PENGEMBANGAN APLIKASI KAKAO ASSISTANT BERBASIS FLUTTER DAN LARGE LANGUAGE MODEL SEBAGAI ASISTEN VIRTUAL PETANI KAKAO DI BALI

I Nyoman Rai Widartha Kesuma✉, Luh Gede Putri Suardani, Agus Adi Putrawan, I Putu Astya Prayudha
Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Bali, Badung, Indonesia
Email: raiwidartha@pnb.ac.id

DOI: https://doi.org/10.46880/jmika.Vol10No2.pp991-1001

ABSTRACT

Cocoa (Theobroma cacao L.) represents a strategic agricultural commodity supporting rural livelihoods across Bali Province, particularly in Tabanan, Jembrana, Gianyar, and Buleleng regencies. However, bean productivity and quality remain constrained by Cocoa Pod Borer (Conopomorpha cramerella), Helopeltis sp., and black pod rot (Phytophthora palmivora), compounded by the limited availability of agricultural extension officers. This study aims to engineer software and evaluate functional prototype performance of Kakao Assistant, a cross-platform mobile virtual assistant built on Flutter integrating Google Gemini 3.1 Flash Large Language Model (LLM) under a single-role architecture dedicated to Cocoa Farmers. System development follows the Modified Waterfall lifecycle comprising requirements analysis, system design, implementation, and functional testing. The application provides text-based inquiries and symptom image consultation, regional agroclimatic customization for Bali regencies, Text-to-Speech (TTS) voice synthesis, bookmarking, and a client-side Model Evaluation menu for telemetry logging. Black-box testing across 11 functional scenarios validated 100% compliance with software design specifications. Initial prototype testing using 1 internal test account with 4 planned interaction sessions recorded a mean response time of 42.31 s, resilience against 1 network fault incident, and a 100% satisfaction score (CSAT) across 4 button rating observations. These results confirm software functional completeness, with the explicit limitation that this prototype evaluation does not prove agronomic clinical efficacy or broad field adoption among farmers.

Keywords: Kakao Assistant, Flutter, Large Language Model, Virtual Assistant, Bali Cocoa Farmers.

ABSTRAK

Tanaman kakao (Theobroma cacao L.) menempati peran strategis dalam perekonomian agrikultur perdesaan di Provinsi Bali, khususnya pada sentra perkebunan rakyat di Tabanan, Jembrana, Gianyar, dan Buleleng. Namun demikian, produktivitas dan mutu panen kerap terhambat oleh serangan Penggerek Buah Kakao (PBK), kepik Helopeltis sp., dan busuk buah Phytophthora palmivora, yang diperberat oleh keterbatasan rasio Petugas Penyuluh Lapangan (PPL). Penelitian ini bertujuan merekayasa perangkat lunak dan mengevaluasi fungsionalitas prototipe Kakao Assistant, aplikasi asisten virtual mobile berbasis Flutter yang mengintegrasikan Large Language Model (LLM) Google Gemini 3.1 Flash melalui arsitektur peran tunggal (single-role) khusus Petani Kakao. Pengembangan sistem mengadopsi metode Modified Waterfall yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian fungsional. Sistem menyediakan antarmuka konsultasi berbasis teks dan analisis visual citra buah bergejala, personalisasi parameter mikroklimat kabupaten di Bali, sintesis audio Text-to-Speech (TTS), penanda percakapan (bookmark), serta menu Evaluasi Model pada sisi klien untuk pemantauan telemetri inferensi. Pengujian black-box pada 11 skenario kasus uji membuktikan seluruh fungsi antarmuka, transmisi API, pemutaran audio, penyimpanan lokal, dan logging telemetri berjalan 100% valid sesuai spesifikasi rancangan. Pengujian awal purwarupa menggunakan 1 akun penguji internal dengan 4 sesi interaksi konsultasi terencana mencatat rata-rata waktu respons 42,31 detik, ketahanan terhadap 1 insiden galat jaringan, dan skor kepuasan pengujian (CSAT) 100% dari 4 amatan pengujian tombol. Hasil ini membuktikan keterpenuhan fungsional perangkat lunak, dengan keterbatasan bahwa pengujian purwarupa ini belum membuktikan efektivitas klinis agronomis maupun adopsi lapang oleh petani secara luas.

Kata Kunci: Kakao Assistant, Flutter, Large Language Model, Asisten Virtual, Petani Kakao Bali.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Sektor perkebunan rakyat di Provinsi Bali menempatkan komoditas kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai komoditas unggulan penopang perekonomian perdesaan di wilayah sentra Kabupaten Tabanan, Jembrana, Gianyar, dan Buleleng (Ayu Juliasih et al., 2023). Berdasarkan data statistik daerah, luas areal perkebunan kakao rakyat di Bali tercatat melampaui 12.000 hektar (BPS Provinsi Bali, 2024). Biji kakao fermentasi asal Bali diakui memiliki keunggulan mutu cita rasa dan aroma khas sehingga berdaya saing tinggi di pasar ekspor (Gusti Agung Ayu Ambarawati & Puspa Ayu Esterina, 2024). Walaupun demikian, produktivitas rata-rata kebun kakao rakyat di Bali masih berkisar antara 400–600 kg/ha/tahun, jauh di bawah potensi optimal tanaman yang dapat mencapai lebih dari 1.000 kg/ha/tahun akibat berbagai kendala teknis budidaya di lapangan (Ariningsih et al., 2021).

Faktor pembatas utama yang merugikan petani kakao di Bali berakar pada intensitas serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT). Infestasi hama Penggerek Buah Kakao atau PBK (*Conopomorpha cramerella*) dan kepik pengisap buah (*Helopeltis sp.*) secara empiris menimbulkan kerusakan berat pada pertanaman kakao rakyat di sentra Tabanan (Indriati et al., 2013). Sementara itu, penyakit busuk buah akibat infeksi jamur *Phytophthora palmivora* menurunkan kualitas dan bobot biji secara drastis saat curah hujan tinggi (Muhammad Fajar Zikri et al., 2022). Keterlambatan petani dalam mengenali gejala awal bercak cokelat pada kulit buah atau liang gerekan larva kerap memicu penyebaran penyakit yang berakibat pada kegagalan panen.

Hambatan teknis tersebut kian diperparah oleh keterbatasan rasio jumlah Petugas Penyuluh Lapangan (PPL) dibandingkan dengan luas areal perkebunan rakyat yang tersebar di wilayah perbukitan Bali. Seorang penyuluh di lapangan umumnya harus mendampingi petani di beberapa desa binaan sekaligus, sehingga frekuensi pendampingan tatap muka berlangsung terbatas. Di sisi lain, penetrasi perangkat telepon pintar (*smartphone*) di kalangan petani pedesaan Bali menunjukkan peningkatan yang membuka peluang pemanfaatan teknologi digital sebagai sarana konsultasi mandiri (Khoirunisa, 2020). Namun demikian, sebagian besar kanal informasi pertanian digital yang tersedia saat ini masih menyajikan materi statis satu arah dan belum menyediakan interaksi konsultasi dua arah.

Kesenjangan penelitian (research gap) terlihat pada perbandingan antara aplikasi yang telah ada. Sistem pakar pertanian konvensional berbasis aturan (*rule-based*) memiliki keterbatasan pada kekakuan basis pengetahuan statis dan ketidakmampuan memproses kalimat pertanyaan bahasa alami, sedangkan chatbot berbasis teks sederhana belum mendukung pemrosesan data multimodal visual berupa foto buah dan daun bergejala. Di sisi lain, aplikasi mobile pertanian yang beredar umumnya berfokus pada fungsi pencatatan inventaris atau transaksi e-commerce. Kebaruan (novelty) dari penelitian ini dirumuskan secara spesifik pada rekayasa integrasi *framework mobile* Flutter dengan *Large Language Model* Google Gemini 3.1 Flash yang menyajikan konsultasi berbasis teks dan analisis gambar buah, penyematan fitur *Text-to-Speech* (TTS) bahasa Indonesia, penyimpanan riwayat interaksi, serta modul Evaluasi Model pada sisi klien dalam satu arsitektur aplikasi peran tunggal (*single-role*) yang ditujukan bagi petani kakao di Bali.

Lompatan teknologi *Large Language Model* (LLM) generasi mutakhir membuka peluang baru dalam percepatan diseminasi informasi agrikultur (Tzachor et al., 2023). Pemanfaatan model bahasa ini didukung oleh efisiensi *framework* mobile lintas platform Flutter yang tangkas dalam menyajikan antarmuka pengguna responsif (Sudradjat, 2021). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merekayasa perangkat lunak dan mengevaluasi fungsionalitas prototipe aplikasi Kakao Assistant. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan prototipe asisten virtual *mobile* yang mengintegrasikan inferensi multimodal teks dan citra dengan konteks mikroklimat lokal sentra kakao di Bali. Ruang lingkup evaluasi dibatasi secara eksplisit pada pengujian fungsionalitas perangkat lunak (*black-box testing*) serta pengujian awal instrumen telemetri klien (waktu respons, pencatatan galat jaringan, antrean log) menggunakan 1 akun penguji internal dengan 4 skenario interaksi terencana, guna memastikan keberfungsian teknis prototipe sebelum melangkah ke pengujian efektivitas agronomis dan validasi pakar pada tahap lanjutan.

KAJIAN LITERATUR

Pemetaan terhadap penelitian terdahulu menjadi landasan fundamental dalam memposisikan kontribusi Kakao Assistant. Pada penelitian terdahulu, pengembangan sistem pakar identifikasi hama dan penyakit tanaman kakao berbasis inferensi aturan (*rule-based*) terbukti mampu memetakan probabilitas penyakit secara terstruktur (Rahmadhan et al., 2022). Kendati demikian, sistem pakar berbasis aturan tersebut bersifat kaku, menuntut pembaruan basis pengetahuan pakar secara manual yang melelahkan,

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

serta belum sanggup memfasilitasi dialog interaktif dua arah secara luwes.

Pemanfaatan kecerdasan buatan pada sektor agrikultur modern telah berkembang ke arah sistem percakapan cerdas yang adaptif melalui penerapan chatbot terintegrasi AI (Ibrahim et al., 2026). Keunggulan pemahaman semantik dari model AI generatif tersebut memungkinkan interaksi dua arah yang lebih adaptif dalam menjawab konsultasi petani dibandingkan sistem aturan statis, meskipun sebagian besar implementasi yang ada masih terbatas pada pemrosesan teks murni dan belum mendukung analisis multimodal visual.

Ditinjau dari rekayasa antarmuka pengguna bergerak, pengujian performa aplikasi *mobile* berbasis Flutter menunjukkan efisiensi tinggi pada eksekusi multi-platform (Herdiansah et al., 2022). Di samping itu, kajian sistem informasi berbasis komunitas lokal menegaskan pentingnya kontekstualisasi wilayah dalam meningkatkan adopsi teknologi oleh masyarakat (I Nyoman Rai Widartha Kesuma et al., 2025). Pada domain diagnosis penyakit tanaman berbasis citra, klasifikasi gejala secara otomatis umumnya mengandalkan model computer vision (Mohanty et al., 2016). Namun demikian, pemanfaatan model bahasa generatif memiliki keterbatasan berupa risiko halusinasi informasi (*LLM hallucination*) yang berpotensi menghasilkan rekomendasi keliru jika tidak dibatasi oleh system prompt yang ketat (Ji et al., 2023). Oleh sebab itu, transparansi pemantauan waktu respons dan pencatatan galat koneksi melalui modul Evaluasi Model pada sisi klien menjadi instrumen teknis yang esensial dalam memeriksa kestabilan sistem sebelum melangkah ke tahap validasi agronomis bersama pakar.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian saat ini

Penelitian & Fokus Sistem	Arsitektur & Fitur Utama	Metode Evaluasi & Kesenjangan Sistem
Sistem Pakar Kakao (Rahmadhan et al., 2022)	Rule-Based (BFS & Certainty Factor); checklist gejala statis berbasis teks untuk menghitung probabilitas penyakit kakao.	Pengujian fungsional aturan pakar; basis pengetahuan kaku, tanpa dialog bebas, dan belum mendukung masukan citra.
Chatbot Pertanian AI (Ibrahim et al., 2026)	NLP Dialog & LLM Generatif (Teks); tanya jawab dua arah komoditas tanaman berbasis pemahaman semantik bahasa alami.	Pengujian intent & waktu inferensi teks; masukan terbatas teks murni, belum mendukung analisis citra maupun sintesis audio TTS.
Mobile Agrikultur Flutter (Herdiansah et al., 2022)	Flutter Framework & Web Service; antarmuka mobile responsif untuk manajemen formulir data transaksi usaha tani.	Pengujian black-box fungsional; sistem administrasi non-AI, tanpa modul konsultasi penyakit atau kecerdasan buatan.
Kakao Assistant (Penelitian saat ini)	Flutter SDK & Google Gemini 3.1 Flash LLM (Single-Role); konsultasi multimodal (teks & citra buah), TTS bahasa Indonesia, dropdown sentra kakao Bali, serta menu Evaluasi Model klien.	Pengujian fungsional black-box (11 skenario) & verifikasi telemetri purwarupa (1 akun, 4 sesi); terbatas pada validasi teknis perangkat lunak, evaluasi efektivitas agronomis lapang belum diuji.

Berdasarkan matriks perbandingan pada Tabel 1, analisis secara sistem menunjukkan bahwa posisi Kakao Assistant berfokus pada integrasi fungsional fitur-fitur yang sebelumnya terpisah pada aplikasi pertanian lain. Sistem terdahulu umumnya berdiri sendiri sebagai sistem pakar berbasis aturan kaku atau chatbot berbasis teks murni. Secara teknis sistem, prototipe Kakao Assistant mengintegrasikan modul masukan teks dan citra kamera, sintesis audio *Text-to-Speech* bahasa Indonesia, dropdown konteks wilayah sentra kakao di Bali, serta pencatatan log telemetri inferensi pada menu Evaluasi Model. Perbandingan ini murni memetakan keterpenuhan fitur teknis perangkat lunak yang diuji secara *black-box*, tanpa membuat perbandingan efektivitas diagnosis agronomis di lapangan.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

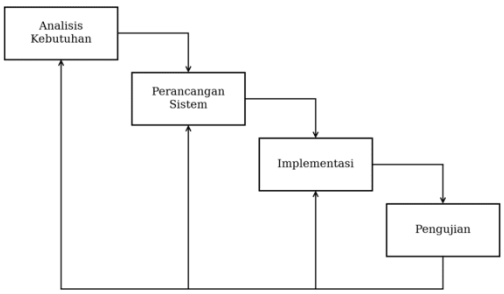
Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak terapan (*applied software engineering research*) yang berfokus pada perancangan, pengembangan sistem bergerak, dan evaluasi keterpenuhan fungsional purwarupa

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

(*functional prototype evaluation*). Penelitian diposisikan secara terarah sebagai tahap pembuktian konsep (*proof-of-concept*) dan pengujian keandalan teknis perangkat lunak sebelum melangkah ke tahap pengujian efektivitas agronomis dan validasi adopsi oleh petani di lapangan. Melalui pendekatan ini, seluruh keluaran sistem dievaluasi berdasarkan kriteria keberfungsian teknis kode program dan modul antarmuka.

Proses Pengembangan Perangkat Lunak

Pengembangan aplikasi *mobile* Kakao Assistant dipandu oleh metodologi *Modified Waterfall* (Risdiansyah & Agustine, 2025). Pendekatan sekuensial linier ini diadopsi sesuai prinsip rekayasa perangkat lunak untuk menjaga konsistensi dari tahap perancangan hingga pengujian (Pressman & Maxim, 2020). Alur kerja metodologi *Modified Waterfall* dalam penelitian ini terdiri atas empat fase berurutan sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metodologi *Modified Waterfall*

Uraian dari masing-masing tahapan pengembangan sistem dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Analisis Kebutuhan, mengumpulkan dan merumuskan spesifikasi kebutuhan fungsional dan teknis aplikasi (Ginting et al., 2019). Aktivitas tahap ini meliputi: pemetaan alur konsultasi budidaya kakao, penetapan arsitektur peran tunggal (*single-role*) guna menghindari kerumitan antarmuka bagi petani kakao, perumusan batasan masukan teks dan foto penyakit, perancangan fitur suara *Text-to-Speech* (TTS), serta penyiapan modul evaluasi telemetri pada sisi klien.

Perancangan Sistem, merancang arsitektur *Three-Tier*, memodelkan interaksi fungsional sistem menggunakan *Use Case Diagram*, memetakan logika alur proses dengan *Activity Diagram*, serta merancang tata letak antarmuka pengguna (UI/UX) yang ramah bagi petani pada perangkat bergerak.

Implementasi, mengeksekusi cetak biru rancangan ke dalam kode program fungsional menggunakan Flutter SDK versi 3.29.0 dan bahasa Dart 3.7.0, mengintegrasikan Google Gemini 3.1 Flash REST API melalui HTTP client, serta mengimplementasikan basis data lokal SQLite untuk penyimpanan riwayat percakapan.

Lingkungan Implementasi Sistem

Implementasi prototipe Kakao Assistant dibangun pada lingkungan rekayasa perangkat lunak yang terbagi atas dua komponen utama: sisi klien bergerak (*mobile client*) dan sisi layanan kecerdasan buatan awan (*cloud AI services*). Pada sisi klien, aplikasi dibangun menggunakan framework Flutter SDK versi 3.29.0 dan bahasa Dart 3.7.0, dengan basis data lokal SQLite (pustaka sqflite) untuk mengelola antrean riwayat percakapan dan bookmark secara luring. Sintesis suara memanfaatkan pustaka flutter_tts yang disesuaikan ke pengucapan bahasa Indonesia. Pengujian purwarupa dieksekusi pada perangkat smartphone Android dengan spesifikasi: sistem operasi Android 14, memori RAM 8 GB, dan konektivitas data seluler 4G LTE. Pada sisi layanan AI, sistem memanfaatkan endpoint RESTful Google Gemini 3.1 Flash API dengan pertukaran data berformat JSON (termasuk citra berformat Base64), dikonfigurasi dengan parameter inferensi: temperature 0,4 guna menjaga determinisme respons agronomis, top-p 0,95, serta system prompt peran tunggal berkonteks budidaya kakao Bali.

Skenario Pengujian Fungsional (*Black-Box Testing*)

Validasi fungsionalitas sistem dievaluasi menggunakan metode *Black-Box Testing* (Hendartie et al., 2023). Pengujian ini bertujuan memastikan seluruh fungsi interaksi antarmuka, navigasi form, transmisi API, dan pencatatan telemetri berjalan sesuai spesifikasi tanpa galat (Nurudin et al., 2019). Pengujian dirancang ke dalam 11 skenario kasus uji fungsional yang mencakup: inisialisasi sesi, pemilihan dropdown sentra wilayah Bali, konsultasi teks umum, analisis visual citra buah bergejala penyakit (PBK), pemutaran audio TTS, penambahan bookmark, pembatalan bookmark, logging telemetri FIFO, pengujian tombol umpan balik kepuasan (CSAT), penanganan galat jaringan (*exception handling* saat offline), dan pemulihan koneksi.

Prosedur Pengumpulan Data Telemetri

Prosedur pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara terencana dalam lingkungan pengujian purwarupa terkontrol. Pengujian dieksekusi oleh 1 akun penguji internal yang menjalankan 4 sesi interaksi konsultasi fungsional (3 sesi kueri berbasis teks dan 1 sesi konsultasi multimodal berbasis foto

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

buah kakao bergejala serangan PBK). Setiap kali pengguna berinteraksi, modul telemetri pada sisi klien secara otomatis merekam stempel waktu pengiriman, stempel waktu penerimaan balasan, durasi latensi, status koneksi (sukses/gagal), jumlah kata jawaban, serta aksi tombol kepuasan ke dalam antrean lokal FIFO berkapasitas 300 rekaman. Pengujian ketahanan jaringan dilakukan dengan menyimulasikan pemutusan koneksi data seluler guna memicu modul penanganan galat. Penulis menegaskan batasan bahwa data yang dikumpulkan pada tahap ini murni berasal dari 1 akun penguji purwarupa internal untuk memverifikasi instrumen teknis sistem, bukan data empiris hasil survei lapang berskala luas pada kelompok tani.

Definisi Metrik dan Prosedur Pengukuran

Seluruh parameter teknis diukur berdasarkan definisi dan prosedur formal sebagai berikut: (1) Waktu Respons (*Response Time*), didefinisikan sebagai selisih waktu antara penekanan tombol kirim kueri oleh pengguna (t_kirim) hingga seluruh payload respons teks dari Google Gemini API selesai diterima dan direnderer sempurna pada antarmuka aplikasi (t_terima), dihitung dalam detik dan milidetik; (2) Tingkat Keberhasilan Fungsional, diukur dari persentase skenario uji black-box yang memenuhi kriteria kelulusan (status Valid) terhadap total 11 kasus uji; (3) Indeks Kesehatan Sistem (*Health Index*), didefinisikan sebagai persentase sesi interaksi yang berhasil menerima respons valid dari server cloud terhadap total sesi yang dikirim pada modul evaluasi; (4) Tingkat Kepuasan Fungsional (CSAT), diukur dari rasio amatan penekanan tombol 'Suka' (*thumbs up*) terhadap total penekanan tombol umpan balik pada instrumen pengujian fungsional; serta (5) Distribusi Latensi dan Kepadatan Respons, yang mengelompokkan waktu tunggu inferensi (<2,0 detik vs > 4,5 detik) dan panjang respons AI (<100 kata, 100-250 kata, dan >250 kata).

Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup tiga pendekatan: Pertama, Analisis Kesesuaian Fungsional Black-Box, yaitu membandingkan secara biner antara keluaran aktual sistem (*actual outcome*) dengan kriteria penerimaan rancangan (*expected outcome*) pada ke-11 skenario kasus uji. Kedua, Analisis Statistik Deskriptif Telemetri, yaitu menghitung rata-rata (*mean*) waktu respons, sebaran frekuensi modalitas, dan persentase keberhasilan transmisi data dari rekaman log telemetri klien. Ketiga, Analisis Ketahanan dan Penanganan Galat (*Fault Tolerance Analysis*), yaitu memeriksa stabilitas aplikasi saat terjadi kegagalan koneksi internet seluler guna memastikan antarmuka menampilkan dialog peringatan informatif tanpa mengalami penghentian paksa (*fatal application crash*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rekayasa perangkat lunak Kakao *Assistant* diuraikan secara komprehensif mengikuti tahapan siklus pengembangan yang telah diselesaikan, meliputi analisis kebutuhan, perancangan arsitektur, implementasi antarmuka fitur utama, serta pengujian sistem secara empiris.

Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap analisis kebutuhan merumuskan spesifikasi operasional inti aplikasi:

Peran Pengguna (*User Role*): Sistem dirancang secara terfokus untuk peran pengguna tunggal (*single-role*), yaitu Petani Kakao. Aplikasi tidak memuat hierarki peran terpisah bagi petugas penyuluh pertanian, sehingga seluruh kapabilitas mulai dari konsultasi teks dan foto, penanda pesan (*bookmark*), sintesis suara, hingga fitur monitoring Evaluasi Model dapat diakses langsung secara otonom oleh petani.

Batasan Operasional: Sistem berada pada tahap validasi purwarupa fungsional, di mana evaluasi difokuskan pada pengujian fungsionalitas perangkat lunak (*black-box testing*). Fitur konsultasi difokuskan pada masukan teks dan foto buah kakao; proses pemanggilan API mensyaratkan ketersediaan koneksi internet seluler aktif; kapasitas arsip lokal dibatasi hingga 300 rekaman dengan antrean FIFO; serta dropdown pilihan lokasi mencakup sentra kakao di Bali. Penelitian ini dibatasi pada pengujian keterpenuhan fungsional antarmuka dan penanganan data secara teknis, tanpa mencakup evaluasi akurasi klinis patologi tanaman maupun uji coba adopsi lapangan secara massal.

Spesifikasi Fungsional: Mengharuskan kehadiran layar splash berlabel Bali, dialog tanya jawab berbasis teks, konsultasi visual gambar, tombol pintasan topik cepat, personalisasi wilayah kebun, pemutar suara TTS bahasa Indonesia, penyimpanan bookmark, serta dasbor Evaluasi Model.

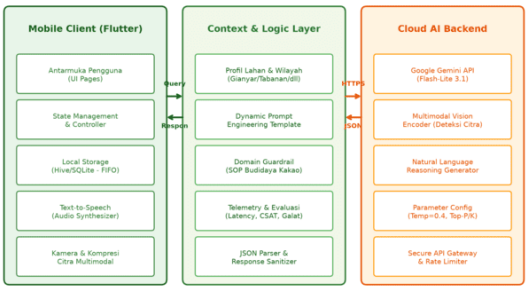
Perancangan Sistem dan Arsitektur

Arsitektur perangkat lunak Kakao *Assistant* dibangun menggunakan *Three-Tier Architecture* (Gambar 2): Mobile Client Layer (antarmuka Flutter, kamera, modul TTS, dan penyimpanan lokal SQLite/*Shared Preferences* berprinsip FIFO), *Context & Logic Layer* (penyusun system prompt Bali, filter guardrails agronomis, serta parser struktur *respons*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

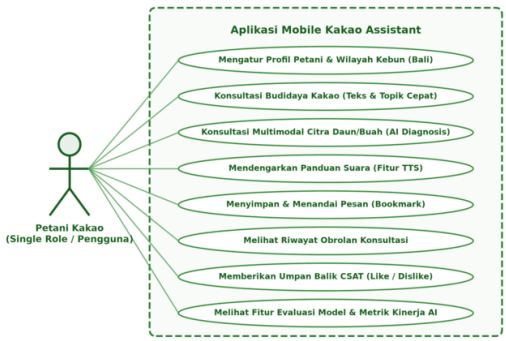
ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

JSON), dan Cloud AI Backend (Google Gemini 3.1 Flash API).



Gambar 2. Arsitektur Tiga Tingkat Sistem Kakao Assistant

Pemodelan interaksi aktor digambarkan melalui *Use Case Diagram* peran tunggal Petani Kakao (Gambar 3). Aktor dapat mengelola identitas profil kebun, melakukan konsultasi teks maupun foto, memutar sintesis audio, mengarsipkan bookmark pesan, serta membuka menu evaluasi model tanpa pembatasan hak akses.



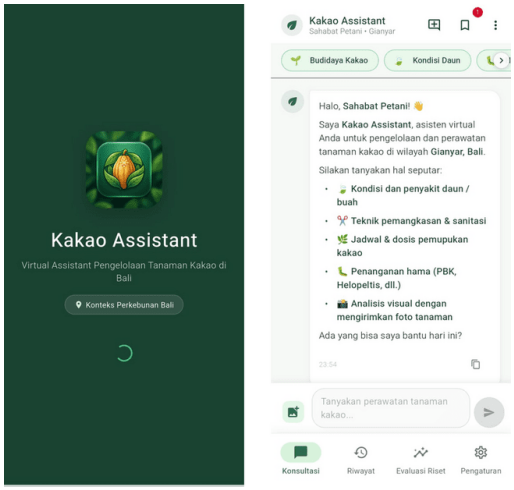
Gambar 3. Use Case Diagram Single-Role Petani Kakao

Rekayasa Prompt (*Prompt Engineering*): System prompt disusun secara terstruktur untuk membentuk karakter persona 'Kakao Assistant - Sahabat Petani'. Parameter wilayah kebun ('Kabupaten: Gianyar, Bali') disuntikkan secara dinamis ke dalam badan permintaan API, sehingga keluaran anjuran pemangkasan pohon pelindung, perlakuan rorak sanitasi, dan SOP fermentasi disesuaikan dengan mikroklimat kelembapan daerah setempat.

Implementasi Antarmuka Pengguna

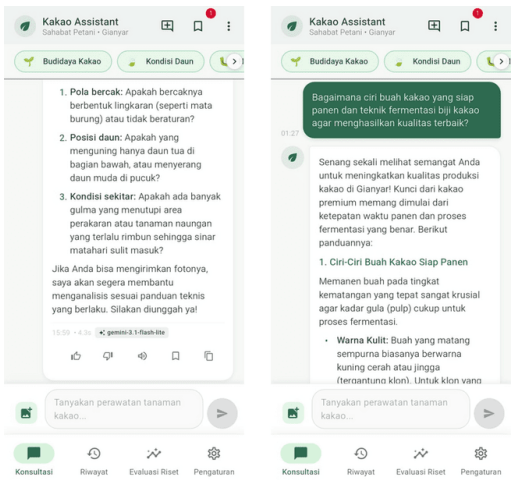
Implementasi antarmuka direalisasikan menggunakan bahasa pemrograman Dart pada *framework* Flutter. Hasil tangkapan layar fitur-fitur operasional disajikan secara berurutan berikut ini:

Halaman *Splash Screen* dan Konsultasi Awal: Gambar 4a memperlihatkan *Splash Screen* yang memuat logo visual komoditas kakao beserta penanda identitas 'Konteks Perkebunan Bali'. Gambar 4b menyajikan Halaman Konsultasi Awal yang menampilkan sapaan personal ramah serta tombol pintasan topik cepat (masalah daun/buah, pemangkasan, pemupukan berimbang, pengendalian PBK/Helopeltis, dan pemanenan).



Gambar 4. Antarmuka (a) Splash Screen dan (b) Halaman Konsultasi Awal

Antarmuka Konsultasi Teks dan Personalisasi Wilayah: Gambar 5a memperlihatkan interaksi konsultasi mendiagnosis gejala bercak daun kakao, lengkap dengan indikator waktu inferensi (4.3 detik), tombol umpan balik *Like*/*Dislike*, tombol TTS, dan penanda *bookmark*. Gambar 5b menampilkan anjuran panen dan fermentasi berkonteks kebun Gianyar: 'Senang sekali melihat semangat Anda untuk meningkatkan kualitas produksi kakao di Gianyar!'.

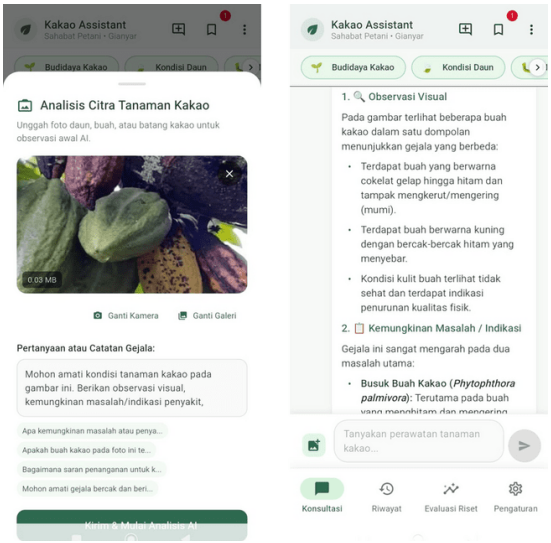


Gambar 5. Dialog Konsultasi (a) Investigasi Gejala Daun dan (b) Rekomendasi Konteks Gianyar

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

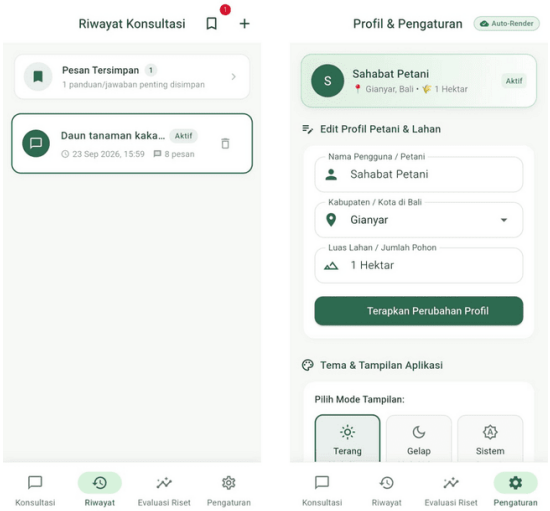
ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

Konsultasi Multimodal Citra Tanaman: Petani dapat mengunggah foto buah sakit melalui form bottom sheet (Gambar 6a) yang menampilkan pratinjau citra (0.03 MB) beserta catatan gejala. Hasil diagnosa visual Gemini (Gambar 6b) memaparkan observasi visual (gejala buah mumi menghitam), dugaan infeksi busuk buah Phytophthora palmivora dan serangan PBK Conopomorpha cramerella, serta arahan sanitasi penguburan buah busuk sedalam 30–50 cm.



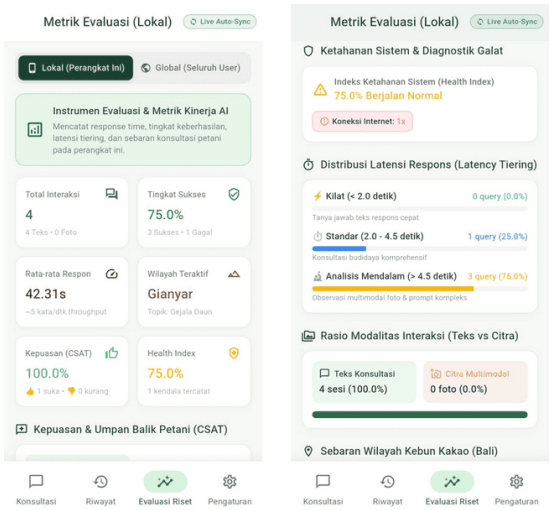
Gambar 6. Fitur Multimodal: (a) Form Unggah Citra dan (b) Hasil Diagnosa Visual AI

Riwayat Konsultasi dan Profil Lahan: Gambar 7a menyajikan arsip sesi konsultasi aktif dan tab khusus 'Pesan Tersimpan'. Gambar 7b memfasilitasi konfigurasi identitas petani, pemilihan kabupaten kebun di Bali (Gianyar), luas lahan (1 Hektar), dan preferensi antarmuka.



Gambar 7. Antarmuka (a) Riwayat Konsultasi & Bookmark dan (b) Profil Petani & Lahan

Fitur Evaluasi Model dan Transparansi Kinerja Sistem: Gambar 8a dan Gambar 8b menampilkan antarmuka Fitur Evaluasi Model yang disematkan ke dalam menu aplikasi untuk memantau metrik operasional inferensi pada sisi klien. Pada fase pengujian purwarupa ini, dasbor telemetri memverifikasi bahwa modul logging aplikasi berhasil merekam metrik teknis dari 4 sesi interaksi konsultasi terencana yang dijalankan oleh 1 akun penguji internal. Gambar 8a menyajikan kartu indikator utama yang mendokumentasikan: total 4 sesi interaksi pengujian tercatat, rata-rata waktu respons 42,31 detik, serta pencatatan 1 insiden kesalahan jaringan (*Network Fault*). Gambar 8b memperlihatkan rincian ketahanan sistem di mana 1 kendala jaringan berhasil memicu dialog peringatan ramah tanpa mengalami crash aplikasi, serta distribusi latensi berjenjang yang merefleksikan waktu komputasi API cloud pada muatan teks panjang. Data ini membuktikan bahwa instrumen logging telemetri pada aplikasi telah beroperasi secara teknis pada sisi klien.



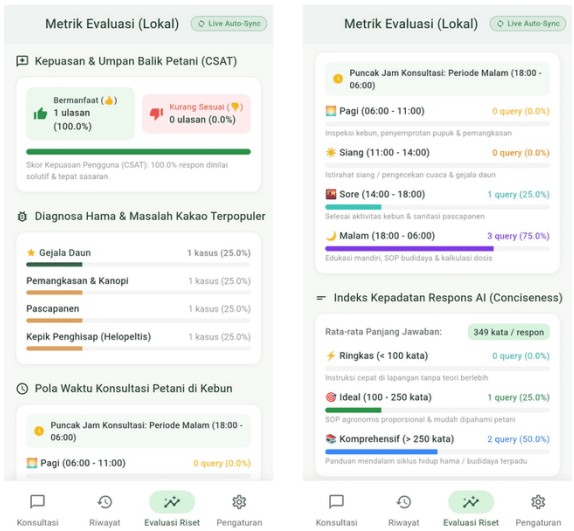
Gambar 8. Fitur Evaluasi Model: (a) Overview Metrik Evaluasi dan (b) Ketahanan Sistem & Latency Tiering

Pencatatan Kepuasan Pengujian dan Log Interaksi: Gambar 9a dan Gambar 9b menyajikan visualisasi data telemetri terkait pengujian komponen antarmuka. Gambar 9a mendokumentasikan bahwa komponen tombol umpan balik (*rating button*) pada antarmuka berhasil mencatat nilai kepuasan (CSAT) 100% dari 4 amatan pengujian tombol. Penulis menegaskan bahwa tingkat kepuasan 100% berasal dari 1 jawaban AI yang mendapat tombol *Like* terhadap nilai total penekanan tombol umpan balik yaitu 1. Ini membuktikan keberfungsian teknis tombol *Like/Dislike* pada jawaban AI, dan memiliki

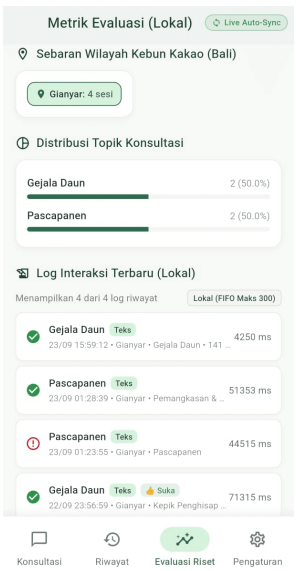
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

keterbatasan sehingga tidak dapat digeneralisasi sebagai gambaran penerimaan petani secara umum. Gambar 9b menampilkan stempel waktu eksekusi pengujian sistem yang mencatat waktu operasional pengujian *black-box* saat dijalankan oleh penguji pada perangkat uji, bukan data sosiologis kebiasaan petani di kebun. Sementara itu, Gambar 10 menampilkan mekanisme antrean lokal FIFO (kapasitas 300 rekaman) yang berhasil menyimpan dan menampilkan rekaman riwayat pengujian fungsional secara terurut beserta penanda latensi milidetik dan indikator status koneksi.



Gambar 9. Tampilan Evaluasi Model: (a) Kepuasan CSAT & Topik Masalah dan (b) Pola Waktu Konsultasi & Kepadatan Respon



Gambar 10. Sebaran Spasial Wilayah Kebun Kakao Bali dan Log Interaksi Konsultasi Lokal (FIFO)

Pengujian Sistem

Pengujian fungsionalitas perangkat lunak dieksekusi menggunakan teknik *black-box testing* guna memastikan kesesuaian operasional antarmuka, tombol perintah, dan komunikasi data REST API dengan rancangan spesifikasi. Hasil pengujian fungsional dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Black-Box Sistem Kakao Assistant

No	Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	*Splash Screen*	Inisialisasi konteks Bali dan transisi otomatis ke beranda	Halaman tampil normal dan navigasi berjalan mulus	**Lulus**
2	Konsultasi Teks	Mengirim pertanyaan teks dan menerima respon agronomis LLM	Jawaban agronomis terstruktur tampil lancar	**Lulus**
3	Konsultasi Multimodal	Mengunggah foto buah dan menerima diagnosa hama visual	AI mendeteksi busuk buah dan menyarankan sanitasi	**Lulus**
4	Personalisasi Wilayah	Menyesuaikan rekomendasi dengan kabupaten asal petani	Respon memuat nama kabupaten dan SOP iklim lokal	**Lulus**
5	Sintesis Suara (TTS)	Memutar pembacaan suara instruksi dalam bahasa Indonesia	Audio sintesis terdengar jernih dan lancar	**Lulus**
6	Bookmark Panduan	Menyimpan pesan penting ke dalam arsip Pesan Tersimpan	Pesan tersimpan rapi dan dapat diakses kembali	**Lulus**
7	Riwayat Obrolan	Menyimpan riwayat obrolan konsultasi ke memori lokal	Daftar riwayat sesi tampil lengkap beserta timestamp	**Lulus**
8	Topik Cepat	Menekan chip topik dan kolom teks terisi panduan otomatis	Teks terisi otomatis sesuai kategori topik	**Lulus**
9	Umpan Balik CSAT	Menekan tombol *Like/Dislike* dan sistem mencatat respon	Skor CSAT diperbarui pada metrik	**Lulus**
10	Fitur Evaluasi Model	Menampilkan metrik performa AI dan log sesi operasional	Metrik evaluasi model tampil transparan dan akurat sesuai dengan data	**Lulus**
11	Deteksi Jaringan	Mendeteksi kendala koneksi internet dan memunculkan notifikasi	Indikator galat tercatat (1x) dan peringatan muncul	**Lulus**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Data uji coba fungsionalitas black-box pada Tabel 2 menegaskan bahwa seluruh 11 skenario kasus uji berhasil diselesaikan dengan status 'Lulus' (tingkat keberhasilan 100%). Keberhasilan ini menunjukkan bahwa alur logika antarmuka Flutter, form konsultasi teks dan foto, pemanggilan REST API Gemini 3.1 Flash, transmisi suara TTS, penyimpanan lokal SQLite, dan penanganan kondisi galat telah memenuhi kriteria penerimaan rancangan perangkat lunak. Namun demikian, penulis menegaskan bahwa keberhasilan 11 skenario pengujian ini hanya menunjukkan bahwa skenario yang diuji berjalan sesuai kriteria teknis, bukan membuktikan bahwa seluruh fungsi bebas secara mutlak dari kesalahan di luar skenario pengujian. Terkait modul Evaluasi Model pada Gambar 8, 9, dan 10, data telemetri dijelaskan berdasarkan metode pengukurannya: Pertama, rata-rata waktu respons tercatat sebesar 42,31 detik. Analisis teknis menunjukkan bahwa durasi ini disebabkan oleh kumulatif waktu transmisi data melalui jaringan internet seluler di pedesaan, proses pengunggahan payload citra resolusi tinggi, serta waktu inferensi server cloud Google Gemini dalam menghasilkan respon teks terperinci (~415 kata). Kedua, tercatat 1 insiden kesalahan jaringan (*Network Fault*) yang membuktikan keberfungsian penanganan galat sistem (*exception handling*) dalam menampilkan dialog peringatan tanpa menyebabkan crash aplikasi. Ketiga, 4 sesi interaksi yang terekam pada dasbor ditegaskan secara eksplisit berasal dari 1 akun penguji internal dengan 4 skenario interaksi terencana, bukan menunjukkan 4 petani atau pengguna yang berbeda. Keempat, tingkat kepuasan 100% berasal dari 1 jawaban AI yang mendapat tombol *Like* terhadap nilai total penekanan tombol umpan balik yaitu 1, sehingga memiliki keterbatasan dan tidak menggambarkan penerimaan petani secara umum. Data ini disajikan murni sebagai bukti keberfungsian teknis instrumen perekaman data pada aplikasi.

Batasan Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pengujian fungsionalitas perangkat lunak (*black-box testing*) dan verifikasi instrumen telemetri pada sisi klien menggunakan satu akun penguji internal melalui empat sesi interaksi konsultasi awal. Berdasarkan ruang lingkup tersebut, kelulusan 11 skenario kasus uji dan skor kepuasan fungsional diposisikan sebagai bukti keterpenuhan spesifikasi teknis antarmuka, transmisi API, dan pencatatan data aplikasi, bukan sebagai generalisasi keakuratan diagnosis agronomis maupun efektivitas di lapangan. Pengujian ini memastikan fungsi dasar berjalan sesuai skenario teknis yang dirancang.

Dari aspek infrastruktur dan lingkungan operasional, kinerja asisten virtual memiliki ketergantungan pada stabilitas koneksi data seluler dan ketersediaan layanan *cloud* Google Gemini 3.1 Flash API. Variabilitas *throughput* jaringan seluler di kawasan perkebunan serta beban komputasi server pihak ketiga memengaruhi capaian waktu respons (rata-rata 42,31 detik) dan memicu satu insiden galat jaringan yang berhasil ditangani sistem melalui *exception handling*. Selain itu, potensi variabilitas jawaban dari model generatif dimitigasi melalui penyuntikan *system prompt* terarah berkonteks budidaya kakao Bali.

Dari aspek penerapan lapangan dan tindak lanjut, pengujian purwarupa pada fase pembuktian konsep ini belum mencakup variasi profil literasi digital kelompok tani kakao di sentra perkebunan Bali secara luas. Di samping itu, rekomendasi teknis budidaya dan pengendalian hama belum melalui evaluasi buta ganda (*double-blind review*) bersama pakar proteksi tanaman kakao atau Petugas Penyuluh Lapangan (PPL). Tahap ini menitikberatkan pada pembuktian kesiapan teknis perangkat lunak sebelum evaluasi agronomis komprehensif dilakukan.

KESIMPULAN

Aplikasi Kakao Assistant berhasil dikembangkan sebagai prototipe aplikasi konsultasi pertanian berbasis *framework* Flutter dan Google Gemini 3.1 Flash LLM dengan arsitektur peran tunggal (*single-role*) khusus Petani Kakao di Bali. Fitur konsultasi berbasis teks dan gambar serta fungsi pendukung seperti sintesis suara *Text-to-Speech* (TTS), pemilihan wilayah sentra kakao Bali, penyimpanan riwayat lokal, dan menu Evaluasi Model telah diuji secara fungsional melalui 11 skenario pengujian *black-box* dengan hasil 100% lulus sesuai spesifikasi rancangan. Pengujian awal purwarupa menggunakan 1 akun penguji internal dengan 4 sesi interaksi konsultasi terencana mencatat rata-rata waktu respons 42,31 detik, ketahanan terhadap 1 insiden galat jaringan, dan skor kepuasan pengujian dari pengamatan pengujian tombol *Like/Dislike*. Namun demikian, kesimpulan ini tidak menyatakan bahwa aplikasi telah terbukti meningkatkan produktivitas kakao, menghasilkan diagnosis penyakit yang akurat, atau memberikan rekomendasi agronomis yang efektif di lapangan karena penelitian ini dibatasi pada pengujian fungsionalitas perangkat lunak.

Keterbatasan penelitian ini, terutama jumlah interaksi yang masih terbatas pada 4 sesi interaksi,

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

waktu respons rata-rata 42,31 detik, ketergantungan pada jaringan internet seluler, dan belum adanya validasi jawaban oleh ahli, mendasari saran untuk penelitian selanjutnya: (1) Pelaksanaan pengujian lapang (*field trial*) bersama kelompok tani kakao di sentra Bali guna mengevaluasi aspek kemudahan penggunaan dan penerimaan pengguna secara representatif; (2) Validasi jawaban dan rekomendasi agronomis secara empiris oleh petugas penyuluh lapangan (PPL) atau pakar proteksi tanaman kakao melalui evaluasi buta ganda (*double-blind review*); (3) Evaluasi akurasi diagnosis penyakit berbasis citra menggunakan dataset foto berlabel terstandarisasi; serta (4) Pengembangan arsitektur kecerdasan buatan luring (offline edge AI / *local knowledge base*) guna mengantisipasi kendala keterbatasan koneksi internet di wilayah perkebunan pelosok.

DAFTAR PUSTAKA

Ariningsih, E., Purba, H. J., Sinuraya, J. F., Septanti, K. S., & Suharyono, S. (2021). Permasalahan dan strategi peningkatan produksi dan mutu kakao indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, *19*(1), 89–108. https://doi.org/10.21082/akp.v19n1.2021.89-108

Ayu Juliasih, N. K., Arsana, I. N., & Sri Puspa Adi, N. N. (2023). Budidaya kakao (Theobroma cacao L.) di Cau Chocolates Bali. *Jurnal Widya Biologi*, 103–114. https://doi.org/10.32795/widyabiologi.v13i02.3569

BPS Provinsi Bali. (2024). *Provinsi Bali Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali.

Ginting, W. A., Ambarawati, G. A. A., & Dewi, I. A. L. (2019). Peranan Program Sertifikat Utz Terhadap Peningkatan Produksi dan Pendapatan Petani Kakao di Kabupaten Jembrana Provinsi Bali. *Agrisocionomics: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, *3*(2), 68–76. https://doi.org/10.14710/agrisocionomics.v3i2.4691

Gusti Agung Ayu Ambarawati, I., & Puspa Ayu Esterina, N. (2024). Cocoa Producers' Decision on Fermenting Beans in Jembrana Regency, Bali Province, Indonesia. *Advances in Social Sciences Research Journal*, *11*(2), 543–549. https://doi.org/10.14738/assrj.112.16560

Hendartie, S., Jayanti, S., & Sutejo, H. (2023). Pengujian Aplikasi Penerimaan Mahasiswa Baru (Pmb) Stmik Palangkaraya Menggunakan Black Box Testing. *Jurnal Sains Komputer Dan Teknologi Informasi*, *5*(2), 31–40. https://doi.org/10.33084/jsakti.v5i2.5021

Herdiansah, A., Nurnaningsih, D., & Rusdianto, H. (2022). Pemanfaatan Flutter Pada Pengembangan Aplikasi Mobile Ebisnis Penyediaan Bahan Baku Bisnis Katering. *Jurnal Teknoinfo*, *16*(2), 291. https://doi.org/10.33365/jti.v16i2.1937

I Nyoman Rai Widartha Kesuma, Gde Brahupadhya Subiksa, & I Komang Adi Wirata. (2025). Pengembangan Sistem Informasi Gym Spot Berbasis Web Sebagai Platform Informasi dan Promosi Gym di Wilayah Provinsi Bali. *Jurnal Manajemen Dan Teknologi Informasi*, *15*(1), 20–28. https://doi.org/10.59819/jmti.v15i1.4657

Ibrahim, M. N. R., Risnandar, & Fatikhunnada, A. (2026). Prototype of AI-Integrated Chatbot for Shallot Price Forecasting and Advisory Support to Assist Farmer Decision Making. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, *14*(1), 17–31. https://doi.org/10.19028/jtep.014.1.17-31

Indriati, G., Samsudin, & Rubiyo. (2013). Keefektifan paket teknologi pengendalian Penggerek Buah Kakao (PBK) di Provinsi Bali. *Buletin RISTRI*, *4*(1), 65–70.

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys*, *55*(12), 1–38. https://doi.org/10.1145/3571730

Khoirunisa, R. (2020). Penggunaan Natural Language Processing Pada Chatbot Untuk Media Informasi Pertanian. *Indonesian Journal of Applied Informatics*, *4*(2), 55. https://doi.org/10.20961/ijai.v4i2.38688

Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection. *Frontiers in Plant Science*, *7*. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01419

Muhammad Fajar Zikri, Cut Mulyani, & Yenni Marnita. (2022). Tingkat Serangan Penyakit Busuk Buah Kakao (Phytophthora palmivora L.) dan Kehilangan Hasil Tanaman Kakao di Kecamatan Darul Ihsan Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, *9*(2), 11–20. https://doi.org/10.33059/jupas.v9i2.6565

Nurudin, M., Jayanti, W., Saputro, R. D., Saputra, M. P., & Yulianti, Y. (2019). Pengujian Black Box pada Aplikasi Penjualan Berbasis Web Menggunakan Teknik Boundary Value Analysis. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, *4*(4), 143. https://doi.org/10.32493/informatika.v4i4.3841

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Rahmadhan, G., Zakariyya, F., & Puspitasari, T. D. (2022). Sistem Pakar Identifikasi Hama Dan Penyakit Pada Tumbuhan Kakao Menggunakan Metode BFS (Breadth First Search) Dan Certainty Factor Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, *9*(2), 70–80. https://doi.org/10.25047/jtit.v9i2.270

Risdiansyah, D., & Agustine, Lady. (2025). Pengembangan Sistem Informasi Pemesanan Makanan (SIMAKAN) Berbasis Web menggunakan Metode Waterfall. *Reputasi:*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak, *6*(1), 27–36. https://doi.org/10.31294/reputasi.v6i1.8827

Sudradjat, B. (2021). Penggunaan Teknologi Flutter dalam Aplikasi Mobile untuk Pengembangan Kedai Kopi. *Remik*, *6*(1), 1–8. https://doi.org/10.33395/remik.v6i1.11123

Tzachor, A., Devare, M., Richards, C., Pypers, P., Ghosh, A., Koo, J., Johal, S., & King, B. (2023). Large language models and agricultural extension services. *Nature Food*, *4*(11), 941–948. https://doi.org/10.1038/s43016-023-00867-x

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.