

Penerapan Augmented Reality Markerless pada E-Commerce Tanaman Hias Berbasis Web dan Mobile

Andika Kukuh Prasetyo[#], Wahyu Sri Utami[#]

[#] *Informatika, Sains & Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jl. Siliwangi (Ringroad Utara), Jombor, Sleman, D.I. Yogyakarta, 55285, Indonesia*
E-mail: [andikkp21\[at\]gmail.com](mailto:andikkp21@gmail.com), [wahyu.utami\[at\]uty.ac.id](mailto:wahyu.utami[at]uty.ac.id)

ABSTRACTS

This research presents the development of a web and mobile-based e-commerce system for ornamental plants, integrated with Markerless Augmented Reality (AR) technology. The system was developed to address two primary issues: the informal nature of ornamental plant MSME sales through social media without structured management, and the inability of online buyers to visualize products in a real-world environment prior to purchase. The system development followed the Waterfall methodology. The mobile application was built using Flutter, the web admin dashboard was developed with Laravel and Filament, and the AR module was implemented using Unity with ARFoundation and Google ARCore. The entire ecosystem is connected via a RESTful API with a MySQL database and integrated with Midtrans for payment and RajaOngkir for shipping services. System evaluation was conducted through Black Box Testing, AR Performance Testing, and User Acceptance Testing (UAT). Black Box Testing results demonstrated that all 15 mobile application test scenarios and 11 web admin scenarios produced the expected outputs (100% success rate). AR Performance Testing on two Android devices showed stable performance on the Infinix GT 30 Pro, while the Xiaomi Redmi Note 13 5G experienced frame rate fluctuations due to thermal throttling; however, no force closes or crashes occurred. Furthermore, UAT results using the System Usability Scale (SUS) yielded an average score of 64.50 (Okay category), indicating that the system's features and interface are acceptable to users. Overall, the system has successfully provided a structured digital sales platform for MSMEs and enabled buyers to visualize plants precisely in their real-world environment.

*Manuscript received May 21, 2026;
revised Jun 15 2026, accepted Jun
18, 2026 Date of publication Jun
30, 2026. International Journal,
JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi
Sistem Informasi licensed under a
Creative Commons Attribution-
Share Alike 4.0 International
License*



ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan pengembangan sistem e-commerce tanaman hias berbasis web dan mobile yang diintegrasikan dengan teknologi Augmented Reality (AR) Markerless. Sistem ini dikembangkan untuk menjawab dua permasalahan utama: operasional penjualan UMKM tanaman hias yang masih bersifat informal melalui media sosial tanpa pengelolaan terstruktur, serta ketidakmampuan pembeli online dalam memvisualisasikan produk di lingkungan nyata sebelum membeli. Pengembangan sistem menggunakan metode Waterfall. Aplikasi mobile dibangun dengan Flutter, dashboard web admin menggunakan Laravel dengan Filament, dan modul AR menggunakan Unity dengan ARFoundation serta Google ARCore. Seluruh ekosistem terhubung melalui RESTful API dengan basis data MySQL, serta terintegrasi dengan Midtrans dan RajaOngkir. Evaluasi sistem dilakukan melalui Black Box Testing, Performance Testing AR, dan User Acceptance Testing (UAT). Hasil Black Box Testing menunjukkan seluruh 15 skenario pengujian aplikasi mobile dan 11 skenario web admin menghasilkan output sesuai yang diharapkan (tingkat keberhasilan 100%). Hasil Performance Testing AR pada dua perangkat Android menunjukkan performa stabil pada Infinix GT 30 Pro, sedangkan Xiaomi

Redmi Note 13 5G mengalami fluktuasi frame rate akibat thermal throttling, namun tidak ditemukan force close maupun crash. Lebih lanjut, hasil UAT menggunakan instrumen System Usability Scale (SUS) memperoleh skor rata-rata 64,50 (kategori Okay), yang mengindikasikan fitur dan antarmuka sistem dapat diterima oleh pengguna. Secara keseluruhan, sistem berhasil menyediakan platform penjualan digital yang terstruktur bagi UMKM dan memungkinkan pembeli memvisualisasikan tanaman secara presisi di lingkungan nyata.

Keywords / Kata Kunci — *Augmented Reality; E-Commerce; Tanaman Hias; Flutter; Laravel; Filament; Markerless; Waterfall.*

CORRESPONDING AUTHOR

Andika Kukuh Prasetyo
Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma, Sumatera Selatan, Indonesia
Email: andikp21[at]gmail.com

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk sektor perdagangan. Salah satu bentuk nyata dari transformasi tersebut adalah munculnya *e-commerce* sebagai platform jual beli berbasis digital yang memungkinkan transaksi dilakukan kapan saja dan di mana saja tanpa batasan geografis [1]. Penerapan *e-commerce* terbukti memberikan dampak positif terhadap pendapatan pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), dengan memperluas jangkauan pasar dan meningkatkan efisiensi proses penjualan [1].

Salah satu sektor UMKM bisnis yang mengalami pertumbuhan signifikan adalah tanaman hias. Tren berkebun dan mendekorasi ruangan dengan tanaman hias meningkat pesat, terutama sejak masa pandemi, seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap estetika ruang dan kesehatan mental [2]. Meskipun demikian, sebagian besar pelaku usaha tanaman hias skala kecil masih mengandalkan penjualan secara langsung atau melalui media sosial yang bersifat informal, sehingga proses pencatatan transaksi dan pengelolaan produk menjadi tidak terstruktur [3], [4]. Kondisi ini menyebabkan potensi pasar yang besar tidak dapat dimanfaatkan secara optimal oleh para pelaku UMKM tanaman hias.

Di sisi lain, belanja *online* memiliki keterbatasan mendasar yang sering dikeluhkan oleh konsumen, yaitu ketidakmampuan pembeli untuk membayangkan bagaimana produk yang dibeli akan terlihat di lingkungan nyata mereka sebelum melakukan pembelian [5], [6]. Keterbatasan ini sangat relevan dalam konteks pembelian tanaman hias, di mana aspek estetika dan kesesuaian dengan dekorasi ruangan menjadi pertimbangan utama bagi pembeli. Akibatnya, konsumen sering kali ragu untuk melakukan pembelian secara *online* dan lebih memilih membeli secara langsung di toko fisik.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) hadir sebagai solusi atas permasalahan tersebut. AR merupakan teknologi yang menggabungkan elemen virtual ke dalam lingkungan nyata secara *real-time*, memungkinkan *customer* untuk berinteraksi dengan objek digital seolah-olah objek tersebut benar-benar ada di dunia fisik [7], [8]. Dalam konteks *e-commerce*, penerapan AR memungkinkan calon pembeli untuk memvisualisasikan produk secara langsung di lingkungan mereka sebelum memutuskan untuk membeli, sehingga dapat meningkatkan kepercayaan dan pengalaman berbelanja [6], [9]. Pendekatan *markerless* pada AR semakin memperluas penerapannya karena tidak memerlukan penanda fisik (*marker*) khusus, sehingga lebih praktis dan dapat diakses oleh *customer* secara luas [7], [10].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penerapan AR dalam konteks visualisasi produk dan *e-commerce*. Miyanti et al. [10] berhasil menerapkan AR *Markerless* sebagai media promosi produk furnitur berbasis Android dan menunjukkan bahwa teknologi ini efektif meningkatkan daya tarik produk secara visual. Rohman et al. [7] menerapkan AR *Markerless* pada aplikasi *mobile* untuk pengenalan objek dan membuktikan bahwa pendekatan *markerless* lebih mudah digunakan dibandingkan *marker-based* dalam konteks aplikasi *e-commerce*. Sementara itu, Almomani & Arya [6] menegaskan bahwa integrasi AR dalam platform *e-commerce* mampu menjembatani kesenjangan pengalaman belanja antara toko fisik dan toko online. Selain itu, implementasi *framework* Flutter pada arsitektur *e-commerce* berbasis Android juga telah terbukti mampu menghasilkan sistem transaksi yang berjalan dengan baik [11]. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum secara spesifik mengintegrasikan fitur AR *markerless* ke dalam platform *e-commerce* yang dirancang khusus untuk UMKM tanaman hias dengan dukungan sistem *web* dan *mobile* secara bersamaan.

Berdasarkan permasalahan dan celah penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *e-commerce* tanaman hias berbasis *web* dan *mobile* yang dilengkapi dengan fitur *Augmented Reality Markerless*. Sistem dibangun menggunakan *framework* Flutter untuk aplikasi *mobile*, Laravel dengan Filament untuk *dashboard web* admin, dan Unity dengan ARFoundation untuk modul AR, yang semuanya terhubung melalui REST API [11], [12]. Pengembangan sistem menggunakan metode *Waterfall* karena kebutuhan

sistem dapat diidentifikasi sejak awal secara menyeluruh [13], [14] Keberhasilan sistem diverifikasi melalui Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan fungsional, serta Performance Testing AR untuk mengukur stabilitas dan kompatibilitas fitur visualisasi tanaman hias pada permukaan nyata di berbagai perangkat Android. Selain melakukan verifikasi fungsionalitas melalui Black Box dan Performance Testing, penelitian ini juga melakukan User Acceptance Testing (UAT) untuk mengevaluasi tingkat penerimaan sistem oleh pengguna akhir

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada pendekatan rekayasa perangkat lunak untuk membangun ekosistem *e-commerce* yang terintegrasi. Tahapan penelitian disusun secara sistematis, dimulai dari penentuan model pengembangan sistem, analisis kebutuhan pengguna, hingga perancangan arsitektur komunikasi data antara *backend* dan *mobile klien*. Bab ini juga memaparkan strategi integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR) serta rencana pengujian sistem untuk memastikan seluruh fungsionalitas berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.

2.1. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menerapkan metode pengembangan perangkat lunak model *Waterfall* yang mencakup lima fase berurutan: *Requirements*, *Design*, *Implementation*, *Testing*, serta *Maintenance* [13], [14]. Setiap fase wajib diselesaikan secara menyeluruh sebelum berlanjut ke tahapan berikutnya. Pada penelitian ini, uraian metodologi difokuskan terhadap tiga tahapan utama yaitu analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, dan pengujian, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

2.2. Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem dilakukan melalui studi literatur terhadap penelitian terdahulu yang relevan serta observasi terhadap proses penjualan tanaman hias pada UMKM, yang masih mengandalkan media sosial secara informal tanpa sistem pengelolaan yang terstruktur. Kondisi ini menyebabkan pengelolaan pesanan tidak efisien dan calon pembeli tidak dapat memvisualisasikan produk sebelum membeli. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kebutuhan sistem diidentifikasi sebagai berikut.

Kebutuhan fungsional sistem meliputi:

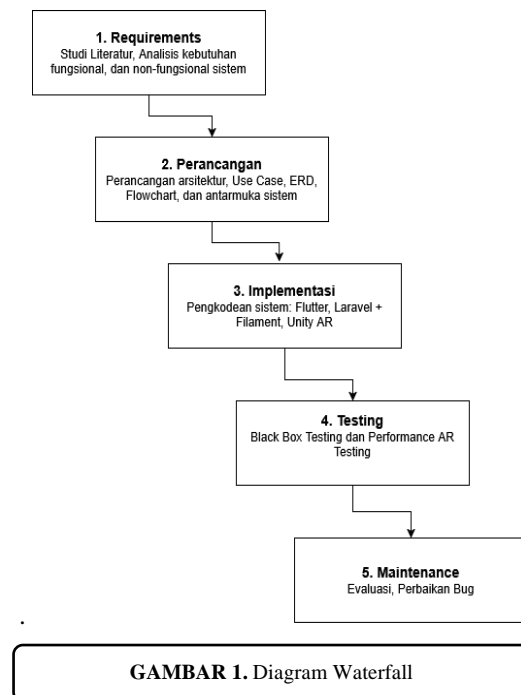
1. *Customer* dapat melihat katalog dan detail produk tanaman hias melalui aplikasi mobile.
2. *Customer* dapat memvisualisasikan tanaman hias secara langsung di lingkungan nyata menggunakan fitur *Augmented Reality Markerless*.
3. *Customer* dapat melakukan pembelian melalui keranjang, *checkout*, dan pembayaran terintegrasi dengan Midtrans.
4. *Customer* dapat melihat riwayat pesanan melalui aplikasi *mobile*.
5. Admin dapat mengelola produk, pesanan, transaksi, laporan, dan data pengguna melalui *dashboard* web.
6. Sistem menghubungkan aplikasi *mobile* dan *dashboard* web melalui REST API.

Kebutuhan non-fungsional sistem meliputi:

1. Sistem dapat berjalan pada perangkat Android yang mendukung ARCore.
2. Tampilan antarmuka responsif dan mudah digunakan.
3. Waktu *rendering* objek 3D AR dalam batas toleransi yang wajar bagi *customer*.

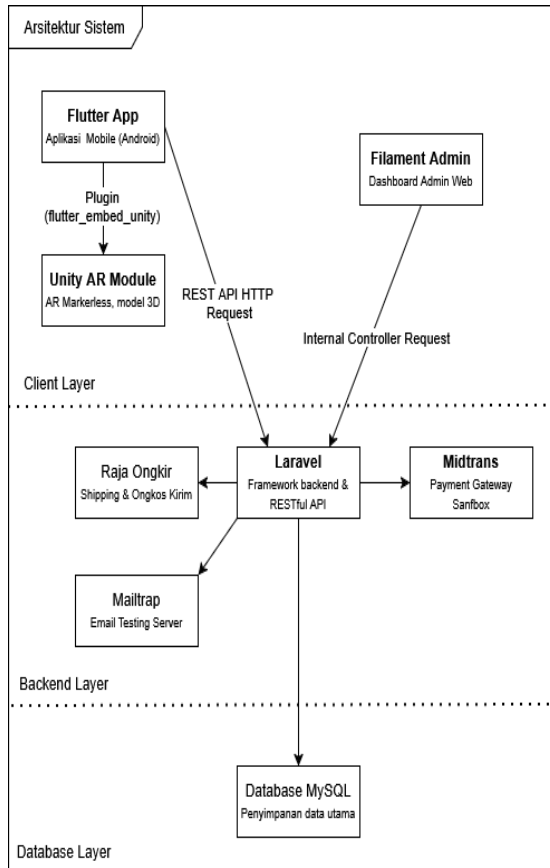
2.3. Perancangan Sistem

Tahap perancangan mencakup perancangan arsitektur sistem, basis data, dan alur proses sistem. Perancangan divisualisasikan menggunakan *Use Case Diagram*, *Entity Relationship Diagram* (ERD), dan *Flowchart*. Arsitektur Perancangan arsitektur pada sistem ini menerapkan model berlapis (*layered architecture*) guna memisahkan fungsionalitas antarmuka, pemrosesan logika, serta penyimpanan data. Struktur arsitektur dibagi menjadi tiga tingkatan utama, yaitu *Client Layer*, *Backend Layer*, dan *Database Layer*. Pemisahan ini ditujukan untuk mempermudah pemeliharaan kode program serta meningkatkan aspek keamanan pertukaran informasi



antar-komponen. Lapisan pertama merupakan *Client Layer* yang mengakomodasi seluruh interaksi pengguna melalui dua platform utama. Konsumen menggunakan aplikasi *mobile* berbasis Flutter yang terintegrasi dengan modul Unity AR melalui mekanisme *plugin* terenkapsulasi untuk memvisualisasikan tanaman hias tanpa menggunakan penanda fisik (*markerless*). Di sisi lain, pelaku UMKM mengelola operasional bisnis melalui Web admin berbasis Filament. Semua permintaan data dari lapisan klien ini akan dikirim menuju pusat server melalui protokol komunikasi yang aman.

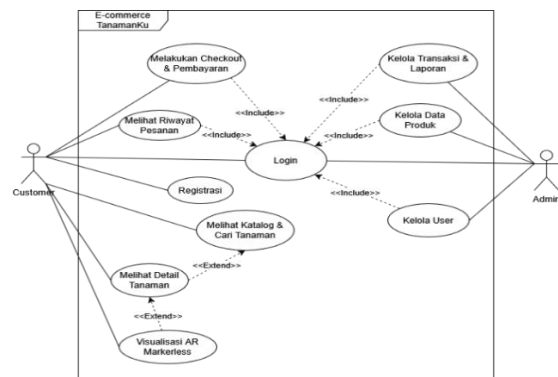
Lapisan kedua adalah *Backend Layer* dengan menggunakan *framework* Laravel yang bertindak sebagai mesin pemroses logika bisnis serta penyedia layanan RESTful API. Laravel menjadi jembatan penghubung utama yang mengintegrasikan sistem dengan tiga ekosistem eksternal, yaitu RajaOngkir untuk perhitungan logistik, Midtrans untuk gerbang pembayaran digital, serta Mailtrap untuk simulasi pengiriman notifikasi email. Lapisan terakhir adalah *Database Layer* berbasis MySQL yang berfungsi mengelola data tanaman, transaksi, akun pengguna, serta direktori penyimpanan nama model 3D tanaman, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Arsitektur Sistem

TABEL 1. Stack Teknologi Sistem TanamanKu

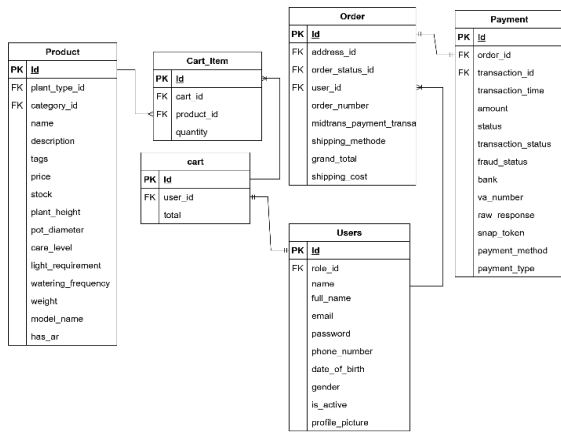
Komponen	Teknologi
Aplikasi Mobile	Flutter (Dart) versi 3.35.4
Web Admin	Laravel 12 + Filament 4.0
Augmented Reality	Unity + ARCore + ARFoundation (Markerless)
Integrasi AR-Mobile	Flutter_Embed_Unity versi 1.3.1
Basis Data	MySQL
Komunikasi Data	RESTful API
Payment Gateway	Midtrans
Shipping & Ongkos Kirim	Raja Ongkir
Email Testing	Mailtraps



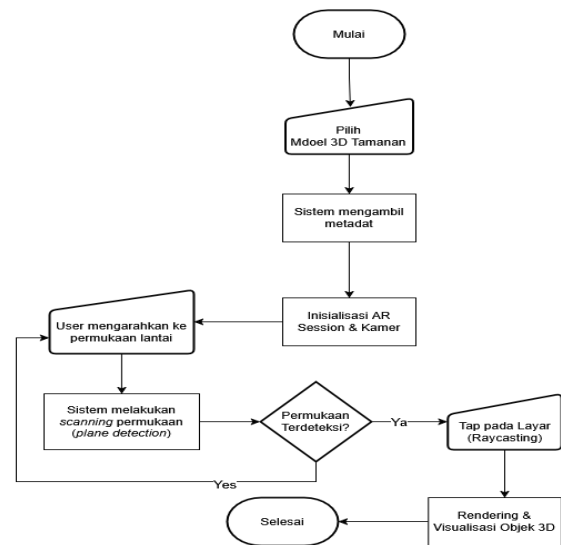
GAMBAR 3. Use Case Diagram Sistem *TanamanKu*

Arsitektur platform ini dirancang untuk mengintegrasikan layanan *web* dan *mobile* secara sinkron guna mendukung operasional UMKM sekaligus memberikan pengalaman visualisasi yang interaktif bagi konsumen. Komponen perangkat lunak, kerangka kerja (*framework*), serta pustaka (*library*) yang digunakan dalam membangun ekosistem sistem TanamanKu disajikan secara rinci pada Tabel 1.

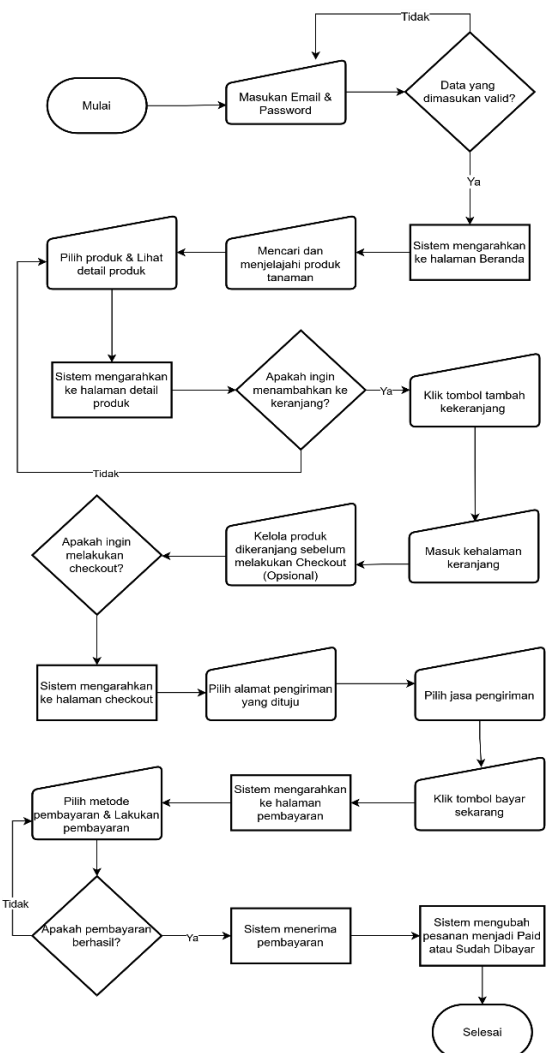
Gambar 3 menunjukkan *Use Case Diagram* sistem TanamanKu. Terdapat dua aktor utama yaitu *Customer* dan *Admin*. *Customer* dapat melakukan registrasi, login, melihat katalog, melihat detail tanaman, *checkout* dan pembayaran, serta melihat riwayat pesanan. Fitur visualisasi AR *Markerless* merupakan perluasan (*extend*) dari *use case* melihat detail tanaman. Seluruh fitur yang membutuhkan data personal memerlukan autentikasi terlebih dahulu (*include* Login). *Admin* memiliki akses penuh untuk mengelola produk, transaksi, laporan, dan data pengguna melalui dashboard web. Gambar 4 menunjukkan *Entity Relationship Diagram* (ERD) sistem TanamanKu. Terdapat enam entitas utama yaitu *Users*, *Product*, *Cart*, *Cart_Item*, *Order*, dan *Payment*. Entitas *Product* menyimpan atribut spesifik tanaman hias termasuk *model_name* dan *has_ar* sebagai referensi model 3D untuk fitur AR. Relasi antara *Users* dan *Cart* bersifat *one-to-one*, sedangkan *Cart* memiliki relasi *one-to-many* dengan *Cart_Item*. Entitas *Order* terintegrasi dengan Midtrans dan berelasi *one-to-one* dengan entitas *Payment* yang menyimpan detail status transaksi.



GAMBAR 4. Entity Relationship Diagram (ERD) Sistem



GAMBAR 5. Flowchart Alur Fitur PlantAR



GAMBAR 6. Flowchart Alur Belanja Sistem TanamanKu

Gambar 5 menunjukkan diagram alir (*flowchart*) proses bisnis pada aplikasi Tanamanku. Sistem dimulai dengan proses autentikasi pengguna melalui input email dan kata sandi. Jika kredensial tidak valid, sistem akan meminta pengguna melakukan input ulang. Setelah autentikasi berhasil, pengguna diarahkan ke halaman beranda untuk mengakses katalog produk. Alur kemudian berlanjut pada pemilihan produk, penambahan ke keranjang belanja, hingga penyelesaian transaksi melalui proses *checkout* dan pembayaran.

Gambar 6 menunjukkan diagram alir (*flowchart*) integrasi fitur PlantAR. Alur dimulai ketika pengguna mengakses fitur PlantAR melalui detail produk atau tombol *Floating Action Bar* (FAB). Sistem kemudian melakukan inisialisasi sesi AR dan mengaktifkan akses kamera. Tahap selanjutnya adalah akses bidang (*plane detection*) menggunakan *ARFoundation* secara *real-time*. Jika permukaan lantai belum terdeteksi, sistem akan mengulang proses *scanning* hingga bidang referensi ditemukan. Setelah permukaan terdeteksi, pengguna melakukan interaksi *manual input* melalui mekanisme *raycasting* untuk menentukan titik penempatan objek, yang diikuti dengan proses *rendering* model 3D tanaman hias pada permukaan nyata tersebut.

2.4. Pengujian Sistem

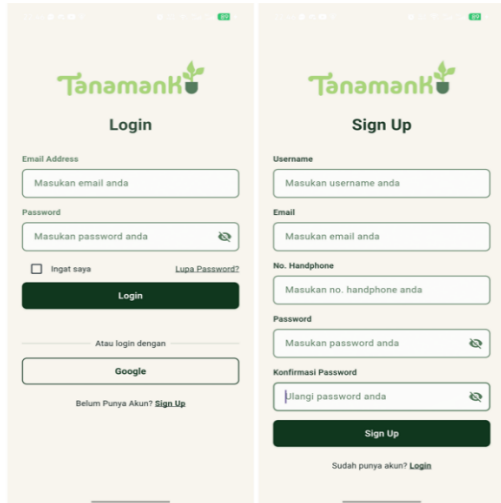
Pengujian sistem dilakukan menggunakan dua metode untuk memastikan sistem berfungsi sesuai kebutuhan dan fitur AR bekerja dengan baik.

1. *Black Box Testing* digunakan untuk memverifikasi seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian berfokus pada kesesuaian input dan output sistem tanpa memperhatikan struktur internal kode program [15], [16]. Skenario pengujian mencakup fitur registrasi, login, penelusuran produk, visualisasi AR, proses pembelian, dan pengelolaan data oleh admin.
2. *Performance Testing AR* dilakukan untuk mengukur performa fitur *Augmented Reality* pada berbagai kondisi perangkat dan lingkungan. Parameter yang diukur meliputi waktu *rendering* objek 3D, akurasi penempatan objek pada permukaan nyata, dan stabilitas *frame rate* selama penggunaan AR berlangsung.

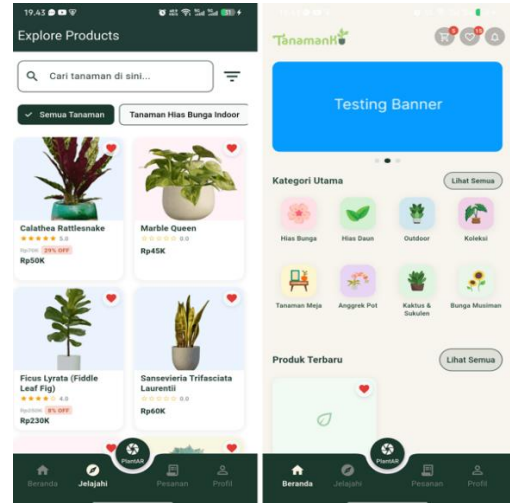
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Sistem

Sistem *e-commerce* TanamanKu berhasil dikembangkan terdiri dari dua komponen utama yaitu aplikasi *mobile* berbasis Flutter dan *dashboard* web admin berbasis Laravel dengan Filament. Kedua komponen terhubung melalui REST API dengan basis data MySQL serta terintegrasi dengan *payment gateway* Midtrans. Aplikasi ini juga dilengkapi dengan modul Augmented Reality Markerless berbasis Unity dengan ARFoundation dan Google ARCore, yang disematkan (*embedded*) secara langsung ke dalam arsitektur Flutter menggunakan *library flutter_unity_widget* sebagai jembatan komunikasi antar-komponen (*communication bridge*).

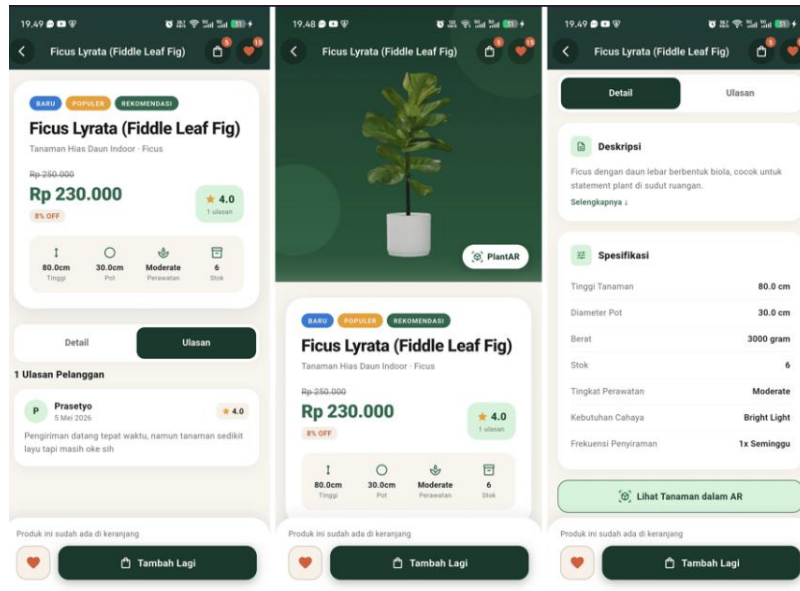


GAMBAR 7. Halaman Login dan Registrasi Aplikasi



GAMBAR 8. Halaman Beranda dan Jelajahi

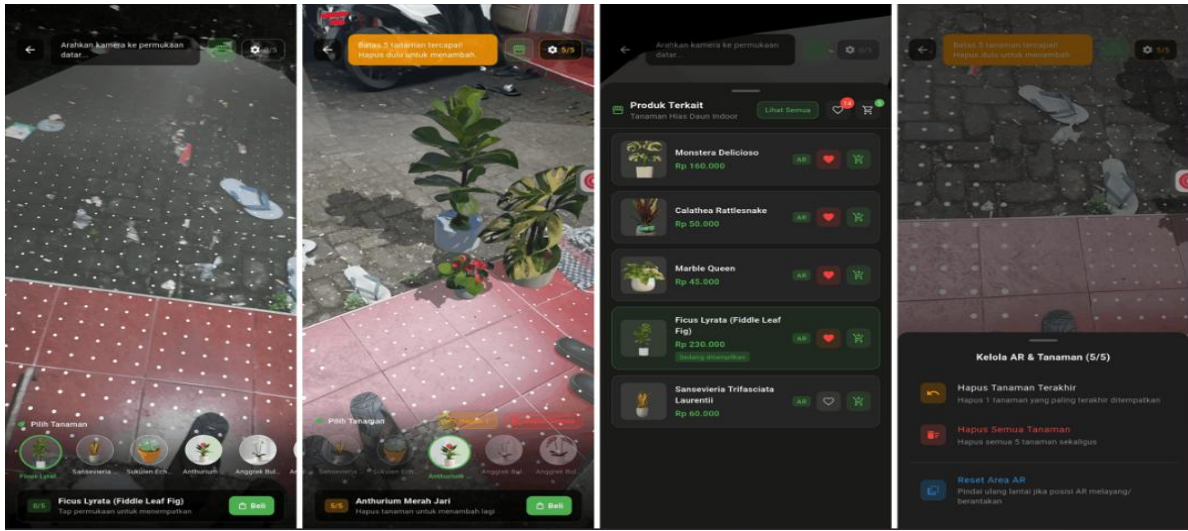
Aplikasi mobile TanamanKu dikembangkan menggunakan Flutter dan berjalan pada perangkat Android yang mendukung ARCore. Gambar 7 menunjukkan halaman *login* dan registrasi aplikasi *mobile* TanamanKu. Halaman *login* meminta *customer* memasukkan email dan *password* yang telah terdaftar untuk mengakses sistem. Apabila belum memiliki akun, *customer* dapat mendaftar melalui halaman registrasi dengan mengisi data *username*, email, nomor hp dan *password*.



GAMBAR 9. Halaman Detail Produk

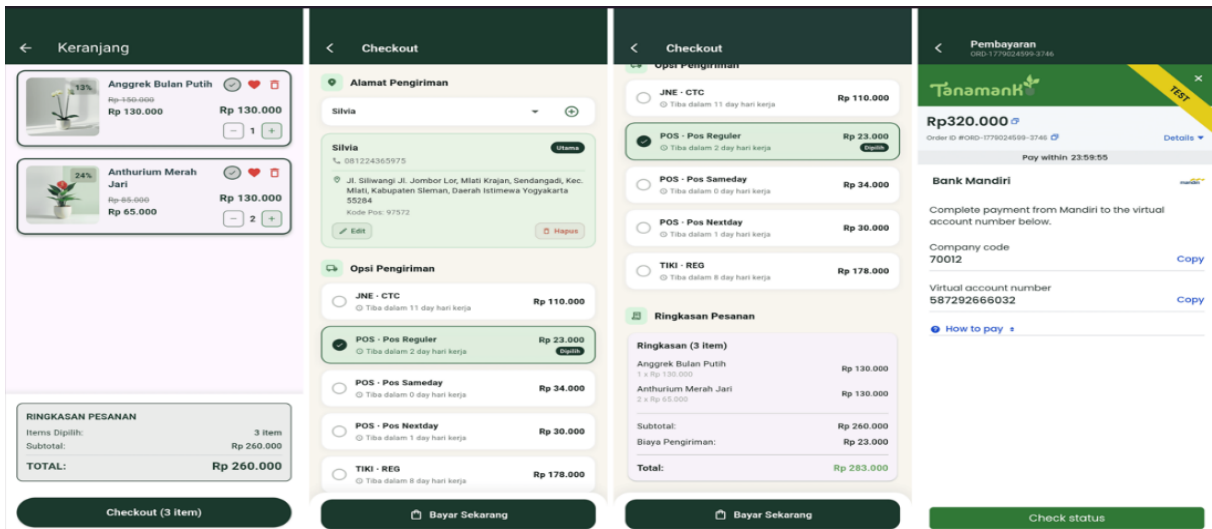
Gambar 8 menunjukkan halaman Home dan katalog produk aplikasi TanamanKu. Halaman Home menampilkan pilihan kategori utama, produk terbaru, rekomendasi, populer, diskon dan tips perawatan tanaman hias. Customer dapat menjelajahi seluruh produk melalui halaman Jelajahi yang dilengkapi fitur pencarian berdasarkan nama tanaman serta filter berdasarkan kategori, jenis tanaman, rentang harga, sorting, dan produk yang sudah ada 3D model.

Gambar 9 menunjukkan halaman detail produk tanaman hias pada aplikasi TanamanKu. Halaman ini menampilkan informasi lengkap produk meliputi nama, harga, deskripsi, spesifikasi tanaman (tinggi, diameter pot, kebutuhan cahaya, frekuensi penyiraman), serta tombol untuk menambahkan produk ke keranjang dan mengakses fitur PlantAR.



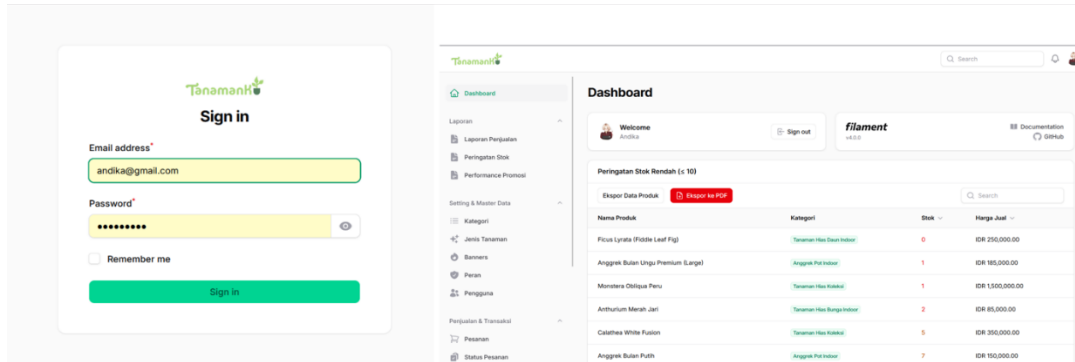
GAMBAR 10. Tampilan Fitur Augmented Reality Markerless

Gambar 10 mengilustrasikan antarmuka fitur PlantAR yang memproyeksikan model 3D tanaman ke lingkungan fisik secara *real-time* menggunakan metode pelacakan permukaan (*plane tracking*). Antarmuka ini memfasilitasi interaksi spasial secara penuh, memungkinkan pengguna untuk menggeser, memutar, dan menskalakan objek virtual agar proporsinya presisi dengan ruangan asli. Guna menjaga kesinambungan alur transaksi *e-commerce*, layar ini terintegrasi dengan panel *bottom sheet* berisi katalog produk berbasis kategori. Panel ini dapat diakses melalui tombol "Beli" pada area bawah maupun ikon toko di sudut kanan atas, serta berfungsi untuk mengelola transaksi (menambahkan produk ke keranjang dan *wishlist*) sekaligus menjadi jalan pintas navigasi ke halaman tersebut. Selain itu, pada sudut kanan atas terdapat menu pengaturan AR untuk manajemen sesi, mencakup fitur penghapusan objek 3D (objek terakhir atau keseluruhan), kalibrasi ulang (*reset plane tracking*) apabila terjadi kendala pemindaian, serta tombol kembali untuk mengakhiri sesi AR secara aman.



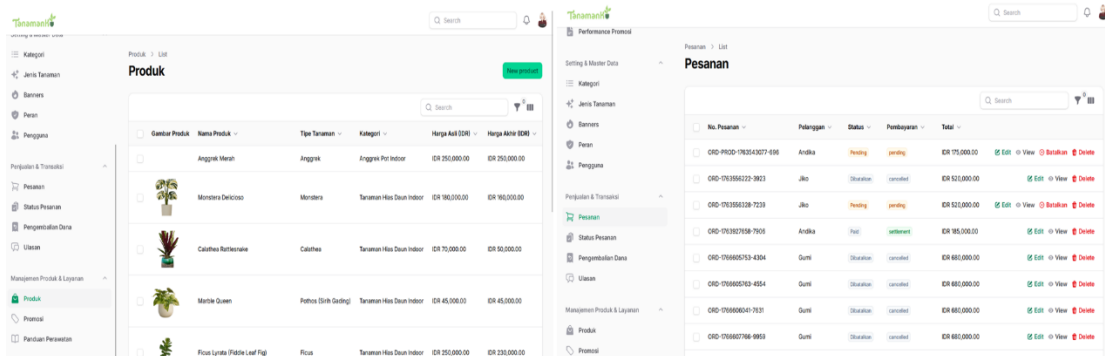
GAMBAR 11. Halaman Keranjang, Checkout, dan Pembayaran

Gambar 11 menunjukkan alur pembelian pada aplikasi TanamanKu yang mencakup halaman keranjang belanja, *checkout*, dan pembayaran. Pada halaman keranjang, *customer* dapat meninjau produk yang dipilih, mengubah jumlah, atau menghapus item sebelum melanjutkan. Proses *checkout* memungkinkan *customer* mengisi alamat pengiriman dan memilih metode pengiriman melalui integrasi RajaOngkir. Pembayaran dilakukan melalui Midtrans yang mendukung berbagai metode seperti transfer bank, dompet digital.



GAMBAR 12. Halaman Login & Dashboard Website Admin TanamanKu

Dashboard web admin dibangun menggunakan Laravel dengan panel Filament. Gambar 12 menunjukkan tampilan *dashboard* utama web admin TanamanKu yang dibangun menggunakan Laravel dengan panel Filament. *Dashboard* menampilkan ringkasan data bisnis secara keseluruhan meliputi total produk, total pesanan, dan total pendapatan. Admin dapat mengakses seluruh menu pengelolaan sistem melalui navigasi yang tersedia di sisi kiri *dashboard*.



GAMBAR 13. Halaman Kelola Produk Tanaman dan Kelola Pesanan

Gambar 13 menunjukkan halaman pengelolaan produk dan pesanan pada *dashboard* web admin TanamanKu. Pada halaman kelola produk, admin dapat menambah, mengubah, dan menghapus data produk tanaman hias termasuk mengunggah model 3D yang digunakan untuk fitur AR. Halaman kelola pesanan menampilkan seluruh transaksi yang masuk beserta detail pengiriman, dan admin dapat memperbarui status pesanan yang secara otomatis tersinkronisasi dengan aplikasi *mobile customer*.

3.2. Hasil Pengujian Black Box Testing

Pengujian *Black Box Testing* dilakukan untuk memverifikasi bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan yang ditetapkan [15], [16]. Pengujian mencakup seluruh fitur utama pada aplikasi *mobile* dan *dashboard* web admin.

TABEL 2. Hasil Black Box Testing Aplikasi Mobile TanamanKu

No	Fitur	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Status
Pengujian Autentikasi				
1.	Registrasi	Memasukkan data dan kredensial yang valid pada seluruh <i>form</i> pendaftaran.	Sistem memvalidasi entitas akun baru, mengarahkan pengguna ke verifikasi <i>email</i> , dan berlanjut ke halaman <i>Login</i> .	Valid
2.	Registrasi	Memasukkan alamat <i>email</i> yang telah terdaftar di dalam basis data.	Sistem menolak proses dan menampilkan pesan peringatan bahwa <i>email</i> telah digunakan.	Valid
3.	Login	Memasukkan kombinasi <i>email</i> dan kata sandi yang valid.	Sistem mengautentikasi pengguna dan mengarahkan navigasi ke halaman <i>Home</i> .	Valid
4.	Login	Memasukkan kombinasi kata sandi yang tidak valid (salah).	Sistem menolak akses dan menampilkan pesan peringatan kegagalan autentikasi.	Valid

Pengujian Eksplorasi Produk				
5.	Katalog Produk	Mengakses halaman antarmuka <i>Explore/Home</i> .	Sistem memuat dan menampilkan daftar entitas produk secara lengkap dari <i>server</i> .	Valid
6.	Detail Produk	Memilih salah satu entitas produk pada antarmuka katalog.	Sistem menampilkan atribut produk secara spesifik (visual, harga, deskripsi, spesifikasi).	Valid
7.	Pencarian	Memasukkan kata kunci (nama tanaman) pada kolom pencarian.	Sistem memfilter basis data dan menampilkan entitas produk yang relevan dengan kata kunci.	Valid
Pengujian Augmented Reality				
8.	Inisialisasi AR	Menekan tombol pemicu (<i>trigger</i>) AR pada halaman detail produk.	Sistem meminta izin akses kamera perangkat dan menginisialisasi sesi <i>Augmented Reality</i> .	Valid
9.	Pelacakan AR	Mengarahkan kamera perangkat ke area permukaan datar (lantai/meja).	Sistem melakukan pelacakan keruangan (<i>spatial tracking</i>) dan menampilkan indikator permukaan.	Valid
10.	Proyeksi 3D	Memberikan input sentuhan (<i>tap</i>) pada area indikator permukaan.	Sistem merender dan memproyeksikan objek 3D tanaman secara presisi pada permukaan tersebut.	Valid
Pengujian Checkout Produk				
11.	Keranjang Belanja	Menekan tombol "Tambah ke Keranjang" pada produk terpilih.	Sistem memperbarui <i>state</i> keranjang dan menaikkan angka pada <i>badge</i> indikator keranjang.	Valid
12.	Keranjang Belanja	Memberikan instruksi penghapusan item di dalam halaman keranjang.	Sistem menghapus entitas produk dari keranjang dan mengalkulasi ulang total harga transaksi.	Valid
13.	Checkout	Memasukkan data alamat pengiriman dan memilih opsi kurir.	Sistem memproses data dan menampilkan ringkasan pesanan (<i>order summary</i>) secara akurat.	Valid
14.	Pembayaran	Mengonfirmasi transaksi melalui metode pembayaran Midtrans.	Sistem memuat antarmuka <i>payment gateway</i> Midtrans Snap UI untuk memproses pembayaran.	Valid
15.	Riwayat Pesanan	Mengakses halaman riwayat transaksi pengguna.	Sistem mengambil data transaksi (<i>fetch</i>) dan menampilkan daftar pesanan beserta status terkini.	Valid

Berdasarkan hasil pengujian Black Box Testing pada aplikasi mobile, seluruh 15 skenario pengujian menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini membuktikan bahwa seluruh fungsi utama aplikasi mobile TanamanKu berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan.

TABEL 3. Hasil Black Box Testing Dashboard Web Admin TanamanKu

No	Fitur	Skenario Uji	Output yang Diharapkan	Status
Pengujian Autentikasi				
1.	Login	Memasukkan kredensial <i>email</i> dan kata sandi administrator yang valid.	Sistem mengautentikasi sesi dan memberikan akses masuk ke <i>Dashboard</i> utama.	Valid
2.	Login	Memasukkan email atau kata sandi administrator yang tidak valid.	Sistem menolak akses masuk dan menampilkan pesan peringatan kegagalan autentikasi.	Valid
Pengujian Manajemen Produk				
3.	Manajemen Produk	Melengkapi parameter atribut produk baru dan memasukkan parameter teks <i>model_name</i> yang merepresentasikan <i>prefab</i> 3D di dalam Unity.	Sistem menyimpan entitas ke dalam basis data dan memperbarui antarmuka katalog produk secara instan.	Valid
4.	Manajemen Produk	Mengubah nilai atribut (harga/stok) pada produk yang telah ada.	Sistem memperbarui (<i>update</i>) data entitas produk tersebut di dalam basis data.	Valid
5.	Manajemen Produk	Memberikan instruksi penghapusan (<i>delete</i>) pada entitas produk.	Sistem menghapus entitas data dari basis data secara permanen, memutus tautan dengan <i>prefab</i> 3D.	Valid
Pengujian Manajemen Pesanan				

6.	Manajemen Pesanan	Mengakses menu pengelolaan pesanan masuk.	Sistem memuat dan menampilkan rincian daftar transaksi secara komprehensif.	Valid
7.	Manajemen Pesanan	Memperbarui status operasional pesanan menjadi "Dikirim".	Sistem menyimpan perubahan status yang akan langsung terefleksi pada aplikasi <i>mobile</i> pengguna.	Valid
Pengujian Manajemen Pengguna				
8.	Manajemen Pengguna	Mengakses menu pengelolaan data pengguna terdaftar.	Sistem menampilkan daftar pengguna beserta status akunnya.	Valid
9.	Manajemen Pengguna	Memberikan instruksi penonaktifan pada akun pengguna spesifik.	Sistem mengubah parameter status akun pengguna tersebut menjadi tidak aktif.	Valid

Berdasarkan hasil pengujian Black Box Testing pada dashboard web admin, seluruh 9 skenario menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini membuktikan seluruh fitur pengelolaan pada dashboard web admin berfungsi dengan baik.

3.3. Hasil Pengujian Kompatibilitas dan Performa Augmented Reality

Pengujian performa fitur *Augmented Reality Markerless* dilakukan pada dua perangkat Android dengan spesifikasi berbeda untuk mengukur kompatibilitas dan konsistensi performa sistem AR pada kondisi penggunaan nyata. Perangkat yang digunakan adalah Xiaomi Redmi Note 13 5G (MediaTek Dimensity 6080, RAM 8GB) dan Infinix GT 30 Pro (MediaTek Dimensity 8350 Ultimate, RAM 8GB+5GB).

TABEL 4. Hasil Performance Testing Fitur PlantAR

No	Parameter	Infinix GT 30 Pro	Xiaomi Redmi Note 13 5G
1.	Spesifikasi Perangkat	Dimensity 8350 Ultimate, RAM 8+5GB, Android 15	Dimensity 6080, RAM 8GB, Android 15
2.	Waktu Inisialisasi Awal (<i>Cold Start</i>)	Rata-rata ~1 menit 13 detik (rentang 1:07 – 1:20, dipengaruhi suhu)	Cukup Lama (data tidak terekam, estimasi ≥ 1 menit)
3.	Waktu Inisialisasi Lanjutan (<i>Warm Start</i>)	Instan	Instan
4.	Frame Rate Normal (1-4 Objek 3D)	Stabil (Rata-rata 30 FPS)	Berfluktuasi (Rata-rata 7-30 FPS), menurun saat suhu meningkat (<i>Thermal Throttling</i>)
5.	Frame Rate Puncak (<i>Stress Test</i> 5 Objek)	Cukup stabil (Rata-rata 28-30 FPS)	Menurun akibat suhu naik sehingga mempengaruhi kinerja <i>plane tracking</i> dan <i>rendering</i> jadi berat (sampai 7-11 FPS)
6.	Suhu Perangkat (<i>Thermal Status</i>)	Meningkat secara bertahap (37 °C hingga 50 °C)	Meningkat secara bertahap (40 °C hingga 50 °C)
7.	Manajemen Memori (<i>Fail-Safe</i>)	Berjalan mulus tanpa indikasi <i>memory leak</i>	Berjalan mulus tanpa indikasi <i>memory leak</i>
8.	Status Kinerja Keseluruhan	Aman. Keseluruhan berjalan cukup stabil tanpa indikasi <i>force close</i> atau <i>crash</i>	Cukup aman. Sistem stabil meski beban inisialisasi tinggi. Terjadi <i>frame drop</i> seiring suhu meningkat, namun tanpa indikasi <i>force close</i> .

Berdasarkan hasil pengujian kompatibilitas dan performa fitur PlantAR, kedua perangkat berhasil menjalankan fitur *Augmented Reality Markerless* dengan status kinerja keseluruhan yang aman. Waktu inisialisasi awal (*Cold Start*) pada kedua perangkat menunjukkan durasi yang cukup lama, berkisar lebih dari satu menit. Hal ini merupakan karakteristik inheren dari arsitektur *multi-engine* yang digunakan, di mana Flutter dan Unity *Runtime* harus diinisialisasi secara bersamaan saat pertama kali fitur PlantAR dibuka. Pada Infinix GT 30 Pro, pengujian sebanyak lima kali menunjukkan variasi waktu *Cold Start* antara 1 menit 07 detik hingga 1 menit 20 detik, dengan variasi yang berkorelasi dengan suhu perangkat pada saat pengujian. Pada Redmi Note 13 5G, *Cold Start* diperkirakan membutuhkan durasi serupa atau lebih lama mengingat spesifikasi prosesor Dimensity 6080 yang berada di bawah Dimensity 8350 Ultimate. Namun demikian, pada pengujian *Warm Start*, kedua perangkat menunjukkan hasil instan karena Unity *Runtime* telah termuat di memori sejak sesi pertama, sehingga *Cold Start* yang lama hanya terjadi sekali saat fitur AR pertama dibuka.

Pada pengujian *frame rate* normal (1-4 objek 3D), Infinix GT 30 Pro menunjukkan hasil yang stabil dengan rata-rata 30 FPS. Sebaliknya, Redmi Note 13 5G menunjukkan fluktuasi *frame rate* antara 11-30 FPS yang berkorelasi langsung dengan kenaikan suhu perangkat, saat suhu meningkat, sistem mengalami *Thermal Throttling* yang menurunkan kecepatan prosesor sehingga berdampak pada penurunan *frame rate* AR secara sementara. Pada pengujian *stress test* 5 objek sekaligus, Infinix GT 30 Pro tetap mampu mempertahankan *frame rate* cukup stabil rata-rata 28-30 FPS, sedangkan Redmi Note 13 5G mengalami penurunan signifikan hingga 7-

11 FPS akibat kombinasi beban suhu yang tinggi, proses *plane tracking*, dan *rendering* objek 3D secara bersamaan. Meskipun demikian, kedua perangkat tidak mengalami *force close* maupun *crash* selama pengujian berlangsung, dan aspek manajemen memori pada keduanya berjalan baik tanpa indikasi *memory leak*. Pengujian ini dilakukan pada perangkat kelas menengah ke atas yang mendukung ARCore. Performa pada perangkat dengan spesifikasi lebih rendah dapat bervariasi dan menjadi rekomendasi untuk penelitian lanjutan.

3.4. Pengujian User Acceptance Testing (UAT)

Pengujian *User Acceptance Testing* (UAT) melibatkan 20 pengguna nyata untuk mengukur penerimaan sistem menggunakan *System Usability Scale* (SUS), instrumen terstandar yang terdiri dari 10 pertanyaan Likert 1-5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 70% responden memberikan penilaian pada kategori *Okay* hingga *Excellent*. Meskipun skor SUS rata-rata berada pada angka 64,50 (kategori *Okay*), sebaran data tersebut menandakan sistem dapat diterima dengan baik oleh mayoritas pengguna.

TABEL 5. Statistik SUS dan Kategori Hasil

Metrik	Nilai
Rata-Rata Mean	64.50
Standar Deviasi	13.75
Nilai Min - Max	47.5 – 90.0
Interpretasi	Okay (51-70)

Tabel 6. Distribusi Kategori SUS (n=20)

Kategori	Range	N	Persen
Excellent	≥85	2	10%
Good	71 – 84	5	25%
Okay	51 – 70	7	35%
Poor	25 – 50	6	30%
Awful	<25	0	0%
Total	-	20	100%

Skor SUS rata-rata 64,50 menunjukkan sistem dapat diterima oleh pengguna, meskipun berada sedikit di atas titik tengah skala (50,0). Distribusi responden menunjukkan 70% memberikan penilaian pada kategori *Okay* hingga *Excellent*, dengan mayoritas berada pada kategori *Okay* (35%). Namun, 30% responden memberikan penilaian *Poor*, mengindikasikan beberapa aspek kegunaan yang perlu ditingkatkan, terutama pada kemudahan penggunaan fitur *Augmented Reality Markerless*. Standar deviasi 14,11 menunjukkan variabilitas penilaian yang cukup tinggi, mencerminkan perbedaan latar belakang teknologi responden.

Meskipun skor SUS berada di kategori *Okay*, respons positif dari 70% responden menunjukkan bahwa fitur PlantAR berhasil membantu pengguna memvisualisasikan tanaman hias secara virtual di lingkungan nyata mereka. Responden dengan pengalaman teknologi lebih baik memberikan skor yang lebih tinggi (hingga 90,0). Sementara itu, responden baru terhadap AR memberikan skor lebih rendah karena kurangnya informasi instruksional seperti panduan tutorial saat fitur pertama kali dibuka, sehingga memicu kebingungan saat proses deteksi permukaan bidang. Hasil ini memberikan *baseline* untuk perbaikan berkelanjutan pada antarmuka pengguna, dokumentasi, dan aksesibilitas fitur AR pada versi berikutnya.

3.5. Pembahasan

Sistem *e-commerce* TanamanKu berhasil dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* dengan mengintegrasikan fitur *Augmented Reality Markerless* ke dalam platform jual beli tanaman hias berbasis web dan mobile. Hasil pengujian *Black Box Testing* menunjukkan seluruh 24 skenario – 15 pada aplikasi mobile dan 9 pada dashboard web admin – menghasilkan status Valid (100%), membuktikan sistem berjalan sesuai seluruh spesifikasi kebutuhan fungsional yang ditetapkan [15], [16].

Pengujian performa fitur PlantAR mengungkap karakteristik *plane detection latency* yang sangat bergantung pada kondisi pencahayaan lingkungan. Pada kondisi pencahayaan memadai (>300 lux), ARCore berhasil mendeteksi permukaan datar secara instan (kurang dari 1 detik), ditandai kemunculan *point cloud* dan indikator bidang secara langsung. Sebaliknya, pada kondisi pencahayaan rendah (<100 lux), sistem mengalami kegagalan membentuk *ground plane* dengan durasi lebih dari 10 detik tanpa hasil deteksi. Temuan ini konsisten dengan evaluasi komparatif ARCore dan ARKit yang menyimpulkan bahwa kondisi pencahayaan merupakan faktor determinan utama dalam akurasi *plane detection* pada platform AR berbasis perangkat mobile [17]. Oleh karena itu, penggunaan fitur PlantAR disarankan pada ruangan dengan pencahayaan alami atau buatan yang memadai untuk memastikan deteksi permukaan optimal.

Dari sisi kestabilan *rendering*, objek 3D tanaman yang telah ditempatkan pada permukaan nyata menunjukkan perilaku *anchoring* yang solid – tidak ditemukan indikasi *jittering* (getaran objek) maupun *drifting* (pergeseran objek menembus permukaan) meski kamera digerakkan secara dinamis, memvalidasi efektivitas implementasi ARFoundation dalam mempertahankan konsistensi *spatial anchor*. Sistem juga berhasil memuat hingga 5 model 3D secara bersamaan (*stress test*), dengan *frame rate* stabil rata-rata 28 – 30 FPS pada Infinix GT 30 Pro dan fluktuasi 7–30 FPS pada Redmi Note 13 5G akibat *thermal throttling*. Kondisi ini sejalan dengan temuan bahwa perangkat mobile yang memproses *real-time tracking*, *computer vision*, dan *rendering* 3D secara simultan rentan

mengalami *overheating* dan penurunan performa sesi [18]. Komunikasi dua arah antara Flutter dan Unity melalui *bridge flutter_unity_widget* juga terbukti berjalan responsif: pemanggilan fungsi *SwitchPlant()* dari UI Flutter ke Unity dieksekusi tanpa *delay* yang signifikan, dan Unity berhasil mengirimkan *string* status kembali ke Flutter yang ditampilkan sebagai notifikasi *snackbar*, membuktikan arsitektur *multi-engine* yang digunakan berjalan secara terintegrasi.

Fitur AR *Markerless* yang dikembangkan menggunakan Unity dan ARFoundation berhasil memvisualisasikan objek 3D tanaman hias pada permukaan nyata tanpa memerlukan *marker* fisik. Hal ini sejalan dengan penelitian Miyanti et al. [10] dan Rohman et al. [7] yang membuktikan bahwa pendekatan *markerless* lebih praktis dibandingkan *marker-based* AR. Integrasi AR ke dalam *platform e-commerce* tanaman hias menjawab keterbatasan belanja online yang tidak dapat memberikan gambaran visual produk di lingkungan nyata pembeli [6], [9].

Hasil *User Acceptance Testing* (UAT) dengan instrumen SUS terhadap 20 responden menghasilkan skor rata-rata 64,50 (kategori *Okay*), dengan 35% responden memberikan penilaian positif pada kategori *Good* dan *Excellent*. Variabilitas skor yang cukup tinggi (SD = 13,75) mencerminkan perbedaan familiaritas responden terhadap teknologi AR — responden dengan pengalaman teknologi lebih baik memberikan skor hingga 90,0, sementara pengguna baru AR memberikan skor lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Guo & Zhang [9] yang menggunakan model TAM dan membuktikan bahwa *perceived usefulness* dan kemudahan penggunaan AR secara signifikan memengaruhi *purchase intention* pengguna dalam belanja *online*. Penelitian terbaru pada konteks *e-commerce* produk dekorasi juga menunjukkan bahwa karakteristik AR seperti interaktivitas dan informativeness secara signifikan meningkatkan nilai hedonik yang mendorong *purchase intention* [19]. Dalam konteks tanaman hias, visualisasi AR yang memungkinkan pembeli melihat proporsi dan estetika tanaman di ruang nyata berpotensi mengurangi keraguan pembelian, meski validasi empiris lebih lanjut melalui studi longitudinal masih diperlukan.

Pengembangan menggunakan Flutter dan Laravel dengan Filament terbukti efektif membangun sistem terintegrasi melalui REST API. Arsitektur *multi-engine* Flutter-Unity yang diterapkan berhasil menyematkan modul AR langsung ke dalam ekosistem *e-commerce* tanpa memerlukan aplikasi terpisah, menjawab keterbatasan belanja *online* yang tidak dapat memberikan gambaran visual produk di lingkungan nyata pembeli [6], [9]. Pendekatan ini memperluas penelitian Miyanti et al. [10] dan Rohman et al. [7] yang hanya menerapkan AR sebagai media promosi atau edukasi, dengan menambahkan integrasi langsung ke alur transaksi melalui panel *bottom sheet* yang memungkinkan *customer* menambahkan produk ke keranjang tanpa meninggalkan sesi AR

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *e-commerce* tanaman hias berbasis web dan mobile yang dilengkapi fitur Augmented Reality Markerless menggunakan metode Waterfall. Sistem dibangun menggunakan Flutter untuk aplikasi mobile, Laravel dengan Filament untuk dashboard web admin, serta Unity dengan ARFoundation dan Google ARCore untuk modul AR, yang seluruhnya terhubung melalui RESTful API dengan basis data MySQL.

Hasil Black Box Testing menunjukkan 15 skenario pengujian aplikasi mobile dan 9 skenario dashboard web admin menghasilkan output sesuai yang diharapkan. Hal ini menunjukkan tingkat validitas 100% pada skenario pengujian, membuktikan bahwa fungsionalitas utama sistem yang diuji telah berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan. Hasil Performance Testing AR menunjukkan fitur Augmented Reality Markerless berhasil berjalan pada kedua perangkat uji yang mendukung ARCore tanpa kejadian *force close* maupun *crash*. Waktu inisialisasi awal (*Cold Start*) yang cukup lama merupakan karakteristik inheren dari arsitektur *multi-engine* Flutter dan Unity, namun tidak mempengaruhi stabilitas sistem secara keseluruhan. Selain itu, hasil *User Acceptance Testing* (UAT) menggunakan instrumen SUS memperoleh skor rata-rata 64,50 (kategori *Okay*), yang mengindikasikan bahwa antarmuka dan fitur sistem secara umum dapat diterima oleh pengguna. Rangkaian hasil pengujian ini mengonfirmasi bahwa sistem secara fungsional telah menjawab permasalahan yang diidentifikasi: menyediakan platform penjualan digital terstruktur bagi UMKM tanaman hias dan memungkinkan pembeli memvisualisasikan tanaman di lingkungan nyata. Untuk penelitian lanjutan, disarankan: (1) pengujian kompatibilitas pada perangkat *entry-level*; (2) optimasi *Cold Start*; (3) pengujian pada kondisi pencahayaan terstandar; (4) pengembangan fitur rekomendasi produk; serta (5) penambahan panduan instruksional (*onboarding tutorial*) interaktif untuk meningkatkan skor *usability*.

REFERENSI

- [1] Widodo Wibisono, Sri Heneng Prasastono, and Mohammad Hidayatul Holili, "Pengaruh Penggunaan E-Commerce, Financial Technology dan Media Sosial Terhadap Peningkatan Pendapatan UMKM di Jawa Tengah," *Journal of Business, Finance, and Economics (JBFE)*, vol. 5, no. 1, pp. 447–468, Jun. 2024, doi: 10.32585/jbfe.v5i1.5699.

- [2] P. U. Musthofa and Y. Amrozi, "MODEL SITUS E-COMMERCE TANAMAN HIAS," 2021. Accessed: May 21, 2026. [Online]. Available: <https://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/SIMADA/article/view/2615>
- [3] Suradi, Sajiah, Herwin, and M. Ramli, "Perancangan Aplikasi Pelayanan E-Commerce Tanaman Hias Berbasis Web," *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, vol. 1, no. 01, pp. 9–15, Dec. 2021, doi: 10.56923/jtek.v1i01.47.
- [4] D. Y. Kristiyanto, R. Ananda, and Y. Saintika, "Rancang Bangun Web Responsif untuk Mendukung Petani Tanaman Hias: Studi Kasus Paguyuban Tanaman Hias Sekarsari dan Magersari," *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, pp. 150–156, Dec. 2023, doi: 10.54367/means.v8i2.2990.
- [5] Y. Desai, N. Shah, V. Shah, P. Bhavathankar, and K. Katchi, "Markerless Augmented Reality based application for E-Commerce to Visualise 3D Content," in *2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, IEEE, Sep. 2021, pp. 756–760. doi: 10.1109/ICIRCA51532.2021.9545009.
- [6] A. Almomani and V. Arya, "Redefining E-Commerce Experience: An Exploration of Augmented and Virtual Reality Technologies," *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, vol. 19, no. 1, pp. 1–24, 2023, Accessed: May 15, 2026. [Online]. Available: <https://www.igi-global.com/article/redefining-e-commerce-experience/334123>
- [7] A. T. Rohman, A. Purwoko, and M. P. Sari, "Penerapan Teknologi Markerless Augmented Reality dalam Inovasi Media Pembelajaran Pengenalan Hewan Berbasis Mobile Android," *JAVIT: Jurnal Vokasi Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 27–35, Mar. 2024, doi: 10.24036/javit.v4i1.165.
- [8] B. Setiawan, A. Gustalika, and A. Raharja, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Tumbuhan berbasis Augmented Reality dengan Metode MDLC," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 5, no. 2, pp. 91–101, 2024, doi: 10.47065/bit.v5i2.1325.
- [9] C. Guo and X. Zhang, "The impact of AR online shopping experience on customer purchase intention: An empirical study based on the TAM model," *PLoS One*, vol. 19, no. 8 August, Aug. 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0309468.
- [10] V. Miyanti, A. Muhidin, and D. Ardiatma, "Implementasi Metode Markerless Augmented Reality Sebagai Media Promosi Home Furnishing Berbasis Android," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 71–77, Dec. 2023, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1019.
- [11] A. S. Putri, A. Eviyanti, and H. Hindarto, "Rancang Bangun Aplikasi E-Commerce Berbasis Android Pada Toko Suryamart Menggunakan Framework Flutter," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 3, pp. 257–265, Jul. 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.851.
- [12] A. D. Utmawati and A. Anggara, "INTEGRASI REST API PADA APLIKASI MOBILE UNTUK MONITORING KINERJA KARYAWAN," *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, vol. 7, no. 4, pp. 1885–1891, Nov. 2025, doi: 10.51401/jinteks.v7i4.6852.
- [13] Y. S. Rahayu, Y. Saputra, and D. Irawan, "IMPLEMENTASI METODE WATERFALL PADA PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MOBILE E-DISARPUS," *ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 523–534, Jun. 2024, doi: 10.31849/zn.v6i2.20538.
- [14] Y. Anis, E. N. Wahyudi, and H. C. Kurniawan, "Metode Waterfall dalam Pengembangan Sistem Inventaris Guna Meningkatkan Efisiensi Manajemen Stok Barang," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 6, no. 2, pp. 329–338, Apr. 2024, doi: 10.47233/jteksis.v6i2.1351.
- [15] I. Fahrenzi, A. F. H. Pratama, Y. Nuraeni, and R. P. Juniar, "PENGUJIAN BLACK BOX TESTING PADA APLIKASI ACTION & STRATEGY BERBASIS ANDROID DENGAN TEKNOLOGI PHONEGAP," *OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer Dan Sains*, vol. 2, no. 5, pp. 1347–1354, 2023, Accessed: May 15, 2026. [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/oktal/article/view/2800>
- [16] M. R. Maulana, B. Susanto, and A. Christianto, "KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Pengujian Black Box dengan Teknik Equivalence Partitioning pada Aplikasi Monitoring Pemberian Obat Filariasis Berbasis Android," *Media Online*, vol. 4, no. 4, pp. 2179–2187, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i4.1603.

- [17] M. A. Maneli and O. E. Isafiade, “A Multifactor Comparative Assessment of Augmented Reality Frameworks in Diverse Computing Settings,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 12474–12486, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3242238
- [18] S. Rayhan, H. Amnur, and T. Gusman, “3D Virtual Tour Rumah Gadang Istana Pagaruyuang Menggunakan Unreal Engine 4 Berbasis Desktop”, *jitsi*, vol. 2, no. 2, pp. 32 - 41, Jun. 2021..
- [19] D. Sahu et al., “Edge assisted energy optimization for mobile AR applications for enhanced battery life and performance,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–20, Dec. 2025, doi: 10.1038/s41598-025-93731-w.
- [20] Mei Mei Lau, “Transforming Furniture E-Commerce: How Augmented Reality (AR) Shapes Consumer Purchase Intentions,” *Journal of Information Systems Engineering and Management*, vol. 10, no. 47s, pp. 883–899, May 2025, doi: 10.52783/jisem.v10i47s.9350.