peningkatan kedisiplinan pengguna dalam jangka waktu lama [6]. Dengan demikian, masih ada celah dalam penelitian mengenai efektivitas fitur notifikasi dalam mengubah kebiasaan pencatatan keuangan pengguna. Orang haruslah mempunyai pengetahuan tentang keuangan pribadi untuk membuat keputusan keuangan terbaik [7].

Pada penelitian ini, Responden menyatakan membutuhkan sistem pencatatan yang mampu memberikan pengingat otomatis secara berkala agar tidak melewatkan proses pencatatan. Temuan ini memperkuat bahwa fitur notifikasi menjadi salah satu solusi yang dapat meningkatkan efisiensi pengguna dalam mencatat keuangan secara rutin, maka dikembangkan aplikasi SmartMoney dengan menerapkan fitur notifikasi pengingat berbasis FCM yang berfungsi untuk mengingatkan pengguna agar melakukan pencatatan transaksi secara rutin. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan metode Incremental Development, sehingga setiap fitur diimplementasikan dan diuji secara bertahap untuk meningkatkan kualitas serta meminimalkan risiko kesalahan. Selain membangun aplikasi, penelitian ini juga melakukan pengujian tingkat keberhasilan pengiriman notifikasi dengan metode Black-Box Testing. Pengujian dilakukan untuk memastikan pesan notifikasi dapat diterima oleh pengguna dalam berbagai kondisi penggunaan aplikasi, baik ketika aplikasi aktif maupun sedang tidak dibuka. Tingkat keberhasilan dihitung menggunakan metrik Success Rate, yaitu perbandingan notifikasi yang berhasil diterima dengan jumlah notifikasi yang dikirimkan. Firebase Cloud Messaging (FCM) adalah layanan dari Google yang memungkinkan pengiriman pesan secara langsung ke perangkat ponsel, termasuk untuk pengingat aktivitas [8]. Firebase Cloud Messaging (FCM) merupakan layanan push notification yang umum digunakan dalam pengembangan aplikasi Android [9]. FCM memungkinkan pesan dikirimkan dari server ke perangkat pengguna bahkan ketika aplikasi dalam kondisi background atau tidak aktif. Hal ini menjadikan FCM solusi yang relevan dan efektif diterapkan sebagai fitur pengingat pencatatan keuangan. Penerapan FCM dalam aplikasi keuangan berpotensi mendorong pengguna untuk terbiasa mencatat keuangan secara rutin. Sayangnya, studi yang secara khusus mengevaluasi efektivitas fitur notifikasi FCM dalam konteks pengelolaan keuangan masih terbatas [10].

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan mengimplementasikan dan menguji efektivitas keberhasilan fitur notifikasi menggunakan Firebase Cloud Messaging pada aplikasi SmartMoney untuk meningkatkan efisiensi pengguna dalam mencatat transaksi keuangan. Penerapan fitur Notifikasi menggunakan firebase Cloud Messaging yang bertujuan sebagai pengingat pengelolaan keuangan bagi pengguna. Salah satu contoh konsep cloud messaging merupakan teknologi penting dalam pengembangan aplikasi modern, memungkinkan pengiriman pesan dari server cloud ke perangkat pengguna, guna mencerminkan respons terhadap kebutuhan pengembangan untuk komunikasi yang dinamis, efisien, dan skalabel [11]. Konsep cloud messaging ini seringkali dikaitkan dengan layanan seperti Firebase Cloud Messaging [12]. Kontribusi utama penelitian ini diharapkan mampu menerapkan fitur notifikasi pengingat transaksi di aplikasi Android berbasis Firebase Cloud Messaging, dan mengukur tingkat keberhasilan pemberian notifikasi sebagai pengingat pencatatan keuangan pada aplikasi SmartMoney serta mampu untuk mengevaluasi efektivitas pengiriman notifikasi melalui pengujian Black Box Testing pada berbagai kondisi penggunaan perangkat.

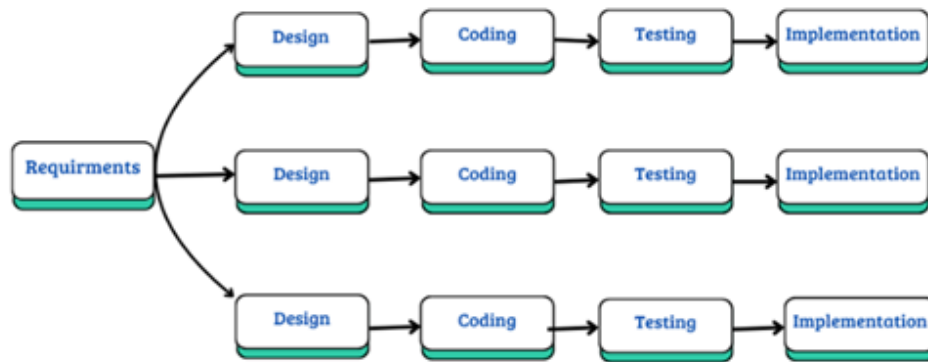
Dengan adanya fitur notifikasi yang berjalan secara konsisten, pengguna akan lebih terdorong untuk mencatat keuangan secara rutin, sehingga meningkatkan efisiensi pencatatan dan pengelolaan keuangan pribadi secara menyeluruh. Penelitian ini berperan dalam memberikan inovasi pada aplikasi pengelolaan keuangan di Indonesia, tidak hanya sebagai sarana pencatatan, tetapi juga sebagai penggerak perubahan perilaku keuangan pengguna melalui fitur notifikasi yang cerdas dan adaptif.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1 Tahapan Penelitian**

Penelitian ini menerapkan metode pengumpulan data kuesioner serta research studi literatur, penggunaan teknik research (studi literatur) dalam penelitian ini sangat penting. Studi Literatur digunakan untuk menjamin keutuhan

data yang diperoleh dari sumber referensi, buku, jurnal, dalam penelitian ini mengumpulkan data dan mempelajari konsep yang berkaitan dengan FCM (Firebase Cloud Messaging) dalam pengembangan fitur push notification. Literatur yang sudah dikaji tersebut bisa bermanfaat dalam proses penelitian berikutnya. Adapun pustaka studi literatur yang dipelajari dalam pelaksanaan penelitian ini terkait topik Push Notification, Firebase, Framework Flutter dan Firebase Cloud Messaging. Hal tersebut dilakukan guna melengkapi data dan informasi serta agar analisis data bisa dipertanggungjawabkan keakuratan. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan Incremental Development, dimana pengembangan sistem dilakukan secara bertahap berdasarkan kebutuhan inti aplikasi. Setiap increment meliputi analisis, desain, implementasi, dan pengujian fitur sehingga peneliti dapat melakukan evaluasi serta perbaikan pada setiap tahap sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya [5]. Selain itu, skenario pengujian spesifik untuk fitur notifikasi dilakukan dengan pengujian Black-Box terhadap implementasi Firebase Cloud Messaging (FCM) untuk memastikan notifikasi dapat berjalan dengan baik, harus terdeteksi latency pengiriman yang tidak lebih dari 10-15 detik dengan jaringan Wi-Fi maupun Data Seluler.



**Gambar 1.** Metode Incremental

Pada Gambar 1 merupakan alur pengembangan aplikasi dengan metode incremental. Melalui metode ini, tahapan pertama dalam pengembangan sistem ialah menetapkan kebutuhan harus dipenuhi oleh sistem secara keseluruhan. Fungsionalitas sistem kemudian dibagi sejumlah komponen yang lebih mudah dikelola dan bisa dikembangkan secara independen. Sesudah tiap increment selesai dikembangkan, dilakukan integrasi antara increment tersebut dengan sistem yang tersedia dan diuji secara ekstensif guna menjamin pengoperasian yang benar dan bebas dari konflik dengan komponen yang sudah tersedia.

## 2.2 Komponen Pengembangan Aplikasi

### 2.2.1 Dart

Dart ialah bahasa pemrograman yang didesain khusus untuk mengoptimalkan pembuatan aplikasi pada beragam platform. Google mengembangkan bahasa ini dan telah digunakan secara luas guna membangun aplikasi seluler, server, desktop, beserta web. Salah satu keunggulan Dart ialah kemampuannya untuk dikompilasi menjadi kode asli atau JavaScript, sehingga memungkinkan aplikasi yang ditulis dengan Dart dapat berjalan di berbagai lingkungan dan platform. Bahasa pemrograman dart akan terasa mudah ketika sudah familiar dengan Bahasa pemrograman Java ataupun JavaScript. Flutter pun menawarkan mesin render 2D, kerangka reactive- functional, widget siap pakai, beserta beragam tools guna menunjang pengembangan aplikasi[13][14][15].

### 2.2.2 Flutter

Pengembang bisa merancang aplikasi dengan performa tinggi beserta antarmuka yang kaya dan responsif melalui Flutter. Flutter ialah kerangka kerja open-source atau SDK yang dibuat oleh Google yang memungkinkan pengembang untuk membangun antarmuka pengguna aplikasi berkinerja tinggi (Customerinterface/UI) untuk platform iOS dan Android melalui basis kode tunggal. Dengan fitur hot reload di Flutter, tiap perubahan dibuat secara otomatis tanpa membutuhkan build, jadi tidak perlu mengompilasi ataupun mem-build ulang untuk melihat hasilnya [16]. Selain itu, Flutter menawarkan sejumlah widget beserta komponen guna mempercepat proses pengembangan aplikasi, menghasilkan pengalaman pengembangan yang efektif beserta menyederhanakan proses bagi pengembang untuk menghasilkan aplikasi mobile berkualitas tinggi. Manfaat utama Flutter ialah memungkinkan pembuatan aplikasi lintas platform, yang menjadikan pengembang untuk merancang aplikasi yang berfungsi pada kedua sistem operasi utama—iOS beserta Android [17][18][19].

### 2.2.3 Android

Android merupakan sistem operasi untuk telepon seluler yang berjalan di Linux. Sistem ini diciptakan oleh Google dan berbasis kernel Linux, ditujukan untuk perangkat touchscreen mobile termasuk tablet ataupun smartphone. Android menawarkan platform terbuka (open source) bagi para pengembang untuk mengembangkan aplikasi mereka sehingga android kini dijadikan raja smartphone. Aplikasi Android termasuk yang paling cepat



berkembang dikarenakan permintaan pasar dan banyaknya pengguna Android. Android bersifat OpenSource sehingga para pengembang bebas membuat aplikasi untuknya. Makna dari lengkap yakni bahwasanya dibanding platform lain, Android menawarkan jangkauan kemampuan pengembangan perangkat lunak yang jauh lebih lengkap. Android ialah platform mobile yang bebas, artinya tidak terdapat batasan dalam pengembangan aplikasi. Tidak dibutuhkan lisensi untuk mengembangkan aplikasi Android [20][21].

### 2.2.4 Firebase Cloud Messaging

Layanan Google bernama Firebase Cloud Messaging (FCM) memungkinkan pengguna sistem menerima notifikasi ataupun pesan melalui smartphone ataupun web browser. Notifikasi bisa berfungsi dengan baik di situs web, iOS, beserta Android tanpa biaya mahal dikarenakan FCM menghubungkan antar server dan device. FCM mewajibkan pengguna mempunyai koneksi internet supaya notifikasi bisa berjalan. Dengan aplikasi android, masyarakat dapat dengan mudah melakukan pengelolaan keuangan, selain itu aplikasi android merupakan salah satu media yang cukup fleksibel sehingga dapat digunakan kapanpun dan dimanapun sambil menjalankan aktivitas lainnya [22][23]

### 2.3 Analisis Kebutuhan

Analisis dilakukan melalui kuesioner untuk mengetahui kebutuhan pengguna dalam pengelolaan keuangan. Data ini digunakan untuk menentukan kebutuhan fungsional dan non-fungsional aplikasi. Tabel 1 merupakan hasil dari pertanyaan kuesioner yang mendapatkan 109 responden dengan disertai hasil presentase.

**Tabel 1.** Hasil Kuesioner

No.	Pertanyaan	Hasil Presentase
1.	Seberapa sering Anda mencatat pengeluaran keuangan atau pemasukan Anda?	19,3% masyarakat mencatat keuangan setiap minggu sekali, 11% setiap sebulan sekali.
2.	Apakah Anda saat ini menggunakan aplikasi pengelola keuangan?	67,9% menggunakan aplikasi keuangan, 32,1% tidak.
3.	Apakah akhir-akhir ini Anda mulai menyadari adanya pemborosan dan sadar pentingnya mengelola uang secara bijak untuk mencapai tujuan finansial?	89,9% sangat menyadari, 10,1% tidak
4.	Apakah anda membutuhkan Aplikasi untuk mengelola keuangan?	79,6% membutuhkan, 20,4% tidak
5.	Seberapa penting fitur keamanan seperti password atau fingerprint dalam aplikasi ini bagi Anda?	86,1% memilih sangat penting
6.	Apakah Anda lebih suka tampilan aplikasi yang simpel atau penuh fitur?	75% memilih simpel
7.	Fitur apa yang paling Anda butuhkan dalam aplikasi pengelola keuangan?	61,1% membutuhkan fitur pencatatan rencana keuangan, pemasukan pengeluaran beserta notifikasi pengingat, dan juga laporan keuangan.

### 2.4 Desain

Desain antarmuka dan model data dibuat sesuai kebutuhan fitur aplikasi, termasuk menentukan struktur basis data pada Firebase dan alur sistem notifikasi FCM.

### 2.5 Implementasi Fitur Notifikasi

Penerapan fitur utama dilakukan pada tahapan ini, Pengembangan dilakukan secara bertahap:

- a. Incremental 1 → Autentikasi pengguna (Firebase Authentication)
- b. Incremental 2 → Pencatatan transaksi (Firebase Firestore)
- c. Incremental 3 → Fitur notifikasi pengingat (Firebase Cloud Messaging)

### 2.6 Pengujian Sistem

Metode Blackbox Testing adalah cara yang digunakan untuk menguji perangkat lunak tanpa perlu mengetahui secara rinci bagaimana program tersebut bekerja. Dalam pengujian ini, fokusnya adalah pada hasil yang dikeluarkan setelah masukan diberikan, tanpa perlu memahami kode program yang digunakan untuk menghasilkan output tersebut. Proses pengujian dilakukan dengan menjalankan program dan menguji setiap bagian, seperti formulir, dengan memasukkan data. Tujuannya adalah memastikan bahwa program tersebut berjalan sesuai dengan kebutuhan perusahaan [24][25]. Pengujian fungsionalitas pada aplikasi SmartMoney menggunakan Black Box Testing untuk mengevaluasi keberhasilan pengiriman notifikasi pengingat. Pengujian dilakukan menggunakan dua perangkat Android dengan kondisi aplikasi foreground, background, dan killed, serta diuji menggunakan dua jenis jaringan (Wi-Fi dan data seluler). Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali pada masing-masing kondisi. Keberhasilan implementasi FCM diukur berdasarkan dua parameter berikut:

- 1) Persentase keberhasilan penerimaan notifikasi,

2) Latency waktu pengiriman (detik) dari Firebase ke perangkat penerima.

Black-Box Testing, yang juga disebut uji perilaku, berfokus pada persyaratan fungsional dari perangkat lunak. Artinya, uji kotak hitam memberikan insinyur perangkat lunak beberapa kondisi input yang sudah memenuhi semua persyaratan fungsional dari program tersebut. Metode ini sangat cocok dalam validasi fitur berbasis layanan cloud karena target evaluasi berfokus pada keberhasilan reaksi dari input pengguna [23].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menyajikan hasil implementasi fitur push notification menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM) pada aplikasi SmartMoney serta pengujian fungsionalitas untuk menilai tingkat keberhasilan penerimaan notifikasi pada pengguna. Pembahasan dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya untuk menunjukkan kontribusi dan keunggulan sistem yang dikembangkan. Fitur ini bertujuan sebagai pengingat bagi pengguna agar terbiasa mencatat transaksi keuangan secara rutin. Selain itu, aplikasi ini juga dilengkapi beberapa fitur pendukung seperti autentikasi pengguna, pencatatan transaksi pemasukan maupun pengeluaran, serta pengaturan tampilan antarmuka dalam tiga mode yaitu dark, light, dan mengikuti pengaturan sistem, sehingga meningkatkan kenyamanan pengguna.

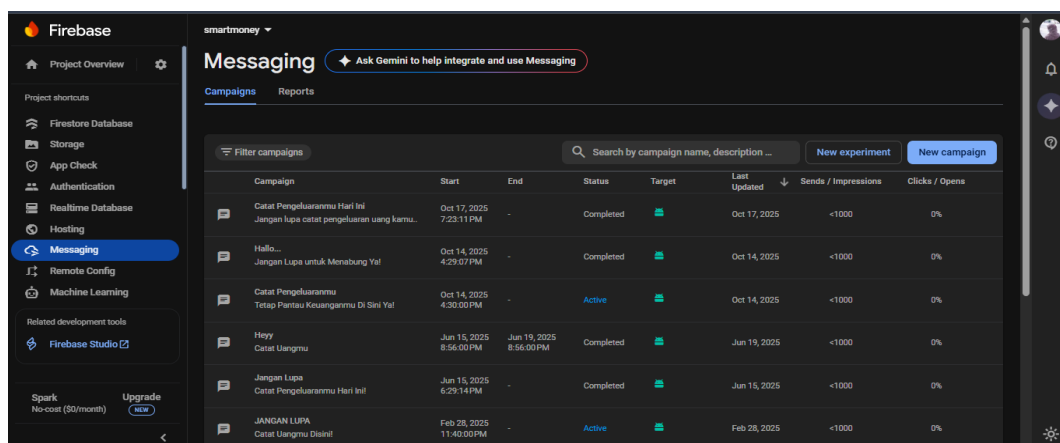
Pengujian sistem dilakukan dengan metode Black Box Testing berdasarkan tiga kondisi aplikasi yaitu saat aplikasi dalam mode foreground, background, dan ketika aplikasi ditutup sepenuhnya. Pengujian dilakukan pada dua perangkat Android menggunakan jaringan Wi-Fi dan data seluler sebanyak 30 kali percobaan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2, dari hasil tersebut, tingkat keberhasilan penerimaan notifikasi mencapai 95%, dengan rata-rata waktu tunda (latency) sekitar 2-4 detik. Hal ini membuktikan bahwa fitur notifikasi FCM mampu berjalan secara real-time dan tetap berfungsi meskipun aplikasi tidak sedang aktif.

Analisis Dampak Fitur Notifikasi terhadap Pengguna sebelumnya berdasarkan hasil penyebaran kuesioner yang terdapat di Tabel 1 terkait kebutuhan pengingat pencatatan keuangan. Hasil survei menunjukkan: Mayoritas pengguna sering lupa mencatat transaksi. Notifikasi dianggap bermanfaat dalam meningkatkan kedisiplinan. Pengguna merasa lebih termotivasi mencatat keuangan setelah menerima pengingat. Fitur notifikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini meningkatkan fungsionalitas dibandingkan penelitian yang sebelumnya yang belum fokus pada meningkatkan kepatuhan pengguna dalam mencatat keuangan melalui mekanisme pengingat otomatis.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fitur notifikasi pengingat berpotensi mendorong perilaku pencatatan keuangan yang lebih disiplin dan konsisten. Dari segi teknis, penggunaan layanan cloud Firebase memberikan kestabilan distribusi pesan yang dapat berjalan dalam berbagai kondisi jaringan. Namun, terdapat batasan saat perangkat dalam mode hemat daya ekstrem yang berpotensi memengaruhi stabilitas penerimaan notifikasi. Oleh karena itu, untuk pengembangan berikutnya, dapat dipertimbangkan pemantauan kondisi jaringan dan konfirmasi pengiriman notifikasi agar pesan benar-benar sampai kepada setiap pengguna.

#### 3.1 Implementasi Firebase Cloud Messaging

Aplikasi SmartMoney dikembangkan menggunakan platform Android dengan framework Flutter, dan terhubung ke layanan backend Firebase. Fitur utama yang diterapkan adalah push notification sebagai pengingat agar pengguna rutin mencatat keuangan setiap hari. Notifikasi tersebut dikirim secara terjadwal sesuai dengan preferensi pengguna melalui Firebase Cloud Messaging (FCM).



**Gambar 2.** Proses Firebase Cloud Messaging

Pada Gambar 2 merupakan Proses pengiriman notifikasi dilakukan oleh layanan Firebase Messaging ke aplikasi di perangkat pengguna melalui token perangkat yang unik untuk setiap perangkat. Pada tahap ini dilakukan pengisian konten dasar notifikasi, yang meliputi 'Notification title' (judul notifikasi) dan 'Notification text' (isi

pesan). Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan membuat beberapa kampanye pengiriman pesan melalui Firebase Console, untuk memastikan pesan dapat diterima oleh perangkat target. Proses pengiriman notifikasi dikelola melalui dashboard Firebase, di mana beberapa kampanye pesan seperti 'Catat Pengeluaranmu Hari Ini' dan 'Hallo...jangan lupa untuk menabung ya!' dibuat dan dikirimkan ke target pengguna, beberapa pesan terjadwal dan langsung telah dikonfigurasi melalui Firebase Console. Kedua kolom ini merupakan elemen utama yang akan ditampilkan pada perangkat pengguna. Antarmuka ini juga memfasilitasi penambahan elemen multimedia melalui 'Notification image' dan memberikan pratinjau (preview) secara real-time Aplikasi SmartMoney menampilkan pesan notifikasi meskipun aplikasi sedang berada dalam kondisi: Foreground (sedang digunakan), Background dan Killed state (aplikasi ditutup sepenuhnya). Kinerja tersebut menunjukkan bahwa sistem pengingat yang dibangun dapat memaksimalkan tingkat penerimaan informasi oleh pengguna.

**3.2 Hasil Pengujian Black Box**

Pengujian fitur notifikasi dilakukan menggunakan Black-Box hanya berfokus pengujian pada keluaran tanpa mengetahui detail proses internal sistem. Tujuan pengujian ini adalah memastikan pesan notifikasi selalu diterima sesuai skenario penggunaan aplikasi. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2 di bawah ini:

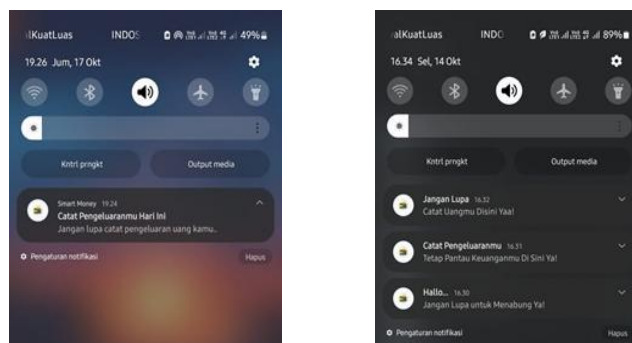
**Tabel 2.** Hasil Pengujian Black Box Firebase Cloud Messaging

Test Case	Device	Status Aplikasi	Jenis Jaringan	Total Pengiriman Notif	Pesan Notif Diterima	Latency (Detik)	Keberhasilan
TC-01	Device 1 (Android 11)	Foreground	Wi-Fi	10	10	1-2 detik	100%
TC-02	Device 1 (Android 11)	Background	Data Seluler	10	9	2 detik	90%
TC-03	Device 1 (Android 12)	Killed	Wi-Fi & Data Seluler	10	10	2-4 detik	100%
Rata-Rata				30	29	≈2–3 detik	95%

Berdasarkan Tabel 2 Hasil pengujian Black Box FCM, Aplikasi diuji pada dua perangkat Android dengan kondisi berbeda, Kondisi yang diuji:

- 1) Aplikasi aktif (foreground)
- 2) Aplikasi di-background
- 3) Aplikasi ditutup (killed)

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali pengiriman notifikasi. sistem notifikasi menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM) mampu mengirimkan pesan secara real-time dengan tingkat keberhasilan rata-rata 95%, sehingga dapat dinyatakan berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Aplikasi SmartMoney dibuat dengan antarmuka yang mudah dipahami dan bisa digunakan dengan cepat. Pengguna bisa mencatat pemasukan dan pengeluaran dengan mudah lewat form yang sederhana. Aplikasi ini juga menyediakan tiga pilihan tampilan, yaitu light, dark, dan system, yang bisa disesuaikan dengan selera pengguna. Hasil uji coba kenyamanan menunjukkan bahwa 85% pengguna merasa antarmuka aplikasi mudah dipahami dan nyaman digunakan dalam waktu yang lama. Meskipun berhasil secara keseluruhan, penggunaan FCM dalam aplikasi SmartMoney masih ada beberapa kekurangan, diantaranya: Notifikasi bisa terlambat muncul jika perangkat dalam mode hemat baterai. Di perangkat Android versi di bawah 8.0, notifikasi tidak selalu muncul jika aplikasi tertutup sepenuhnya. Ketergantungan pada koneksi internet bisa jadi hambatan di area dengan sinyal lemah.



**Gambar 3.** Tampilan Notification Aplikasi SmartMoney

Gambar 3 menunjukkan antarmuka pengelolaan kampanye FCM yang aktif digunakan dalam pengembangan aplikasi smartmoney. Firebase Cloud Messaging (FCM) dimanfaatkan untuk mengirimkan pengingat (reminder) kepada pengguna secara proaktif. Tampilan notifikasi terlihat bahwa beberapa pesan terjadwal dan langsung telah dikonfigurasi melalui Firebase Console. Pesan-pesan ini, seperti 'Jangan lupa catat pengeluaran uang kamu,' dirancang sebagai pengingat untuk mendorong pengguna agar rutin melakukan pencatatan keuangan, dan ditampilkan dengan benar pada bilah notifikasi device pengguna. Berdasarkan pengujian teknis dan hasil survei pengguna:

- 1) Sistem notifikasi berjalan efektif dan stabil.
- 2) Notifikasi tetap dikirim meski aplikasi tidak berjalan di foreground.
- 3) Fitur ini membantu pengguna lebih disiplin mencatat transaksi.

Hasil pengujian latensi secara konsisten menunjukkan kinerja Firebase Cloud Messaging (FCM) yang sangat efisien, terlepas dari status aplikasi, termasuk saat dalam kondisi killed. Keunggulan ini berakar pada arsitektur FCM yang secara fundamental mengelola satu koneksi tunggal yang persisten ke server Google pada level sistem operasi. Pendekatan terpusat ini jauh lebih unggul dibandingkan jika setiap aplikasi harus membangun dan memelihara koneksinya sendiri, sebuah proses yang akan menguras sumber daya perangkat secara signifikan.

Dengan memanfaatkan saluran komunikasi yang selalu aktif ini, setiap pesan yang dikirim dari Firebase Console dapat didistribusikan secara instan ke perangkat target. Hal ini tidak hanya menjamin pengiriman notifikasi yang cepat, tetapi juga secara drastis meminimalkan konsumsi baterai dan penggunaan data. Oleh karena itu, stabilitas latensi yang terukur di semua skenario operasional menjadi bukti kuat bahwa FCM adalah pilihan teknologi yang strategis untuk implementasi fitur pengingat yang andal. Kinerja optimal ini sekaligus mengonfirmasi bahwa seluruh jalur komunikasi telah terkonfigurasi dengan benar dan berfungsi secara mulus.

### 3.3 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan pada Tabel 3 menyoroti kontribusi spesifik dari penelitian ini.

**Tabel 3.** Perbandingan Penelitian

Penulis (Tahun)	Platform	Fitur Utama	Kekurangan	Peningkatan pada penelitian
Trivaika et al. (2022)	Android	Pencatatan Keuangan	Tidak ada sistem pengingat notifikasi	Penambahan notifikasi otomatis
Sulaeman & Waluyo (2023)	React Native	Manajemen Keuangan	Notifikasi belum real-time	Menggunakan FCM real-time
Penelitian lain (2023-2024)	Beragam	UI/UX, Transaksi	Tidak fokus pada perubahan perilaku	Menyasar konsistensi pencatatan

Pada Tabel 3 menunjukkan perbandingan penelitian dengan kontribusi nyata terhadap pengembangan aplikasi literasi keuangan. Perbandingan pada Tabel 3 menunjukkan kontribusi khusus dari penelitian ini. Jika diperjelas lebih lanjut:

- 1) Trivaika et al. (2022): Penelitian Trivaika fokus pada aplikasi sebagai alat pencatatan yang pasif. Pengguna perlu memiliki motivasi sendiri untuk mengakses dan menggunakan aplikasi. SmartMoney, dengan fitur notifikasi FCM, berubah dari alat pasif menjadi alat yang proaktif. Aplikasi ini bisa mengingatkan kembali pengguna secara aktif, hal ini sangat penting untuk mempertahankan pengguna jangka panjang dan mencapai tujuan utama yaitu perubahan perilaku pengguna.
- 2) Sulaeman & Waluyo (2023): Penelitian ini menggunakan React Native dan menemukan bahwa notifikasi mereka tidak real-time. Kemungkinan mereka menggunakan jadwal notifikasi lokal di perangkat, yang bisa kurang konsisten, terutama jika perangkat dimatikan atau aplikasi ditutup paksa. Pemilihan SmartMoney untuk menggunakan FCM adalah peningkatan arsitektur yang penting. FCM adalah layanan berbasis cloud yang terpusat, sehingga logika pengingat dikelola oleh server yang dapat diandalkan, bukan oleh perangkat klien yang lebih sulit diprediksi.
- 3) Penelitian Lain (Fokus UI/UX): Banyak aplikasi memperhatikan tampilan dan pengalaman pengguna (UI/UX). Meskipun penting, UI/UX yang bagus tidak bermanfaat jika tidak ada data yang diperlihatkan. Penelitian ini fokus pada masalah yang lebih mendasar, yaitu input data. Dengan memastikan pengguna mengisi data secara konsisten melalui pengingat, SmartMoney menjamin bahwa fitur UI/UX seperti laporan dan analisis memiliki data yang akurat untuk diproses.
- 4) Penelitian Putro et al. (2022) menggunakan FCM untuk pengingat surat disposisi internal organisasi, namun tidak mengukur dampaknya terhadap perilaku pengguna. Pada SmartMoney, indikator keberhasilan perilaku ditunjukkan melalui kuesioner dan peningkatan interaksi pengguna setelah notifikasi diterapkan.

Aplikasi SmartMoney dirancang secara khusus dengan antarmuka yang sangat intuitif, memastikan kemudahan penggunaan bagi siapa saja, terlepas dari latar belakang teknis mereka. Pengguna dapat dengan cepat dan efisien mencatat transaksi uang masuk maupun keluar melalui formulir sederhana yang telah dioptimalkan. Guna meningkatkan pengalaman pengguna secara menyeluruh, aplikasi ini menawarkan fleksibilitas kustomisasi



tampilan melalui tiga pilihan tema: light untuk visibilitas di siang hari, dark yang nyaman untuk mata di malam hari, dan system yang beradaptasi dengan pengaturan perangkat.

Lebih dari sekadar fitur dasar, keandalan pengiriman notifikasi pengingat, sebagai komponen vital, telah diuji secara mendalam menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM). Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan performa FCM yang sangat optimal. Pesan terbukti dapat sampai ke pengguna secara konsisten, bahkan saat perangkat berada dalam mode hemat daya atau aplikasi dalam kondisi non-aktif. Hal ini secara langsung mengonfirmasi temuan penelitian oleh Bidkar et al. (2024), yang menyatakan bahwa layanan cloud messaging modern mampu mendukung keterhubungan aplikasi secara efektif pada beragam kondisi jaringan. Oleh karena itu, penelitian ini secara signifikan mengisi kesenjangan dari studi sebelumnya dengan:

1. Fokus pada perubahan perilaku pengguna
2. Pengujian keberhasilan notifikasi
3. Implementasi pada konteks literasi keuangan masyarakat

Meskipun implementasi Firebase Cloud Messaging (FCM) pada aplikasi SmartMoney menunjukkan hasil yang positif secara umum, evaluasi mendalam mengidentifikasi beberapa area yang memerlukan perbaikan. Salah satu tantangan utama adalah potensi penundaan notifikasi ketika perangkat pengguna mengaktifkan mode penghemat baterai, yang dapat mengurangi keandalan pengingat. Selain itu, ketergantungan penuh pada koneksi internet menjadi kelemahan signifikan di wilayah dengan jangkauan sinyal yang buruk.

Mengingat pengujian saat ini hanya mencakup sampel perangkat yang terbatas, validitas hasil perlu diperkuat. Oleh karena itu, pengembangan di masa depan direkomendasikan untuk fokus pada pengujian skala besar, implementasi penjadwalan notifikasi yang lebih personal, serta analisis perilaku pengguna jangka panjang.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan fitur notifikasi menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM) pada aplikasi SmartMoney sebagai solusi untuk meningkatkan kedisiplinan pengguna dalam melakukan pencatatan keuangan harian. Berdasarkan hasil pengujian Black-Box terhadap tiga kondisi aplikasi, yaitu foreground, background, dan killed state, diperoleh tingkat keberhasilan rata-rata sebesar 95% dalam penerimaan notifikasi. Hal ini membuktikan bahwa layanan FCM dapat bekerja secara efektif meskipun aplikasi sedang tidak digunakan pengguna. Selain itu, hasil survei pengguna menunjukkan bahwa mayoritas pengguna memiliki kecenderungan lupa mencatat transaksi dan menyatakan bahwa fitur pengingat otomatis dapat membantu meningkatkan kedisiplinan dalam memonitor keuangannya. Kontribusi utama penelitian ini yaitu menghadirkan fitur notifikasi pengingat yang real-time dan berjalan pada berbagai kondisi perangkat sebagai bentuk peningkatan dari penelitian sebelumnya yang belum memfokuskan pada kestabilan fungsi notifikasi. Aplikasi SmartMoney dapat menjadi media bantu untuk mengembangkan kebiasaan sehat dalam pengelolaan keuangan melalui pendekatan digital nudging. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah perangkat yang diuji serta ketergantungannya terhadap koneksi internet. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada pengujian dalam skala lebih besar, penyesuaian notifikasi berdasarkan perilaku pengguna, serta penambahan analitik keterlibatan pengguna untuk memahami dampak jangka panjang terhadap perubahan perilaku finansial. Dengan demikian, implementasi FCM dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai fitur teknis, namun juga memberikan dampak positif terhadap pengelolaan keuangan pribadi pengguna.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis hendak mengucapkan rasa terima kasih kepada seluruh pengaku kepentingan yang telah membantu dalam proses penelitian ini. Penulis hendak berterima kasih khususnya kepada Bapak Arif Iman Anshori S.Kom, M.MSI., selaku Dosen Pembimbing. Orang Tua yang selalu memberikan dukungan beserta mendoakan. Bapak & Ibu Dosen beserta seluruh Civitas Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan yang telah membantu dalam keberhasilan penelitian ini. Dukungan tersebut penting untuk penulis memungkinkan pengumpulan analisis data dan pengembangan aplikasi SmartMoney. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan, alhasil penulis menyambut segala saran atau kritik yang membangun untuk membantu kami menjadi lebih baik di masa depan. Semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca beserta menjadi referensi yang berguna pada pengembangan aplikasi serupa.

## REFERENCES

- [1] G. E. Peta, Z. Ilhan, and A. S. Muhammad, "Perancangan Sistem Informasi Masjid Nurut Taqwa Berbasis Web dengan Metode Incremental," *Sci. Sacra J. Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 176-189, 2023, [Online]. Available: <https://www.pijarpemikiran.com/index.php/Scientia/article/view/509>
- [2] P. H. Bantara, I. K. Subagja, A. Hakim, C. Ermanto, and A. Ali, "Strategi Peningkatan Manajemen Keuangan BUM Desa : Analisis Kinerja, Tantangan, dan Rekomendasi Kebijakan," *COMSERVA J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 4, no. 3, pp. 470-476, 2024, doi: 10.59141/comserva.v4i3.1396.
- [3] H. Sulaeman and A. F. Waluyo, "Perancangan Aplikasi Manajemen Keuangan Berbasis Mobile Menggunakan React



- Native Untuk Meningkatkan Literasi Keuangan Individu,” *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 1021–1031, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1259.
- [4] A. Rodiyah and S. Pradikto, “Ekonomi Muda, Konsumsi Bijak: Pengaruh Literasi Ekonomi, Lifestyle, dan Faktor Sosial Ekonomi terhadap Tren Consumptive Behavior,” *J. Sci. Educ. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 86–91, 2025, doi: <https://doi.org/10.62759/jser.v4i1.171>.
- [5] E. Trivaika and M. A. Senubekti, “Perancangan Aplikasi Pengelola Keuangan Pribadi Berbasis Android,” *NUANSA Inform.*, vol. 16, no. 1, pp. 33–40, 2022, doi: <https://doi.org/10.25134/nuansa.v16i1.4670>.
- [6] M. F. Lampang, T. H. I. Alam, and I. Amri, “Rancang Bangun Aplikasi Pengelolaan Keuangan Pribadi Berbasis Android,” *Framew. J. Ilmu Komput. Dan Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 146–155, 2023, doi: <https://doi.org/10.33506/jiki.v1i02.2737>.
- [7] A. Rosidi and A. Afriyudi, “Aplikasi Pencatatan Keuangan Pribadi Berbasis Web Mobile,” *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 100–113, 2023, doi: <https://doi.org/10.37012/jtik.v9i1.1447>.
- [8] A. K. Al Anam, A. Rachman, S. Sulistyowati, and N. F. Rozi, “Rancang Bangun Game Petualangan ‘Si Tika’ Berbasis Android Menggunakan Model Incremental,” *Snestik*, vol. 3, no. 1, pp. 97–104, 2023, doi: <https://doi.org/10.31284/p.snestik.2023.3997>.
- [9] A. F. Rohman and E. Yulianingsih, “Sistem Informasi Notifikasi Jadwal Sidang Pada Kantor DPRD Provinsi Sumatera Selatan Berbasis Android,” *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 5, no. 1, pp. 325–336, 2024, doi: <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i1.459>.
- [10] A. Wahyudin, A. Anisyah, and D. Ahmaddifa, “Pengembangan Sistem Notifikasi Real-Time untuk Aplikasi Manajemen Persuratan Multiplatform menggunakan Firebase Cloud Messaging dan Application Programming Interface,” *J. Tek. Inform. UNIKA St. Thomas*, vol. 9, no. 2, pp. 284–300, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.ust.ac.id/index.php/JTIUST/article/view/4437>
- [11] D. P. Putro, I. Gunawan, and P. E. Suryani, “Software Push Notification Disposisi Persuratan Berbasis Website Menggunakan Firebase Cloud Messaging,” *J. Inf. Technol. Ampera*, vol. 3, no. 3, pp. 370–381, 2022, doi: 10.51519/journalita.volume3.issuue3.year2022.page370-381.
- [12] M. A. F. A. Naufal and I. M. Suartana, “Penerapan Push Notification Booking Perlengkapan Outdoor Menggunakan Firebase Cloud Messaging,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 6, no. 02, pp. 573–580, 2024, doi: <https://doi.org/10.26740/jinacs.v6n02.p573-580>.
- [13] N. Sofi and R. Dharmawan, “Perancangan Aplikasi Bengkel Csm Berbasis Android Menggunakan Framework Flutter (Bahasa Dart),” *J. Tek. dan Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 53–64, 2022, doi: <https://doi.org/10.56127/jts.v1i2.125>.
- [14] Y. Pratama and T. Sutabri, “Analisis kriptografi algoritma Blowfish pada keamanan data menggunakan Dart,” *J. Inform. Terpadu*, vol. 9, no. 2, pp. 126–135, 2023, doi: <https://doi.org/10.54914/jit.v9i2.975>.
- [15] S. W. Ramadan and I. M. A. Nrrartha, “RecRead : Inovasi Digital untuk Rekomendasi Bacaan Melalui Platform Cerdas Berbasis Serverless,” *J. Pengabd. Magister Pendidik. IPA*, vol. 7, no. 4, pp. 1573–1577, 2024, doi: 10.29303/jpmpi.v7i4.9609.
- [16] M. Ramadhani and I. Zufria, “Penerapan Framework Flutter Dalam Membangun Aplikasi Marketplace Travel,” *JISTech (Journal Islam. Sci. Technol.)*, vol. 7, no. 1, pp. 32–42, 2022, doi: 10.30829/jistech.v7i1.12085.
- [17] N. Fauziah, F. Darmawan, and W. Gusdya, “Integrasi Payment Gateway Untuk Donasi Menggunakan Framework Flutter (Studi Kasus Donasi HMTIF UNPAS),” *Pasinformatik*, vol. 1, no. 1, pp. 30–36, 2022, doi: <https://doi.org/10.23969/pasinformatik.v1i01.5121>.
- [18] R. N. W. Pratama, M. E. P. Widagda, and H. Hadiyanto, “Sistem monitoring cerdas ruang kelas berbasis internet of thing (IoT) dengan menggunakan flutter,” *J. Has. Inov. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–30, 2024, doi: <https://doi.org/10.70310/axt1q513>.
- [19] M. A. Prayogo et al., “Pelatihan Pemrograman Flutter untuk Pengembangan Aplikasi Android bagi Guru TIK Kota Samarinda,” *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusant.*, vol. 6, no. 1.1, pp. 241–247, 2024, doi: <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v6i1.1.5088>.
- [20] R. Fauzi, A. Zainy, H. N. Nasution, F. H. Nasution, and F. A. Simanjuntak, “Perancangan Aplikasi Pariwisata Berbasis Android Di Kota Padang Sidempuan,” *J. Educ. Dev.*, vol. 11, no. 1, pp. 437–442, 2023, doi: 10.37081/ed.v11i1.2687.
- [21] K. A. Triwidadi and T. Widodo, “Aplikasi Pengelola Keuangan Pribadi Berbasis Android dengan Pendekatan User Centered Design (UCD),” *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 1555–1563, 2025, doi: 10.47065/josh.v6i3.6841.
- [22] A. Abdussalam, B. Wicaksono, A. Susanto, and S. Sudaryanto, “Push Notification Using Firebase Cloud Messaging (FCM) on Employee Attendance Application,” *Sisfotenika*, vol. 11, no. 2, pp. 220–231, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.30700/jst.v11i2.1150>.
- [23] A. D. Basni, A. A. H. Dani, and M. Muhallim, “Sistem Antrean Menggunakan Firebase Cloud Messaging Pada Klinik Dr. Bunadi,” *JITAKU J. Ilm. Teknol. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 38–40, 2025, doi: <https://doi.org/10.30605/jitaku.v3i1.142>.
- [24] A. S. Lubis and M. P. A. Ginting, “Penguujian Aplikasi Berbasis Web Data Ska Menggunakan Metode Black Box Testing,” *Cosm. J. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 41–48, 2024, [Online]. Available: <https://journal.aira.or.id/index.php/cosmic/article/view/760>
- [25] A. I. Anshori, M. N. Falah, S. Aisah, and U. M. Wulandari, “Implementasi Metode Rapid Application Development (RAD) Pada Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Di Smk Nusantara 1 Comal,” *J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 3, pp. 1648–1654, 2025, doi: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2208>.