

Model Aplikasi *Mobile* Pusat Kebugaran Fitur QR Code Akses dan Monitoring Nutrisi

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v14i3.3358>

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)

Diki Hendrik Setyawan^{1*}, Ikrimach²

Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail Corresponding Author: diki.5220411435@student.uty.ac.id

Abstract

Fitness centers face operational challenges due to manual management systems, leading to inefficiency and decreased member satisfaction. This study aimed to develop a functional mobile application as a solution to these problems. The application was designed with modern features to improve efficiency and user experience, including a QR code-based access system, a nutrition monitoring feature, online class and trainer booking, and a BMI calculator for health tracking. The Waterfall method was applied, with data collected through observation and interviews. The system design used UML diagrams such as use case, activity, and sequence diagrams. The application was built using the Flutter framework for cross-platform development, Node.js for backend services, and MySQL as the database. Testing using the black-box method showed that all features worked according to specifications, including user authentication, QR code access control, trainer and class booking, BMI calculation, and daily nutrition monitoring.

Keywords: Fitness center; QR code; Nutrition monitoring; BMI; Mobile application; Flutter

Abstrak

Pusat kebugaran menghadapi tantangan operasional akibat sistem pengelolaan manual yang menimbulkan inefisiensi dan menurunkan kepuasan anggota. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi *mobile* fungsional sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut. Aplikasi dikembangkan dengan fitur modern untuk meningkatkan efisiensi dan pengalaman pengguna, meliputi sistem akses berbasis kode QR, fitur monitoring nutrisi, pemesanan kelas dan pelatih daring, serta kalkulator BMI untuk pelacakan kesehatan. Metode pengembangan menggunakan pendekatan *Waterfall* dengan data diperoleh melalui observasi dan wawancara. Desain sistem memanfaatkan diagram UML seperti *use case*, *activity*, dan *sequence diagram*. Aplikasi dibangun menggunakan *Flutter* untuk pengembangan lintas *platform*, *Node.js* untuk layanan *backend*, serta *MySQL* sebagai basis data. Pengujian dilakukan dengan metode *black-box* untuk memastikan seluruh fitur berfungsi sesuai spesifikasi. Hasil menunjukkan bahwa seluruh fitur, termasuk autentikasi pengguna, kontrol akses QR code, pemesanan pelatih dan kelas, perhitungan BMI, serta pemantauan nutrisi harian, berjalan dengan baik.

Kata kunci: Pusat kebugaran; QR code; Monitoring nutrisi; BMI; Aplikasi *mobile*; Flutter

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk pada bidang kesehatan dan kebugaran. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya gaya hidup sehat ditandai dengan pertumbuhan jumlah pusat kebugaran di berbagai kota [1], [2]. Namun, masih banyak pusat kebugaran yang menggunakan sistem pengelolaan manual yang kurang efisien, sehingga berdampak pada kualitas layanan dan kepuasan anggota [3], [4]. Oleh karena itu, transformasi digital menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman pengguna di industri kebugaran.

Salah satu pusat kebugaran di Yogyakarta, yaitu POGY Fitness, menghadapi berbagai permasalahan operasional akibat penerapan sistem manual. Pengelolaan keanggotaan secara konvensional menyulitkan pelacakan status anggota dan verifikasi akses masuk, sementara proses pembayaran manual sering menimbulkan antrean panjang. Selain itu, sistem pemesanan

pelatih dan kelas yang belum terotomatisasi menyebabkan konflik jadwal dan ketidakpastian ketersediaan slot, serta ketiadaan fitur pelacakan kesehatan seperti kalkulator BMI dan monitoring nutrisi harian membatasi kemampuan anggota dalam memantau perkembangan kebugaran mereka secara sistematis [5]. Kondisi ini menunjukkan perlunya solusi teknologi yang lebih terintegrasi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem informasi pusat kebugaran dengan berbagai pendekatan. Penelitian berbasis web menggunakan metode Unified Software Development Process (USDP) serta arsitektur Model–View–Controller (MVC) terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan keanggotaan dan pencatatan transaksi [6]. Sementara itu, penelitian internasional mengembangkan platform fitness coaching berbasis Flutter, Node.js, dan MongoDB yang dilengkapi fitur pelacakan latihan dan pemantauan progres kebugaran [7]. Selain itu, penerapan sistem akses berbasis QR code terbukti meningkatkan efisiensi pelacakan dibandingkan sistem manual [8], [9], serta fitur monitoring nutrisi berbasis aplikasi mobile efektif dalam membantu pencapaian target kesehatan pengguna [10], [11].

Berdasarkan permasalahan dan temuan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan aplikasi mobile pusat kebugaran berbasis Flutter. Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu merancang dan membangun aplikasi mobile dengan fitur akses berbasis QR code untuk mengoptimalkan sistem manajemen keanggotaan dan menyederhanakan proses verifikasi akses masuk, mengimplementasikan fitur monitoring nutrisi sebagai solusi praktis bagi anggota dalam memantau asupan nutrisi harian, serta menyediakan fitur booking pelatih dan kelas yang terintegrasi guna meningkatkan efisiensi operasional pusat kebugaran. Pemilihan Flutter didasarkan pada kemampuannya menghasilkan aplikasi *cross-platform* dengan performa mendekati *native* melalui *single codebase* yang efisien [12], [13]. Kontribusi utama penelitian ini meliputi pengembangan aplikasi mobile pusat kebugaran berbasis Flutter, penerapan sistem kontrol akses menggunakan QR code yang meningkatkan efisiensi verifikasi keanggotaan, integrasi fitur monitoring nutrisi harian untuk mendukung pencapaian target kesehatan anggota, serta penyediaan sistem booking terintegrasi yang mampu mengurangi konflik jadwal dan meningkatkan kepuasan pengguna melalui validasi otomatis dan notifikasi *real-time* [14], [15]. Penggunaan *Flutter* memungkinkan pengembangan aplikasi *cross-platform* yang efisien dengan performa optimal pada Android dan iOS [16].

2. Tinjauan Pustaka

Dalam konteks implementasi teknologi *QR code*, sejumlah penelitian telah menunjukkan efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi proses verifikasi. Beberapa studi mengimplementasikan sistem kehadiran berbasis *QR code* dan melaporkan peningkatan efisiensi *tracking* hingga 75% dibandingkan metode manual, terutama dari sisi kecepatan dan pengurangan kesalahan input. Penelitian lain mengembangkan sistem *smart attendance* berbasis *QR code* yang terbukti memiliki reliabilitas tinggi serta waktu verifikasi yang singkat. Selain itu, studi dalam [17] mendemonstrasikan penggunaan *animated QR codes* untuk meningkatkan keamanan sistem kontrol akses, sementara penelitian dalam [18] mengonfirmasi tingkat akurasi yang tinggi dari penerapan *QR code* dalam sistem verifikasi kehadiran dan akses pengguna.

Pada aspek monitoring kesehatan, berbagai penelitian telah membahas efektivitas aplikasi *mobile health* dalam mendukung pengelolaan berat badan dan kebugaran. Meta-analisis terhadap aplikasi *smartphone* untuk manajemen berat badan menunjukkan bahwa intervensi berbasis aplikasi mobile mampu menghasilkan penurunan berat badan yang signifikan pada pengguna. Penelitian lain mendemonstrasikan efektivitas aplikasi *dietary self-monitoring* dalam membantu remaja mengurangi risiko obesitas melalui pencatatan asupan makanan secara konsisten. Studi lanjutan juga menunjukkan bahwa aplikasi kesehatan berbasis mobile yang efektif dapat membantu pengguna *overweight* dan *obese* mencapai pengurangan berat badan hingga 5%. Selain itu, penelitian dalam [19] membuktikan bahwa program *personal training* berbasis aplikasi mobile selama 10 minggu memberikan peningkatan signifikan terhadap kesehatan fisik dan psikososial pengguna.

Penggunaan Flutter sebagai *framework* pengembangan aplikasi *cross-platform* juga telah banyak dikaji dalam penelitian terdahulu. Beberapa studi melaporkan bahwa aplikasi fitness yang dikembangkan menggunakan Flutter mampu memberikan performa optimal baik pada platform Android maupun iOS. Penelitian lain menyatakan bahwa Flutter merevolusi pengembangan aplikasi *cross-platform* melalui kemampuan *pixel-perfect rendering* dan fitur *hot*

Kedua, wawancara dilakukan secara terstruktur kepada pemilik POGY Fitness untuk mengetahui kendala dan kebutuhan dalam mengelola data keanggotaan serta operasional harian. Informasi yang dikumpulkan meliputi permasalahan sistem manual, harapan terhadap sistem baru, dan fitur-fitur yang dibutuhkan. Wawancara juga dilakukan kepada beberapa *member* untuk memahami perspektif pengguna terhadap sistem yang diharapkan.

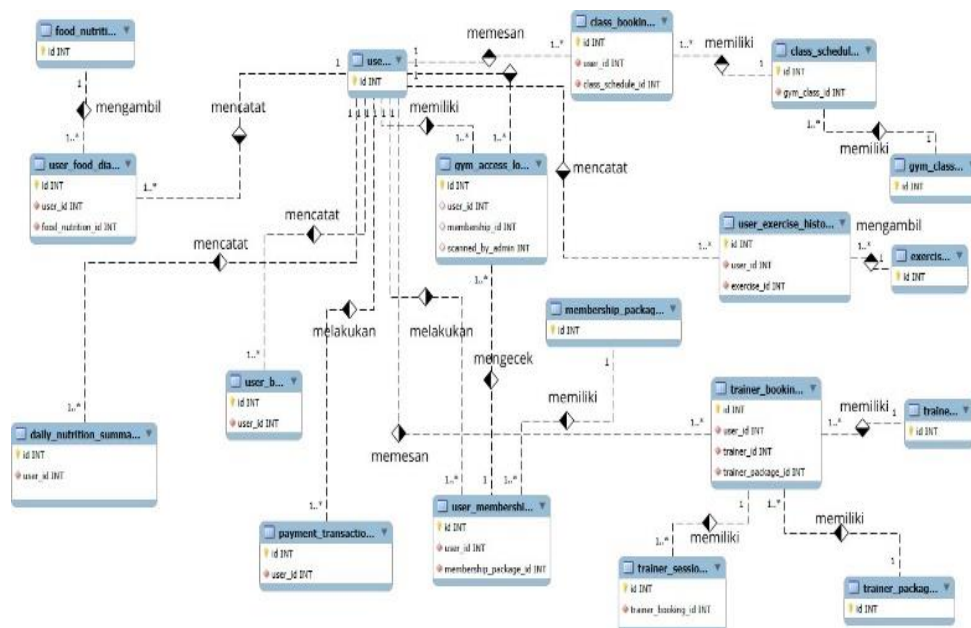
Ketiga, studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal internasional dan nasional, artikel ilmiah, serta dokumentasi teknis yang relevan. Fokus kajian literatur meliputi sistem informasi pusat kebugaran, implementasi *QR code* untuk kontrol akses, monitoring nutrisi dan kesehatan, serta pengembangan aplikasi *mobile* menggunakan *Flutter*.

3.3. Desain Sistem

3.3.1. Entity Relationship Diagram (ERD)

ERD dirancang untuk menggambarkan struktur basis data sistem yang terdiri dari beberapa entitas utama. Entitas '*users*' menyimpan informasi pengguna termasuk data pribadi, status verifikasi, dan foto profil. Entitas '*user_memberships*' mengelola informasi keanggotaan yang menghubungkan pengguna dengan paket *membership* yang dibeli, termasuk status pembayaran dan tanggal aktif keanggotaan.

Entitas '*class_schedules*' mengatur jadwal kelas yang dapat dipesan oleh pengguna melalui '*class_bookings*' yang mencatat status kehadiran. Sistem juga melibatkan entitas '*trainers*' yang menyediakan sesi pelatihan pribadi, yang dikelola melalui '*trainer_bookings*' dan '*trainer_sessions*'. Untuk mendukung pencatatan kalori dan nutrisi, entitas '*user_food_diary*' menyimpan informasi makanan yang dikonsumsi pengguna, yang dihubungkan dengan data '*food_nutrition*'. Data BMI pengguna tercatat dalam '*user_bmi*' untuk memantau kesehatan fisik mereka. Perancangan ERD mengikuti prinsip normalisasi *database* untuk memastikan integritas dan efisiensi data. Perancangan ERD sistem dapat dilihat pada Gambar 2, yang menggambarkan keterhubungan antar entitas utama mulai dari pengguna, jadwal, pelatih, hingga data nutrisi dan transaksi pembayaran.

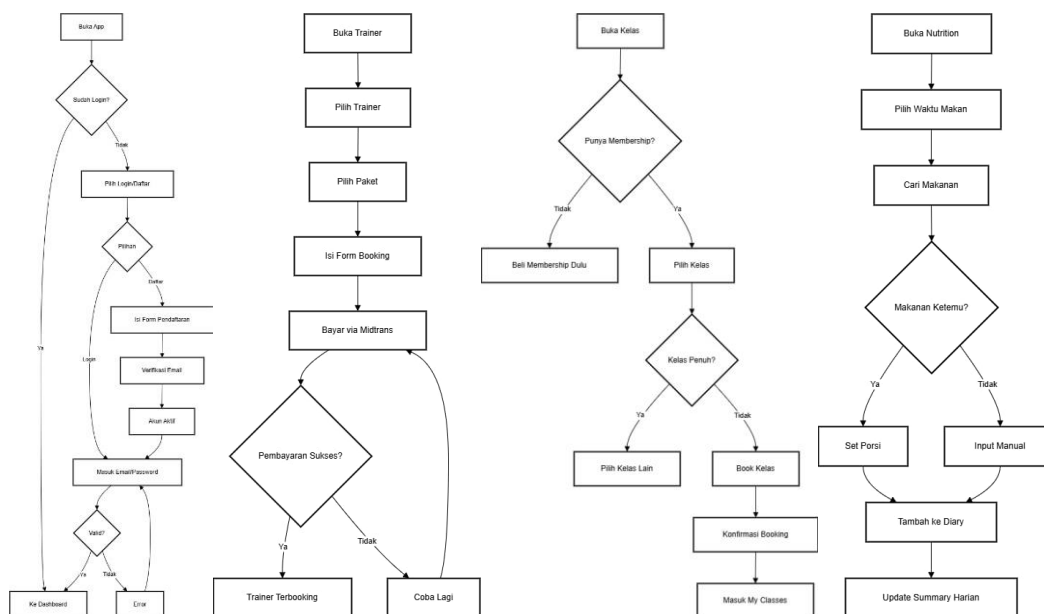


Gambar 2. Entity Relationship Diagram

3.3.2. Flowchart Sistem

Flowchart sistem menggambarkan alur utama interaksi pengguna dan proses bisnis dalam aplikasi pusat kebugaran, meliputi autentikasi, pengelolaan profil BMI, pemantauan nutrisi, pencatatan latihan, serta pembelian keanggotaan dan pemesanan layanan. Proses dimulai dari *login* atau pendaftaran pengguna, dilanjutkan dengan verifikasi data hingga masuk ke *dashboard* untuk mengakses fitur utama. Pengguna dapat menghitung dan memperbarui BMI, mencatat serta memantau asupan nutrisi harian, dan melakukan *booking* kelas maupun pelatih setelah status keanggotaan aktif. Sistem memverifikasi ketersediaan layanan, memproses pembayaran

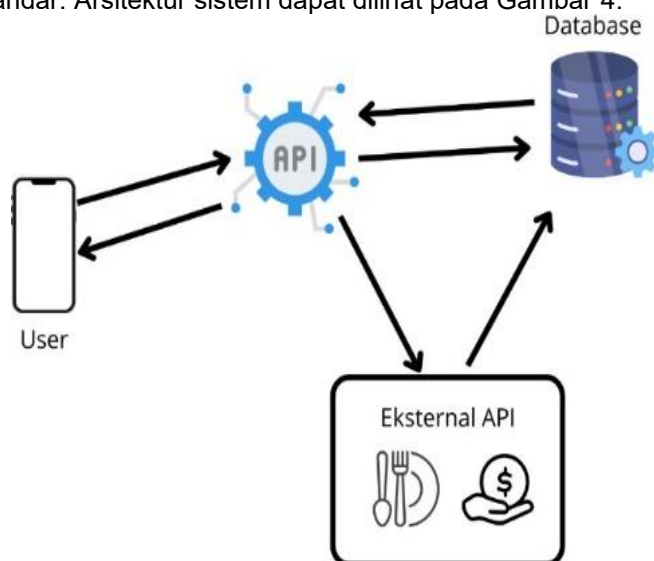
melalui Midtrans, serta memperbarui status layanan secara otomatis. Seluruh alur pada *flowchart* ini dirancang untuk memastikan pengalaman pengguna yang efisien, terintegrasi, dan mendukung pengelolaan aktivitas kebugaran secara menyeluruh, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart sistem

3.4. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem terdiri dari empat layer utama yang mengimplementasikan prinsip *separation of concerns* untuk meningkatkan *maintainability* dan *scalability*. Layer pertama adalah *client-side* menggunakan *Flutter* yang menyediakan antarmuka pengguna untuk Android dan iOS dengan *single codebase*. Layer kedua adalah API layer menggunakan *Node.js* dengan *Express framework* yang menangani logika bisnis dan komunikasi dengan database [24]. Layer ketiga adalah *database layer* menggunakan *MySQL* untuk menyimpan data pengguna, keanggotaan, *booking*, dan nutrisi dengan struktur yang ternormalisasi. Layer keempat adalah *external services* yang meliputi *payment gateway Midtrans* untuk pembayaran digital dan API nutrisi untuk data makanan. Arsitektur ini mengadopsi *RESTful API design pattern* untuk komunikasi antar layer yang efisien dan standar. Arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur sistem

3.5. Implementasi Sistem

3.5.1. Teknologi yang Digunakan

Implementasi sistem menggunakan beberapa teknologi utama yang dipilih berdasarkan keunggulan dan kesesuaian dengan kebutuhan aplikasi. *Flutter framework* dipilih untuk pengembangan aplikasi *mobile cross-Platform* dengan bahasa pemrograman *Dart*. Pemilihan *Flutter* didasarkan pada kemampuannya menghasilkan performa *native-like* dengan *single codebase*, *hot reload* untuk *development* yang cepat, dan ekosistem *package* yang komprehensif. *Backend services* dibangun menggunakan *Node.js* dengan *Express framework* untuk *REST API* [24]. *Node.js* dipilih karena performa yang tinggi dalam *handling concurrent requests* dan ekosistem npm yang luas. *MySQL* digunakan sebagai sistem manajemen basis data karena reliabilitas, performa, dan dukungan komunitas yang kuat. *Midtrans Payment gateway* diintegrasikan untuk proses pembayaran digital yang aman dan terpercaya. Aplikasi juga menggunakan beberapa *library Flutter* seperti *QR_Flutter* untuk *generate QR code*, *QR_code_scanner* untuk *scan QR code*, dan *fl_chart* untuk visualisasi data BMI dan *progress kesehatan*.

3.5.2. Implementasi Fitur Utama Aplikasi

Implementasi sistem ini mencakup serangkaian fitur utama yang didukung oleh teknologi yang terintegrasi, meliputi:

- 1) **Autentikasi Pengguna** : Sistem *login* dan registrasi dengan validasi email dan *password* menggunakan *JSON Web Token (JWT)* untuk *session management*. Pengguna dapat mendaftar sebagai *member* baru dengan mengisi formulir yang mencakup nama, email, nomor telepon, dan *password* dengan enkripsi *bcrypt* untuk keamanan.
- 2) **QR Code Access control** : Setiap *member* yang aktif dapat *generate QR code* unik dengan masa berlaku tertentu (*default 5 menit*) untuk mencegah penyalahgunaan. Admin dapat melakukan *scan QR code* untuk verifikasi akses masuk ke pusat kebugaran menggunakan kamera *smartphone*. Sistem secara otomatis memeriksa status keanggotaan dan masa berlaku *QR code* sebelum *memberikan akses*. Implementasi ini mengacu pada *best practices* dalam penelitian yang menunjukkan peningkatan efisiensi hingga 75% dibandingkan sistem manual.
- 3) **Booking trainer dan Kelas** : *Member* dapat melihat jadwal trainer dan kelas yang tersedia dengan informasi lengkap termasuk waktu, durasi, dan kapasitas. Sistem menampilkan informasi detail *trainer* termasuk spesialisasi, pengalaman, rating, dan harga per sesi. *Member* dapat melakukan *booking* dengan memilih waktu yang tersedia melalui *interface* yang intuitif. Sistem mencegah *double booking* dengan validasi *real-time* dan mengirim notifikasi konfirmasi via *push notification* dan email.
- 4) **Kalkulator BMI** : Fitur untuk menghitung *Body Mass Index* berdasarkan input tinggi dan berat badan menggunakan formula standar WHO: $BMI = \text{berat(kg)} / (\text{tinggi(m)})^2$. Sistem menyimpan riwayat BMI dan menampilkan grafik perkembangan menggunakan *fl_chart library* untuk visualisasi yang informatif. Aplikasi memberikan kategori BMI (*underweight*: <18.5, *normal*: 18.5-24.9, *overweight*: 25-29.9, *obese*: ≥30) dan rekomendasi yang sesuai berdasarkan *guidelines kesehatan internasional*. Fitur ini mengimplementasikan *best practices* dari penelitian yang menunjukkan pentingnya *tracking BMI* dalam program kesehatan.
- 5) **Monitoring Nutrisi** : *Member* dapat mencari makanan dari *database* nutrisi yang komprehensif dengan informasi kalori, protein, lemak, dan karbohidrat, kemudian menambahkannya ke log harian. Sistem menghitung total nutrisi secara otomatis dan membandingkannya dengan target harian yang dapat dikustomisasi oleh pengguna. Aplikasi menampilkan *breakdown* nutrisi dalam bentuk *chart* (*pie chart* untuk proporsi *makronutrien*, *bar chart* untuk *progress* harian) dan memberikan analisis terhadap target harian dengan rekomendasi yang *personalized*. Implementasi fitur ini mengacu pada penelitian [10] dan [11] yang menunjukkan efektivitas aplikasi *dietary self-monitoring* dalam mencapai target kesehatan.
- 6) **Manajemen Keanggotaan**: Fitur manajemen keanggotaan menyediakan sistem pendaftaran *membership* baru dengan berbagai pilihan paket, seperti harian, mingguan, bulanan, dan tahunan. Sistem juga mendukung perpanjangan *membership* secara otomatis dengan perhitungan masa aktif yang dimulai dari tanggal kedaluwarsa sebelumnya. Selain itu, aplikasi memberikan notifikasi otomatis kepada admin dan anggota

tujuh hari sebelum masa *membership* berakhir, sehingga pengguna dapat melakukan perpanjangan tepat waktu. Untuk mendukung operasional, tersedia juga *dashboard* admin yang berfungsi untuk memantau *membership* yang akan segera kedaluwarsa serta menghasilkan laporan keanggotaan secara lengkap dan akurat.

3.6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan secara komprehensif untuk memvalidasi fungsionalitas aplikasi dan memastikan kualitas *software* yang tinggi. Metode yang diterapkan adalah *Black-box Testing*, yang berfokus pada pengujian perilaku eksternal aplikasi, masukan, dan keluaran tanpa memerlukan pengetahuan tentang struktur internal kode [25], [26], [27]. Pengujian ini mencakup seluruh fitur utama aplikasi dengan berbagai skenario, baik dalam kondisi normal maupun abnormal (*boundary testing*, *error handling*, *edge cases*), untuk memastikan aplikasi berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Metode pengujian menggunakan teknik *equivalence partitioning* dan *boundary value analysis* sesuai dengan standar industri [28]. Pengujian juga mencakup *testing* pada berbagai *device* Android dan iOS untuk memastikan kompatibilitas *cross-platform*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Implementasi Sistem

Sistem berhasil diimplementasikan dengan semua fitur utama yang telah dirancang. Aplikasi *mobile* berjalan pada *platform* Android dan iOS dengan performa yang optimal. Berikut adalah penjelasan detail hasil implementasi setiap fitur.

4.1.1. Halaman Autentikasi

Halaman autentikasi menyediakan dua fungsi utama, yaitu *login* dan registrasi. Pada halaman *login*, pengguna memasukkan alamat email dan *password* untuk mengakses aplikasi. Sistem akan memvalidasi kredensial dengan mencocokkannya pada data di basis data. Jika valid, pengguna diarahkan ke halaman beranda; jika tidak, sistem menampilkan pesan kesalahan yang sesuai. Sementara itu, pada halaman registrasi, pengguna diminta mengisi data diri seperti nama lengkap, alamat email, *password*, konfirmasi *password*, dan jenis kelamin sebelum akun dapat dibuat.

4.1.2. Halaman Beranda

Halaman beranda menampilkan sapaan kepada pengguna dengan pesan motivasi seperti "Halo!" dan "Siapa hidup sehat?" yang memberikan kesan personal dan interaktif. Di bawahnya terdapat beberapa aksi cepat (*quick actions*) yang memudahkan pengguna mengakses fitur utama, antara lain Mulai Olahraga untuk memulai sesi latihan, Lihat Kelas untuk melihat jadwal latihan, Cari *Trainer* untuk menemukan pelatih pribadi, dan Nutrisi untuk melihat panduan konsumsi harian. Tampilan ini dirancang sederhana namun informatif agar pengguna dapat langsung mengakses fitur penting tanpa navigasi yang rumit. Pada bagian bawah halaman terdapat menu navigasi utama yang terdiri dari Beranda, Kelas, *Trainer*, Nutrisi, dan Profil, yang berfungsi sebagai pintasan untuk berpindah antarhalaman utama aplikasi dengan cepat dan efisien.

4.1.3. Fitur QR Code Access

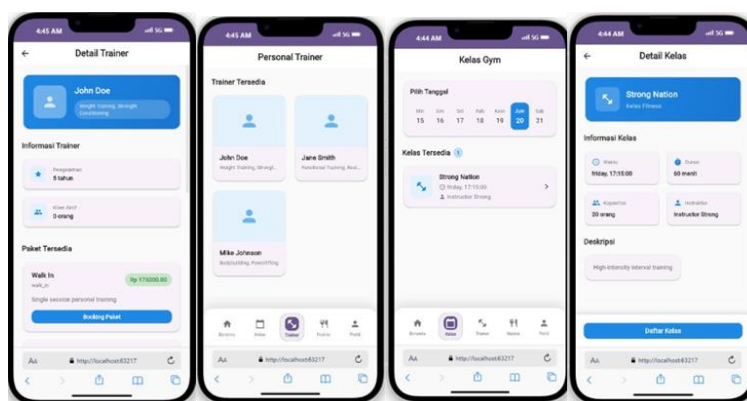
Fitur *QR Code Access* digunakan oleh *member* untuk mengakses fasilitas *gym* secara digital. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat status keanggotaan aktif beserta tanggal kedaluwarsa dan sisa masa aktif. Di bagian tengah halaman ditampilkan *Gym Access QR* yang menampilkan kode unik untuk verifikasi masuk, dilengkapi status "Active" serta informasi masa berlaku hingga tanggal tertentu. Pengguna juga dapat menekan tombol *Refresh QR Code* untuk memperbarui kode akses jika diperlukan. Bagian bawah halaman menampilkan panduan penggunaan *QR*, seperti menunjukkan kode ke kamera pemindai, menunggu notifikasi berhasil, dan kemudian dapat menikmati layanan *gym*. Tampilan ini dirancang sederhana dan informatif agar proses masuk ke fasilitas *gym* menjadi cepat, aman, dan tanpa kontak langsung. Tampilan halaman *QR Code Access* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman QR Code Access

4.1.4. Fitur *Booking trainer* dan Kelas

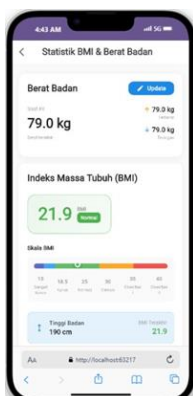
Fitur *Booking trainer* dan Kelas memudahkan *member* dalam memilih pelatih pribadi maupun mengikuti kelas *gym* sesuai kebutuhan. Pada menu *Personal Trainer*, pengguna dapat melihat daftar *trainer* yang tersedia lengkap dengan nama, bidang keahlian, dan pengalaman. Ketika salah satu *trainer* dipilih, halaman detail menampilkan informasi lebih rinci seperti pengalaman, jumlah klien aktif, dan harga per sesi dengan tombol *Booking Paket* untuk melakukan pemesanan. Sementara itu, pada menu *Kelas Gym*, pengguna dapat memilih tanggal latihan dan melihat kelas yang tersedia, lengkap dengan nama kelas, jadwal, durasi, kapasitas, dan instruktur pengajar. Halaman detail kelas juga menyajikan deskripsi singkat mengenai jenis latihan serta tombol *Daftar Kelas* bagi *member* yang ingin bergabung. Desain antarmuka keduanya dibuat sederhana dan informatif untuk mempermudah proses pemesanan tanpa langkah yang kompleks. Tampilan halaman *Booking trainer* dan Kelas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman *Booking trainer* dan Kelas

4.1.5. Fitur Statistik BMI

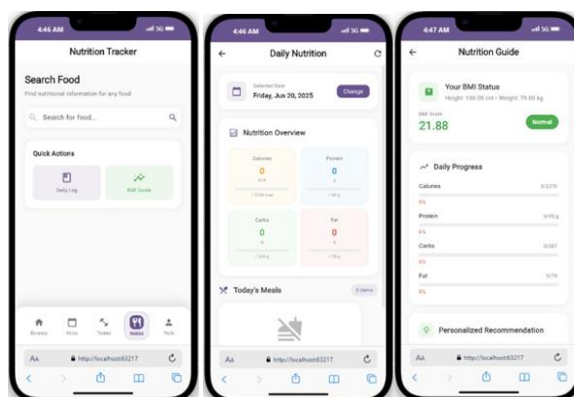
Fitur Statistik BMI dan Berat Badan menampilkan informasi kondisi tubuh pengguna berdasarkan data berat dan tinggi badan yang telah tersimpan dalam sistem. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat berat badan terkini serta hasil perhitungan Indeks Massa Tubuh (BMI) yang dihitung otomatis oleh sistem menggunakan rumus $BMI = \text{berat} / (\text{tinggi}/100)^2$. Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk nilai numerik disertai kategori seperti *Underweight*, *Normal*, *Overweight*, atau *Obese* beserta indikator warna untuk memudahkan interpretasi. Selain itu, halaman ini juga menyediakan tombol *Update* agar pengguna dapat memperbarui data berat badan secara berkala. Tampilan yang sederhana dan visual yang jelas membantu pengguna memantau status kesehatannya dengan cepat dan mudah. Tampilan halaman Statistik BMI dan Kelas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Statistik BMI

4.1.6. Fitur Monitoring Nutrisi

Fitur Monitoring Nutrisi dan *Nutrition Tracker* dirancang untuk membantu pengguna melacak asupan makanan dan kemajuan nutrisi harian mereka. Melalui halaman utama *Nutrition Tracker*, pengguna dapat mencari makanan untuk menemukan informasi nutrisi lengkap. Pengguna kemudian dapat mencatat makanan yang dikonsumsi melalui *Daily Log* dan melihat *Daily Nutrition* mereka. Halaman *Daily Nutrition* menampilkan *Nutrition Overview* berupa total Kalori, Protein, Karbohidrat, dan Lemak harian, serta daftar *Today's Meals*. Selain itu, fitur *Nutrition Guide* menyediakan visualisasi *Daily Progress* dari target nutrisi harian, menunjukkan status BMI (*Body Mass Index*), dan memberikan *Personalized Recommendation* berdasarkan data yang dimasukkan. Tampilan halaman Monitoring Nutrisi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman Monitoring Nutrisi

4.2. Hasil Pengujian *Black-box*

Pengujian *black-box* pada aplikasi telah dilakukan terhadap seluruh fitur utama dengan total 35 *test case* yang mencakup kondisi normal dan abnormal. Berdasarkan rangkaian pengujian yang tercantum pada Tabel 1 hingga Tabel 7, seluruh fitur terbukti berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Tabel 1 menunjukkan bahwa proses autentikasi pengguna bekerja dengan benar melalui validasi *input*, penanganan kesalahan, dan keamanan *login*. Tabel 2 memperlihatkan bahwa fitur *QR Code Access Control* mampu memverifikasi status keanggotaan secara akurat, baik untuk pemindaian oleh Admin maupun proses *generate* oleh anggota. Tabel 3 dan Tabel 4 menegaskan bahwa fitur *booking trainer* dan *booking kelas* telah berfungsi optimal, termasuk validasi slot, *membership*, serta penanganan pesan kesalahan. Tabel 5 membuktikan bahwa kalkulator BMI dapat menghitung indeks massa tubuh secara tepat, menampilkan kategori, menyimpan riwayat, dan menampilkan grafik tren BMI. Tabel 6 menunjukkan keberhasilan fitur monitoring nutrisi dalam melakukan pencarian makanan, penambahan ke log harian, kalkulasi kalori otomatis, serta visualisasi nutrisi. Terakhir, Tabel 7 mengonfirmasi bahwa fitur manajemen keanggotaan berjalan baik melalui proses pendaftaran, perpanjangan, pengecekan status, hingga pembaruan otomatis masa berlaku. Secara

keseluruhan, seluruh pengujian menunjukkan hasil "Valid", menandakan bahwa aplikasi telah memenuhi aspek fungsionalitas dan siap digunakan oleh pengguna.

Tabel 1. Pengujian *Black-box* Fitur Autentikasi Pengguna.

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Pengguna <i>login</i> dengan email dan <i>password</i> yang benar	Normal	Sistem berhasil <i>login</i> dan redirect ke <i>dashboard</i> utama	Valid
2	Pengguna <i>login</i> dengan email yang tidak terdaftar	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Email atau <i>password</i> salah"	Valid
3	Pengguna <i>login</i> dengan <i>password</i> salah	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Email atau <i>password</i> salah"	Valid
4	Pengguna <i>login</i> dengan <i>field</i> email kosong	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Email wajib diisi"	Valid
5	Pengguna <i>login</i> dengan <i>field password</i> kosong	Tidak Normal	Sistem menampilkan " <i>Password</i> wajib diisi"	Valid
6	Pengguna <i>login</i> dengan format email tidak valid	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Format email tidak valid"	Valid

Tabel 2. Pengujian *Black-box* Fitur QR Code Access Control

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Admin memindai QR Code dari anggota yang aktif	Normal	Sistem menampilkan "AKSES DIBERIKAN" & nama anggota	Valid
2	Admin memindai QR Code dari anggota yang kedaluwarsa	Tidak Normal	Sistem menampilkan "AKSES DITOLAK - Keanggotaan Habis"	Valid
3	Admin memindai QR Code yang sudah <i>expired</i>	Tidak Normal	Sistem menampilkan "AKSES DITOLAK - QR Code Expired"	Valid
4	Anggota <i>generate</i> QR Code dengan <i>membership</i> aktif	Normal	Sistem berhasil <i>generate</i> QR Code unik dengan masa berlaku	Valid
5	Anggota <i>generate</i> QR Code dengan <i>membership expired</i>	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Tidak dapat <i>generate</i> QR - <i>Membership Expired</i> "	Valid

Tabel 3. Pengujian *Black-box* Fitur *Booking trainer*

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Anggota <i>booking trainer</i> pada slot yang tersedia	Normal	Sistem berhasil membuat <i>booking</i> dan menampilkan konfirmasi	Valid
2	Anggota <i>booking trainer</i> pada slot yang sudah terisi	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Slot tidak tersedia" dan suggest alternatif	Valid
3	Anggota <i>booking trainer</i> dengan <i>membership expired</i>	Tidak Normal	Sistem menampilkan " <i>Membership expired</i> - perpanjang dulu"	Valid
4	Anggota <i>booking trainer</i> tanpa memilih waktu	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Pilih waktu <i>training</i> terlebih dahulu"	Valid
5	Anggota <i>cancel booking</i> sebelum 24 jam	Normal	Sistem berhasil <i>cancel booking</i> dan kembalikan slot	Valid

Tabel 4. Pengujian *Black-box* Fitur *Booking* Kelas

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Anggota <i>booking</i> kelas dengan kapasitas tersedia	Normal	Sistem berhasil daftar kelas dan kirim konfirmasi	Valid
2	Anggota <i>booking</i> kelas yang sudah penuh	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Kelas penuh" dan tawarkan <i>waiting list</i>	Valid
3	Anggota <i>booking</i> kelas yang sudah dimulai	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Kelas sudah dimulai - tidak bisa daftar"	Valid
4	Anggota <i>booking</i> kelas tanpa <i>membership</i> yang sesuai	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Paket <i>membership</i> tidak termasuk kelas ini"	Valid

Tabel 5. Pengujian *Black-box* Fitur Kalkulator BMI

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Anggota <i>input</i> tinggi 170cm dan berat 65kg	Normal	Sistem hitung BMI = 22.49 dengan kategori "Normal"	Valid
2	Anggota <i>input</i> tinggi 0 atau negatif	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Tinggi badan harus lebih dari 0"	Valid
3	Anggota <i>input</i> berat 0 atau negatif	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Berat badan harus lebih dari 0"	Valid
4	Anggota <i>input</i> tinggi dengan huruf/karakter	Tidak Normal	Sistem menampilkan " <i>Input</i> hanya boleh angka"	Valid
5	Sistem simpan riwayat BMI setelah kalkulasi	Normal	Sistem berhasil simpan data BMI ke riwayat pengguna	Valid
6	Anggota lihat trend BMI dalam grafik	Normal	Sistem tampilkan grafik perubahan BMI dari waktu ke waktu	Valid

Tabel 6. Pengujian *Black-box* Fitur Monitoring Nutrisi

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Anggota <i>search</i> makanan "nasi putih"	Normal	Sistem tampilkan hasil pencarian dari <i>database</i> nutrisi	Valid
2	Anggota tambah makanan ke daily log	Normal	Sistem berhasil tambah makanan dan hitung total kalori	Valid
3	Anggota <i>search</i> makanan yang tidak ada	Tidak Normal	Sistem menampilkan "Makanan tidak ditemukan"	Valid
4	Sistem hitung total kalori harian otomatis	Normal	Sistem otomatis kalkulasi total kalori dari semua makanan	Valid
5	Anggota lihat <i>breakdown</i> nutrisi (carbs, protein, fat)	Normal	Sistem tampilkan detail nutrisi dalam chart/grafik	Valid

Tabel 7. Pengujian *Black-box* Fitur Manajemen Keanggotaan

No	Skenario Pengujian	Kondisi	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Anggota daftar paket <i>membership</i> bulanan	Normal	Sistem berhasil buat <i>membership</i> dengan masa berlaku 30 hari	Valid
2	Anggota perpanjang <i>membership</i> sebelum <i>expired</i>	Normal	Sistem perpanjang <i>membership</i> dari tanggal <i>expired</i> sebelumnya	Valid
3	Anggota cek status <i>membership</i> aktif	Normal	Sistem tampilkan detail <i>membership</i> dengan sisa hari	Valid
4	Sistem otomatis update status <i>membership expired</i>	Normal	Sistem otomatis ubah status menjadi <i>expired</i> setelah tanggal berakhir	Valid
5	Admin lihat daftar <i>membership</i> yang akan <i>expired</i>	Normal	Sistem tampilkan list member yang akan <i>expired</i> dalam 7 hari	Valid

4.4. Pembahasan

4.4.1. Penyelesaian Masalah Operasional Pusat Kebugaran

Hasil pengujian *black-box* pada Tabel 1 hingga Tabel 7 menunjukkan bahwa aplikasi *mobile* POGY Fitness telah mampu menyelesaikan seluruh permasalahan operasional yang sebelumnya diidentifikasi pada pusat kebugaran. Pertama, permasalahan verifikasi akses dan pengecekan status keanggotaan berhasil diselesaikan melalui penerapan *QR Code Access Control*. Pengujian pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa sistem dapat membedakan anggota aktif dan kedaluwarsa secara akurat. Sistem juga mampu mendeteksi *QR Code* yang sudah kedaluwarsa (*expired*) serta mencegah anggota tanpa *membership* aktif untuk menghasilkan QR baru. Semua skenario pada Tabel 2 menunjukkan status Valid, yang membuktikan bahwa alur kontrol akses sudah bekerja sesuai kebutuhan operasional pusat kebugaran.

Kedua, konflik jadwal dan ketidakpastian *booking* pelatih maupun kelas dapat terselesaikan melalui fitur *booking*. Pengujian pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa sistem dapat mencegah *double booking*, memberikan peringatan bila kapasitas kelas penuh, menolak *booking* pada kelas yang sudah dimulai, serta memvalidasi status *membership* sebelum proses *booking* berlangsung. Seluruh skenario pengujian pada kedua tabel tersebut menghasilkan status Valid, menandakan bahwa fitur *booking* telah mengatasi permasalahan administrasi dan penjadwalan yang sebelumnya bersifat manual.

Ketiga, kebutuhan anggota akan pemantauan kesehatan dan progres kebugaran berhasil dijawab melalui fitur *BMI Tracker* dan Monitoring Nutrisi. Pengujian pada Tabel 5 membuktikan bahwa sistem mampu menghitung BMI dengan benar, menolak *input* yang tidak valid (seperti angka nol, negatif, atau huruf), serta menyimpan riwayat BMI untuk keperluan grafik perkembangan. Selain itu, Tabel 6 menunjukkan bahwa fitur nutrisi dapat mencari makanan, menghitung total kalori, memvisualisasikan *makronutrien* (karbohidrat, protein, lemak), serta memberikan *feedback* bagi pengguna. Seluruh hasil pengujian dengan status Valid membuktikan bahwa fitur ini berhasil mengatasi keterbatasan sebelumnya dalam memantau asupan nutrisi secara manual.

Keempat, pengelolaan *membership* yang sebelumnya lambat dan sulit dipantau kini dapat dilakukan secara otomatis melalui sistem. Pengujian pada Tabel 7 menunjukkan bahwa sistem mampu membuat *membership* baru, memperpanjang masa aktif secara tepat, menampilkan status *membership* secara *real-time*, hingga melakukan update otomatis ketika masa aktif berakhir. Semua skenario dinyatakan Valid, sehingga kebutuhan akan transparansi dan efisiensi dalam manajemen keanggotaan telah terpenuhi sepenuhnya. Dengan demikian, seluruh fitur inti aplikasi telah diuji dan terbukti berfungsi optimal dalam menyelesaikan masalah operasional pusat kebugaran, meliputi verifikasi akses, penjadwalan, pemantauan kesehatan, serta manajemen keanggotaan.

4.4.2. Kontribusi Terhadap Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memberikan beberapa kontribusi penting terhadap studi-studi sebelumnya, dengan validasi empiris berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1 hingga Tabel 7:

Pertama, dibandingkan penelitian sebelumnya [3] yang hanya berfokus pada pengelolaan keanggotaan berbasis *Firebase*, penelitian ini menawarkan sistem yang lebih lengkap dan stabil. Hasil pengujian pada Tabel 1, Tabel 7, dan Tabel 2 menunjukkan bahwa autentikasi, keanggotaan, dan *QR Code* berjalan stabil merupakan sebuah kontribusi yang menegaskan keunggulan integrasi *Node.js* dan *MySQL* dalam aplikasi *gym* berbasis *mobile*. Kedua, penelitian ini memperluas cakupan studi terdahulu [4] yang hanya membangun sistem *membership* berbasis web. Melalui pengujian pada Tabel 3 dan Tabel 4, penelitian ini menunjukkan efektivitas *booking trainer* dan *booking kelas* di *Platform mobile* dengan validasi otomatis, respons cepat, dan pencegahan konflik jadwal mengenai suatu aspek yang belum dicapai oleh studi terdahulu.

Ketiga, penelitian ini mendukung sekaligus memperkuat temuan terkait *QR Code* dinamis sebagaimana dibahas dalam [17]. Skenario pengujian pada Tabel 2 (skenario 3 dan 5) membuktikan bahwa sistem mampu mendeteksi *QR Code* kedaluwarsa dan *membership* habis masa berlaku. Ini menjadi bukti empiris bahwa sistem QR yang digunakan aman dan akurat dalam pengendalian akses. Keempat, penelitian ini memperluas temuan terkait *dietary self-monitoring* [10], [11]. Melalui pengujian pada Tabel 6, penelitian ini menunjukkan bahwa fitur nutrisi tidak hanya mencatat makanan, tetapi juga memberi visualisasi nutrisi dan menghitung total kalori secara otomatis. Ditambah dengan kemampuan *BMI tracking* (Tabel 5), penelitian ini menghasilkan sistem monitoring kesehatan yang lebih komprehensif dibanding studi nutrisi sebelumnya yang berdiri sendiri. Kelima, penelitian ini memperkuat teori terkait efektivitas *Flutter* pada pengembangan aplikasi *cross-Platform* [13]. Seluruh 35 *test case* pada Tabel 1 hingga Tabel 7 berjalan Valid, membuktikan bahwa *Flutter* mampu menangani fitur kompleks seperti *QR code scanning*, grafik BMI, *booking*, dan penghitungan nutrisi tanpa kendala berarti.

4.4.3. Keterbatasan dan Peluang Pengembangan

Walaupun aplikasi telah teruji melalui 35 *test case* pada Tabel 1 hingga Tabel 7 dengan hasil Valid, penelitian ini tetap memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, berdasarkan pengujian fitur Monitoring Nutrisi pada Tabel 6, pencarian makanan terbatas pada *database* nutrisi yang ada di sistem. Untuk penggunaan di Indonesia, *database* perlu diperluas agar mencakup lebih banyak jenis makanan lokal. Kedua, meskipun fitur *booking* pada Tabel 3 dan Tabel 4 bekerja dengan sempurna, sistem belum mendukung mekanisme gamifikasi atau *social engagement* yang dapat meningkatkan motivasi anggota, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian [2].

Ketiga, pengujian saat ini belum mencakup integrasi perangkat *wearable*. Meskipun fitur BMI (Tabel 5) dan nutrisi (Tabel 6) berfungsi baik, integrasi dengan *wearable* dapat meningkatkan akurasi dan otomatisasi dalam pemantauan aktivitas harian. Peluang pengembangan lanjutan meliputi penambahan fitur *AI-based recommendation* untuk personalisasi latihan dan nutrisi, perluasan *database* makanan, integrasi komunitas pengguna, serta konektivitas dengan *wearable devices* untuk monitoring aktivitas secara *real-time*.

5. Simpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi *mobile* pusat kebugaran berbasis *Flutter* dengan fitur *QR code* akses dan monitoring nutrisi untuk *POGY Fitness*. Aplikasi dirancang menggunakan metode *Waterfall* dan diimplementasikan menggunakan teknologi *Flutter* untuk *frontend*, *Node.js* untuk *backend*, dan *MySQL* sebagai *database*. Hasil pengujian *black-box* menunjukkan bahwa semua fitur berfungsi sesuai spesifikasi dengan total 35 *test case* yang berhasil.

Implementasi fitur *QR code access* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi verifikasi keanggotaan dengan waktu akses yang lebih cepat dibandingkan sistem manual. Fitur monitoring nutrisi memberikan nilai tambah signifikan bagi *member* dalam memantau asupan harian dan mencapai target kesehatan. Sistem *booking trainer* dan kelas yang terintegrasi berhasil mengurangi konflik jadwal dan meningkatkan kepuasan pengguna.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan beberapa penambahan fitur seperti integrasi dengan *wearable devices* untuk *tracking* aktivitas fisik secara *real-time*, implementasi fitur *social networking* untuk meningkatkan *engagement* antar *member*, pengembangan sistem gamifikasi dengan *reward* dan *achievement* untuk memotivasi *member*, dan penambahan fitur *AI-based recommendation* untuk program latihan dan diet yang dipersonalisasi. Selain itu, perlu

dilakukan ekspansi *database* makanan dengan lebih banyak variasi makanan lokal Indonesia dan optimisasi performa pada fitur pencarian makanan.

Daftar Referensi

- [1] H. Ferreira-Barbosa, V. Loureiro, J. García-Fernández, and G. Cepeda-Carrión, "The Mediating Role of e-Lifestyles to Use the Fitness Center App," *Int J Hum Comput Interact*, vol. 39, no. 20, pp. 3972–3981, 2023, doi: 10.1080/10447318.2023.2204273.
- [2] Z. Hu, J. Yuan, and Y. Chen, "Examining the Impacts of Fitness App Features on User Well-being," *Information & Management*, vol. 60, no. 3, p. 103769, 2023, doi: 10.1016/j.im.2023.103769.
- [3] Julpandi and Y. Asriningtias, "Model Aplikasi Gym Member dengan Pendekatan Agile Scrum," *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 13, no. 3, pp. 1479–1490, 2024, doi: 10.35889/jutisi.v13i3.2334.
- [4] I. P. Sari and F. Alfarisi, "Perancangan Sistem Aplikasi Pendataan *Membership* Gym Menggunakan Metode Unified Software Development Process (USDP) Berbasis Web," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 37–48, 2024, doi: 10.56211/helloworld.v3i1.523.
- [5] S. Pargaonkar et al, "Healthy Life Pro – A Fitness Integration *Platform* using *Flutter*," *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, vol. 12, no. 6, pp. 1305–1312, 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.63369.
- [6] C. F. Peng et al, "Design and Implementation of Gym Management System Based on Web," in *Proceedings of the 2023 2nd International Conference on Educational Innovation and Multimedia Technology (EIMT 2023)*, 2023, pp. 44–51. doi: 10.2991/978-94-6463-175-8_6.
- [7] M. Chen, K. V. Carl, and O. Hinz, "Continued Usage of *Mobile* Fitness Applications: A Systematic Literature Review," *Management Review Quarterly*, vol. 75, no. 1, pp. 1–45, 2025, doi: 10.1007/s11301-025-00399-5.
- [8] A. B. Benesa, R. M. A. Tubice, and E. D. T. Tubice, "Enhancing Attendance Tracking Efficiency and Effectiveness through the Implementation of a QR Code-Based System," *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, vol. 8, no. 8, pp. 2706–2728, 2024, doi: 10.47772/IJRISS.2024.8080202.
- [9] S. Raut, P. Bhure, P. Bariye, A. Nandeshwar, and J. Adhikari, "QR Code-Based Attendance System," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 5, no. 5, pp. 3256–3262, 2023, doi: 10.56726/IRJMET.38565.
- [10] H.-Y. Yen, G. Jin, and H.-L. Chiu, "Smartphone App-Based Interventions Targeting Physical Activity for Weight Management: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials," *Int J Nurs Stud*, vol. 137, p. 104384, 2023, doi: 10.1016/j.ijnurstu.2022.104384.
- [11] C. Whitton et al, "Effect of a *Mobile* Phone Application for Dietary Self-Monitoring on Obesity in Adolescents: A Pilot Randomized Controlled Trial," *Eur J Clin Nutr*, vol. 79, no. 2, pp. 146–154, 2025, doi: 10.1038/s41430-025-01676-0.
- [12] P. Raghavan et al, "Implementation of Fitness Application Using *Flutter*," in 2023 4th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICSSIT), Trichy, India, 2023, pp. 1562–1567, doi: 10.1109/ICSSIT58885.2023.10307750.
- [13] G. Jošt and V. Taneski, "State-of-the-Art Cross-*Platform Mobile* Application Development Frameworks: A Comparative Study of Market and Developer Trends," *Informatics*, vol. 12, no. 2, p. 45, 2025, doi: 10.3390/informatics12020045.
- [14] E. E. Ali et al, "Effectiveness of *Mobile* Health Applications for 5% Body Weight Reduction in Obese and Overweight Adults," *Healthcare*, vol. 10, no. 1, p. 87, 2022, doi: 10.3390/healthcare10010087.
- [15] H. Eyles et al, "Nutrition-Related *Mobile* Application for Daily Dietary Self-Monitoring," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, no. 17, p. 10815, 2022, doi: 10.3390/ijerph191710815.
- [16] S. Patil, V. K. Bhosale, and P. P. Chavan, "Analysis of Cross *Platform* Application Development Over Multiple Devices using *Flutter* & *Dart*," *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 12, no. 1, pp. 98–103, 2023, doi: 10.35940/ijrte.A7821.0512123.

- [17] M. S. Mohammed and K. A. Zidan, "Enhancing Attendance Tracking Using Animated QR Codes: A Case Study," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 31, no. 3, pp. 1716–1723, 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v31.i3.pp1716-1723.
- [18] S. Bhattacharya et al, "A Novel QR Code Based Smart Attendance Tracking System," in *2023 7th International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech)*, 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/IEMENTech60402.2023.10423485.
- [19] C. Emberson et al, "Promoting Physical Activity for Health Benefits via a 10-week *Mobile*-Application-Based Personal Training Programme," *Int J Sports Sci Coach*, vol. 19, no. 3, pp. 1256–1268, 2024, doi: 10.1177/17479541241230637.
- [20] A. M. Newsome, A. Batrakoulis, S. M. Camhi, C. McAvoy, J. Sansone, and R. Reed, "2025 ACSM Worldwide Fitness Trends: Future Directions of the Health and Fitness Industry," *ACSMs Health Fit J*, vol. 28, no. 6, pp. 11–25, 2024, doi: 10.1249/FIT.0000000000001017.
- [21] A. Saravanos and M. X. Curinga, "Simulating the Software Development Lifecycle: The Waterfall Model," *Applied System Innovation*, vol. 6, no. 6, p. 108, 2023, doi: 10.3390/asi6060108.
- [22] Y. Bassil, "A Simulation Model for the Waterfall Software Development Life Cycle," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 2, no. 5, pp. 742–749, 2012, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1205.6904>
- [23] S. Pargaonkar, "A Comprehensive Research Analysis of Software Development Life Cycle (SDLC) Agile & Waterfall Model," *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM)*, vol. 7, no. 5, pp. 1–8, 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.20449.74084.
- [24] B. Bachina, "Efficient RESTful API Development with NodeJS, Express, and PostgreSQL," *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, vol. 10, no. 6, pp. 26–37, 2023.
- [25] C. Hu et al, "Deep Reinforcement Learning for Black-box Testing of Android Apps," *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, vol. 31, no. 3, p. 46, 2022, doi: 10.1145/3502868.
- [26] BrowserStack, "What is Black Box Testing: Types, Tools & Examples," 2024. [Online]. Available: <https://www.browserstack.com/guide/black-box-testing>
- [27] M. Ahsan et al, "FSMApp: Testing *Mobile* Apps Using Black-Box Model-Based Testing," *Advances in Computers*, vol. 127, pp. 1–60, 2023, doi: 10.1016/bs.adcom.2022.08.001.
- [28] N. Golian, V. Golian, and I. Afanasieva, "Black and White-Box Unit Testing for Web Applications," *Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies*, vol. 1, no. 7, pp. 76–82, 2022, doi: 10.20998/2079-0023.2022.01.13.