

Rancang Bangun Aplikasi Monitor Kadar Gula Darah Berbasis *Mobile*

Arief Zuhri¹, Margareta Hardiyanti¹, Norma Latif Fitriyani², Ganjar Alfian^{1,*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada;

ariefzuhri@mail.ugm.ac.id

margareta.hardiyanti@ugm.ac.id

²Department of Data Science, Sejong University;

norma@sejong.ac.kr

*Korespondensi: ganjar.alfian@ugm.ac.id;

Abstract – Diabetes is a serious public health condition and one of the leading causes of mortality worldwide. The goal of diabetes treatment is to prevent or delay complications and optimize quality of life. The American Diabetes Association (ADA) outlines the multifactorial approach to reducing the risk of diabetes complications through lifestyle changes and education. Mobile-based diabetes management applications have been proven to assist individuals successfully manage diabetes self-care. Although existing apps offer significant benefits, there is still scope for further advancement in terms of the efficiency of diabetes management and the sustainability of system development. This study designs a mobile-based blood glucose monitoring system based on the multifactorial approach. The technology stack was based on Google's Modern Android Development (MAD) approach. The development stages include analysis, design, implementation, and testing. The implementation applies six components: targeting the latest Android version, using Android Studio, Kotlin, Jetpack Compose, Android Jetpack, and adopting best practices for architecture and testing. The application was successfully built with two main features: blood glucose monitoring and diabetes treatment recommendations. The monitoring feature presents blood glucose charts, activity logs that may affect glucose levels, and blood sugar alarms. The diabetes treatment recommendation feature provides education and encourages patients to adopt a healthy lifestyle. The use of MAD resulted in a scalable and maintainable system. Testing showed the app functions as designed, with no detected malfunctions. This study is expected to assist patients achieve the diabetes treatment goals and ensure the system remains relevant and impactful for the long term.

Keywords – Diabetes Management, Monitoring System, Mobile Application, Multifactorial Approach, Modern Android Development

Intisari – Diabetes merupakan kondisi serius pada kesehatan masyarakat serta menjadi salah satu penyebab mortalitas tertinggi secara global. Tujuan perawatan diabetes adalah mencegah atau menunda komplikasi dan mengoptimalkan kualitas hidup. American Diabetes Association (ADA) menjabarkan pendekatan multifaktorial untuk mengurangi risiko komplikasi diabetes yang diterapkan melalui perubahan gaya hidup dan edukasi. Manajemen diabetes melalui aplikasi berbasis *mobile* terbukti membantu individu dalam keberhasilan melakukan manajemen diabetes secara mandiri. Meskipun aplikasi yang ada telah memberikan manfaat signifikan, masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut dalam hal efektivitas manajemen diabetes dan keberlanjutan pengembangan sistem. Pada penelitian ini, sistem monitor kadar gula darah berbasis *mobile* dirancang berdasarkan pendekatan multifaktorial. Teknologi pengembangan mengadopsi pendekatan *Modern Android development* (MAD) dari Google. Tahapan pengembangan mencakup analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Implementasi menerapkan enam komponen MAD: penargetan versi Android terbaru, penggunaan Android Studio, Kotlin, Jetpack Compose, Android Jetpack, dan penerapan praktik terbaik untuk arsitektur dan pengujian. Aplikasi berhasil dibangun dengan dua fitur utama: monitor kadar gula darah dan rekomendasi perawatan diabetes. Fitur monitor menyajikan grafik gula darah, pencatatan aktivitas yang dapat memengaruhi gula darah, dan alarm gula darah. Adapun rekomendasi perawatan diabetes memberikan edukasi dan dorongan kepada pasien untuk menerapkan gaya hidup sehat. Penerapan MAD menghasilkan sistem yang skalabel dan mudah dipelihara. Dari hasil pengujian, fungsi aplikasi berjalan sesuai dengan hasil analisis dan perancangan serta tidak ditemukan kerusakan. Hasil penelitian ini diharapkan agar sistem dapat membantu pasien dalam mencapai tujuan perawatan diabetes. Selain itu, sistem diharapkan dapat terus dikembangkan untuk memastikan relevansinya dan dampak yang berkelanjutan.

Kata kunci – Manajemen Diabetes, Sistem Monitor, Aplikasi *Mobile*, Pendekatan Multifaktorial, *Modern Android Development*

I. PENDAHULUAN

Diabetes melitus (diabetes) merupakan kondisi serius pada kesehatan masyarakat serta menjadi salah satu penyebab mortalitas tertinggi secara global. Tercatat 536,6 juta orang dewasa (usia 20-79 tahun) di seluruh dunia hidup dengan diabetes. Kondisi ini menyebabkan orang yang hidup dengan diabetes menjadi rentan terhadap risiko yang membahayakan hidup. Lebih-lebih, data menunjukkan bahwa diabetes telah menyebabkan 6,7 juta kematian orang dewasa di seluruh dunia pada tahun 2021 [1].

Tujuan perawatan diabetes adalah menunda atau mencegah komplikasi dan mengoptimalkan kualitas hidup [2]. Beberapa komplikasi diabetes adalah penyakit kardiovaskular aterosklerosis (ASCVD) [3], penyakit ginjal kronis (CKD) [4], retinopati diabetik, neuropati diabetik, serta ulserasi dan amputasi kaki [5]. Untuk mencegah komplikasi, penting untuk memantau gula darah secara teratur [3], [4], [5], [6]. Teknologi pemantauan termutakhir dapat menggunakan sensor CGM (*continuous glucose monitoring*) yang terbukti efektif dan aman dalam manajemen diabetes [6]. Sensor CGM ditempatkan pada bawah kulit, dapat di perut atau lengan,

kemudian sensor akan mengukur gula darah secara kontinu dan menampilkan hasilnya setiap 5 menit [7].

American Diabetes Association (ADA) menjabarkan pendekatan multifaktorial untuk mengurangi risiko komplikasi diabetes yang terdiri atas komponen-komponen dasar dalam manajemen diabetes dan diterapkan melalui perubahan gaya hidup dan edukasi diabetes. Komponen-komponen dasar dalam manajemen diabetes mencakup manajemen gula darah, manajemen tekanan darah, manajemen kolesterol, dan penggunaan obat penurun kadar gula darah dengan manfaat jantung dan ginjal. Komponen-komponen tersebut merupakan pilar dalam mengontrol risiko komplikasi diabetes yang diterapkan melalui perubahan gaya hidup serta edukasi dan dukungan manajemen mandiri [3].

Implementasi sistem monitor kadar gula darah ke dalam aplikasi berbasis *mobile* telah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mengedukasi pasien diabetes menuju keberhasilan dalam melakukan manajemen diabetes secara mandiri [9], [10], [11], [12], [13], [15], [16]. Pasien diabetes menjadi lebih sadar terhadap kondisi gula darah mereka dan termotivasi untuk menerapkan gaya hidup sehat demi menjaga kadar gula darah [10], [11], [12].

Akan tetapi, meskipun aplikasi-aplikasi yang ada telah memberikan manfaat signifikan, masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut dalam hal efektivitas manajemen diabetes dan keberlanjutan pengembangan sistem. Belum ada sistem monitor kadar gula darah yang dirancang dengan menerapkan pendekatan multifaktorial. Di sisi teknis, aplikasi-aplikasi tersebut masih dikembangkan tanpa mengikuti pedoman Google.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitor kadar gula darah berbasis *mobile* yang pengembangan fiturnya berdasarkan rekomendasi ADA untuk mengurangi risiko komplikasi diabetes, yakni pendekatan multifaktorial. Sistem juga akan menerapkan pendekatan *Modern Android development* (MAD) dari Google. MAD merupakan alat, pustaka, dan praktik terbaik yang direkomendasikan oleh pakar Android untuk membangun aplikasi secara efisien dan menghasilkan aplikasi dengan pengalaman pengguna dan skalabilitas yang tinggi [17].

Dengan demikian, penerapan pendekatan multifaktorial pada sistem monitor kadar gula darah berbasis *mobile* diharapkan dapat membantu pasien diabetes dalam manajemen diabetes yang lebih efektif sehingga dapat mencapai tujuan perawatan. Sementara itu, penerapan MAD diharapkan dapat meningkatkan keberlanjutan pengembangan sistem untuk perluasan fungsi dan pemeliharaan sistem.

Perancangan sistem ini akan memanfaatkan keunggulan dari sensor CGM. Namun, penelitian ini tidak membahas

terkait integrasi aplikasi dengan sensor CGM. Selain itu, penelitian ini juga tidak untuk membuktikan keunggulan dari pendekatan MAD. Penelitian ini hanya akan fokus pada penerapan gagasan pendekatan multifaktorial dan MAD.

II. DASAR TEORI

Implementasi sistem monitor kadar gula darah berbasis *mobile* telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa aplikasi *mobile* untuk monitor kadar gula darah dapat bermanfaat bagi pasien diabetes.

Penelitian [8], misalnya, merancang sistem monitor kadar gula darah kontinu menggunakan sensor dan aplikasi Android yang menampilkan data secara *real-time* serta alarm gula darah. Sistem ini mempermudah pemantauan gula darah secara *real-time* sehingga membantu pasien dalam melakukan perawatan.

Penelitian yang lebih baru, penelitian [9], merancang aplikasi Android untuk manajemen diabetes dengan fitur yang lebih komprehensif, seperti pengingat (pengukuran gula darah, minum obat, makan tepat waktu, dan berolahraga), pencatatan dan grafik gula darah, kalkulator dosis insulin, dan cetak laporan. Aplikasi ini dirancang berdasarkan data protokol Sri Lanka, *Application-Based Care in Diabetes*. Berdasarkan pengujian, sistem terbukti dapat membantu pasien dalam mengontrol gula darah dengan lebih baik.

Lebih jauh lagi, penelitian [10] merancang aplikasi Android yang difokuskan untuk remaja dengan diabetes tipe 1. Aplikasi dilengkapi dengan pencatatan manual gula darah, pengingat pengukuran gula darah, mengatur target gula darah, serta video dan materi edukasi. Aplikasi ini dirancang melalui proses kelompok fokus dan tinjauan ahli. Meskipun ada beberapa masalah teknis, aplikasi tersebut berhasil memotivasi remaja untuk mencatat gula darah secara rutin.

Sementara itu, penelitian [11] merancang aplikasi Android untuk manajemen mandiri bagi pasien diabetes tipe 1 dan 2 di Australia. Aplikasi memiliki fitur pencatatan gula darah, aktivitas, dan berat badan beserta grafik-grafiknya, pesan motivasi dan saran, dan materi edukasi makanan. Perancangan aplikasi melalui tahapan identifikasi kebutuhan pengguna dan masukan pakar, kemudian dibangun menggunakan Java. Hasil uji juga menunjukkan kepuasan pengguna serta peningkatan kesadaran pasien dalam manajemen mandiri.

Di sisi lain, penelitian [12] merancang aplikasi Android untuk manajemen diabetes yang dapat membagikan statistik medis melalui *web service* dan terhubung dengan dokter serta memiliki fitur manajemen asupan nilai gizi. Fitur lain yang tersedia adalah pemantauan gula darah, visualisasi data, kalkulator insulin, dan pengingat pengukuran gula darah, makan, dan insulin. Aplikasi ini dirancang melalui analisis aplikasi serupa. Hasil uji menunjukkan hasil yang sama, yakni

peningkatan kontrol gula darah pada pasien dan mendorong anak-anak melakukan manajemen mandiri.

Seperti penelitian sebelumnya, penelitian [13] juga merancang aplikasi Android untuk remaja dengan diabetes tipe 1 yang mendukung manajemen mandiri. Aplikasi memiliki fitur, di antaranya, pencatatan dan grafik gula darah, pencatatan dan pengingat pengobatan, dan edukasi diet, olahraga, dan komplikasi. Aplikasi ini dirancang berdasarkan tujuh perilaku perawatan diri AADE (American Association of Diabetes Educators) dan studi pustaka. Aplikasi dibangun menggunakan Ionic dan ChartJS. Pengujian juga menunjukkan bahwa aplikasi dapat membantu remaja meningkatkan manajemen mandiri.

Serupa juga dengan penelitian yang telah dilakukan, penelitian [14] merancang aplikasi Android dan *cloud* untuk pasien diabetes tipe 2 yang memungkinkan pasien mendapatkan layanan pemantauan jarak jauh oleh dokter. Fitur lainnya mencakup pemantauan gula darah beserta grafik, pencatatan gula darah, pengobatan, diet, aktivitas fisik, tekanan darah, dan berat badan, cetak laporan, artikel edukasi secara umum, dan pengingat. Aplikasi dirancang berdasarkan analisis aplikasi sejenis, pendapat pakar, dan tinjauan sumber daya daring dari Iranian Ministry of Health and Medical Education, Association of Diabetes Care & Education Specialists, International Diabetes Federation, dan American Diabetes Association. Aplikasi ditargetkan untuk Android 2.3 sampai 4.4. Hasil uji kegunaan menunjukkan kepuasan pengguna, menandakan bahwa sistem dapat membantu pasien mengubah gaya hidup sehat.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian [15] merancang aplikasi monitor mandiri berbasis Android bagi pasien diabetes di Malaysia yang berfokus pada manajemen pola makan. Aplikasi memiliki fitur pemantauan kadar gula darah berdasarkan pencatatan manual, pencatatan makanan, pengingat jadwal janji temu, dan kalkulator dosis insulin berdasarkan jumlah karbohidrat. Manfaat aplikasi bagi pasien, di antaranya, dapat meningkatkan kontrol gula darah dan kepatuhan terhadap pola makan.

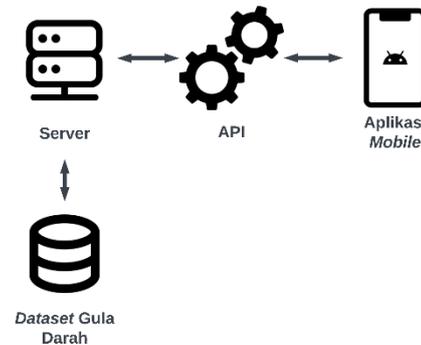
Adapun penelitian terbaru, penelitian [16], merancang aplikasi Android untuk perawatan mandiri bagi pasien diabetes tipe 2 dengan fitur umpan balik, pemantauan gula darah beserta grafik, pemantauan berat badan, pengecekan tekanan darah, saran dosis insulin, edukasi, evaluasi makanan oleh ahli gizi, penghitung langkah, penyiapan laporan, dan pengingat. Aplikasi ini dirancang berdasarkan analisis aplikasi serupa. Aplikasi dibangun menggunakan Android Studio 2.3.3, Java, SQLite, dan Android View serta ditargetkan untuk Android 4.4. Aplikasi ini diharapkan dapat meningkatkan gaya hidup dan memotivasi pasien diabetes dalam melakukan perawatan diabetes.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah menghasilkan aplikasi monitor kadar gula darah yang terbukti bermanfaat dalam membantu pasien mengontrol gula darah dan meningkatkan manajemen mandiri. Sistem-sistem yang telah

diusulkan memiliki fitur-fitur dasar, seperti pemantauan dan pencatatan, visualisasi data, pengingat, serta edukasi dan motivasi. Namun, tidak ada penelitian yang secara eksplisit menerapkan pendekatan multifaktorial dari ADA yang mencakup manajemen komprehensif gula darah, tekanan darah, kolesterol, serta perubahan gaya hidup. Selain itu, dari segi teknologi pengembangan, penelitian-penelitian tersebut seluruhnya menggunakan metode pengembangan konvensional, seperti Java dan *framework* lain, yang belum mengadopsi praktik-praktik terbaik dari MAD. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penerapan pendekatan multifaktorial serta MAD yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas aplikasi dari segi pengalaman pengguna dan kemudahan pengembangan.

III. METODOLOGI

Arsitektur sistem dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. *Dataset* gula darah dihimpun di sebuah basis data pada suatu server. Untuk mengambil data gula darah dari aplikasi *mobile*, API berperan sebagai proksinya.



Gambar 1. Arsitektur sistem monitor kadar gula darah

Penelitian ini menggunakan sumber data gula darah yang diperoleh dari *dataset* publik hasil penelitian sebelumnya [18]. *Dataset* tersebut dipublikasikan oleh Jaeb Center for Health Research (JCHR) [19]. *Dataset* digunakan untuk mendemonstrasikan fungsionalitas aplikasi

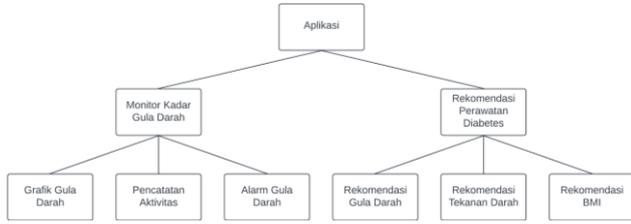
Adapun rancang bangun aplikasi melalui empat tahapan, yakni analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Masing-masing tahapan dijabarkan sebagai berikut.

A. Analisis

Pendekatan multifaktorial dianalisis dan hasilnya diekstraksi menjadi fitur-fitur aplikasi. Bagaimana detail dan batasan dari suatu fitur ditentukan berdasarkan tinjauan pedoman perawatan diabetes yang dipublikasikan oleh ADA [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Beberapa pedoman pendukung yang dipaparkan oleh American Heart Association (AHA) [28], [29] dan World Health Organization (WHO) [30] dalam kaitannya dengan komplikasi diabetes juga dipergunakan sebagai pedoman pemberian rekomendasi.

Adapun fitur utama aplikasi ditunjukkan pada Gambar 2, yakni terdiri atas **monitor gula darah** yang mencakup grafik

gula darah, pencatatan aktivitas, dan alarm gula darah serta **rekomendasi perawatan diabetes** yang mencakup rekomendasi berdasarkan gula darah, tekanan darah, dan BMI.



Gambar 2. Fitur utama aplikasi

Pada fitur grafik gula darah, akan menampilkan data gula darah dari waktu ke waktu dalam diagram garis. Terdapat juga statistik yang menampilkan nilai terakhir, rata-rata, nilai tertinggi, dan nilai terendah dari data pada grafik. Grafik juga menampilkan diagram TIR (*time in range*) menggunakan diagram lingkaran. Definisi TIR ditunjukkan pada persamaan (1) [6].

$$TIR = \frac{\sum \text{Kadar gula darah dlm. jangkauan}}{\sum \text{Kadar gula darah semua kategori}} \times 100\% \tag{1}$$

Grafik gula darah juga akan diintegrasikan dengan data aktivitas yang dicatat oleh pasien. Aktivitas yang dapat dicatat oleh pengguna adalah aktivitas yang dapat memengaruhi kenaikan atau penurunan gula darah, seperti makan, olahraga, dan konsumsi obat [23]. Pada aktivitas makan, pasien dapat melihat angka perubahan kadar gula darah dari makanan yang dikonsumsi berdasarkan *2-hour postprandial glucose test* [6].

Kemudian, pada fitur alarm gula darah, akan menampilkan peringatan hipo/hiperglikemia dalam bentuk notifikasi. Alarm gula darah dapat membantu pasien untuk mengambil tindakan pencegahan secara cepat sebelum kadar gula darah menjadi terlalu tinggi atau terlalu rendah [26], [31], [32]. Alarm pada dasarnya memonitor hasil pengukuran gula darah secara *real-time* dari sensor CGM. Alarm akan memiliki level peringatan berdasarkan klasifikasi kategori gula darah oleh ADA [6]. Selain itu, batas bawah dan batas atas alarm diatur pada angka 75 mg/dL dan 170 mg/dL berdasarkan penelitian [33] yang merupakan batas optimal untuk meminimalkan kejadian hipo/hiperglikemia.

Berikutnya, pada fitur perawatan diabetes, terdapat rekomendasi berdasarkan gula darah, tekanan darah, dan BMI. Adapun faktor pemicu meningkatnya risiko komplikasi diabetes adalah gula darah, tekanan darah, dan kolesterol yang tidak terkontrol [3], [4], [5]. Pada kontrol kolesterol, gaya hidup yang diterapkan pada kontrol tekanan darah juga dapat bermanfaat untuk mengontrol kolesterol [3], [28]. Selain itu, kontrol kolesterol juga dapat dilakukan dengan mengontrol gula darah [3]. Kemudian terkait BMI, menjaga berat badan ini juga penting untuk dilakukan karena berat badan berkaitan dengan penyebab diabetes dan meningkatnya risiko

komplikasi ASCVD [34]. Selain itu, BMI juga bisa memberikan gambaran secara keseluruhan dari kondisi kesehatan seseorang. Untuk mencari nilai BMI, ditunjukkan pada persamaan (2) [30].

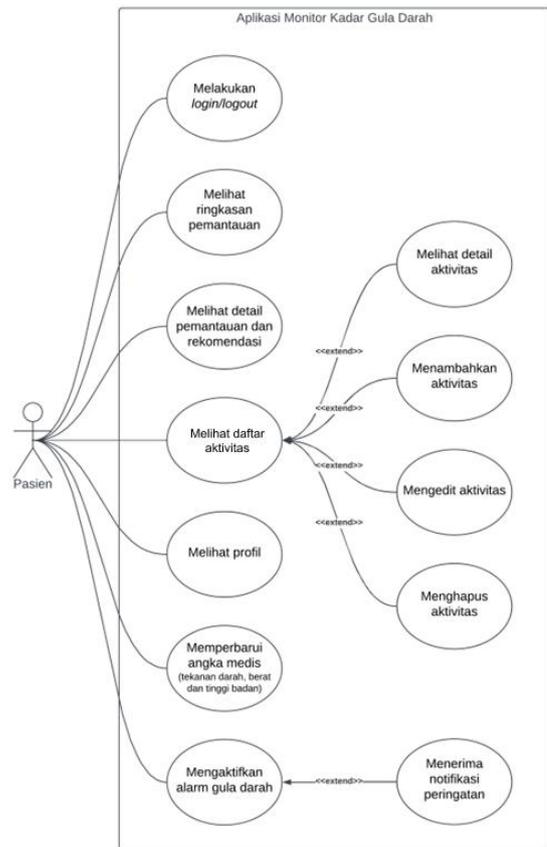
$$BMI = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan} \times \text{tinggi badan (m}^2\text{)}} \tag{2}$$

Adapun di sisi teknis, perancangan aplikasi didasarkan pada pendekatan *Modern Android development (MAD)*. Pendekatan MAD dianalisis berdasarkan tinjauan dokumentasi yang dipublikasikan oleh Google [35]. Pendekatan ini terdiri atas enam komponen, yakni penggunaan Kotlin sebagai bahasa pemrograman, penggunaan Android Studio sebagai IDE, penargetan versi Android terbaru, pembangunan UI menggunakan Jetpack Compose, penerapan *modern app architecture* (arsitektur berlapis) dan pengujian otomatis, serta penggunaan pustaka Android Jetpack [17].

B. Perancangan

Hasil dari tahapan analisis selanjutnya diolah untuk divisualisasikan ke dalam diagram sehingga dapat tergambar bagaimana nantinya aplikasi akan diimplementasikan.

Pada Gambar 3 menunjukkan rancangan *use case diagram* yang menggambarkan fungsionalitas yang tersedia pada aplikasi.



Gambar 3. Rancangan *use case diagram*

Adapun Gambar 4 menunjukkan rancangan arsitektur aplikasi *mobile* yang terdiri atas 3 lapisan. Pertama, lapisan UI yang bertanggung jawab untuk menyajikan data kepada pengguna. Kedua, lapisan data yang bertanggung jawab untuk menghubungkan aplikasi dengan layanan penyedia data. Ketiga atau terakhir, lapisan domain yang berisi logika bisnis dan menghubungkan antara lapisan UI dengan lapisan data.



Gambar 4. Arsitektur aplikasi *mobile*

C. Implementasi

Tahapan implementasi mengonversikan hasil analisis dan perancangan ke dalam bahasa pemrograman. Sumber kode bersifat terbuka dan tersedia di repositori [36]. Hasil dari tahapan ini adalah aplikasi yang dapat dioperasikan.

D. Pengujian

Tahapan pengujian dilakukan untuk memastikan logika bisnis yang telah diimplementasikan berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna. Adapun pengujian yang dilakukan mencakup pengujian unit dan pengujian integrasi. Pengujian unit akan menguji logika bisnis, sementara pengujian integrasi akan menguji interaksi pengguna saat menggunakan aplikasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Fitur Monitor Gula Darah

Gambar 5 menunjukkan tangkapan layar dari fitur grafik gula darah. Grafik gula darah menampilkan visualisasi data gula darah dari periode atau rentang waktu yang dipilih. Pada grafik tersebut, terdapat garis bantu batas atas dan batas bawah dari kadar gula darah yang direkomendasikan. Garis bantu ini dapat membantu pasien agar selalu memastikan kadar gula darah tidak keluar dari jangkauan aman (<70 mg/dL atau >180 mg/dL). Grafik menyertakan informasi aktivitas yang dicatat pengguna agar memudahkan pasien dan dokter dalam melihat secara langsung bagaimana pengaruh aktivitas yang dilakukan terhadap kenaikan atau penurunan kadar gula darah. Grafik juga dilengkapi dengan statistik yang memudahkan pengguna mengidentifikasi nilai terakhir, rata-rata, nilai tertinggi, dan nilai terendah dari data gula darah yang disajikan. Selain itu, grafik juga dilengkapi dengan diagram TIR yang membantu pengguna melihat capaian target TIR—melihat persentase kadar gula darah yang berada pada kategori dalam jangkauan (70-180 mg/dL), di atas jangkauan/hiperglikemia (>180 mg/dL), dan di bawah jangkauan/hipoglikemia (<70 mg/dL).

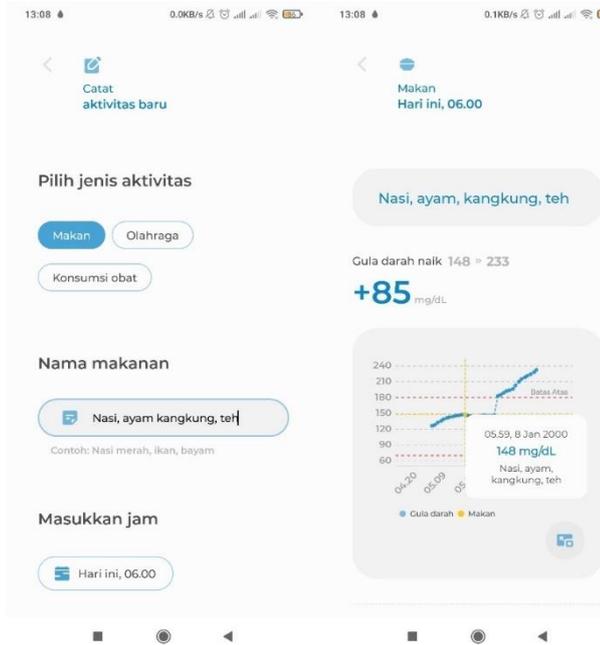


Gambar 5. Tangkapan layar grafik gula darah

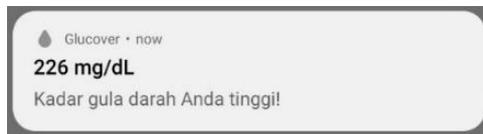
Berikutnya, Gambar 6 menunjukkan tangkapan layar dari fitur pencatatan aktivitas. Pencatatan aktivitas dapat membantu pengguna untuk melacak bagaimana gula darah mengalami kenaikan atau penurunan setelah melakukan suatu aktivitas, seperti makan, olahraga, maupun konsumsi obat atau insulin. Pengguna dapat melihat angka perubahan kadar gula darah dan grafik yang menggambarkan korelasi antara aktivitas yang dilakukan dengan perkembangan kadar gula darah sejak aktivitas mulai dilakukan hingga efek aktivitas terhadap gula darah berakhir. Pada aktivitas makan, pengguna dapat melihat bagaimana pengaruh makanan yang dikonsumsi terhadap kenaikan gula darah hingga 2 jam setelah makan.

Selanjutnya, Gambar 7 menunjukkan tangkapan layar dari notifikasi fitur alarm gula darah. Alarm gula darah dapat memberikan peringatan kejadian hipo/hiperglikemia secara *real-time* kepada pengguna dalam bentuk notifikasi. Notifikasi ditampilkan setiap 5 menit, sebagaimana CGM melakukan pembacaan gula darah setiap 5 menit. Informasi yang ditampilkan pada notifikasi berupa kadar gula darah dan pesan peringatan dari kondisi gula darah terkini. Selain itu, notifikasi dapat memberikan suara dan getaran, bergantung pada level peringatannya. Pada kadar gula darah dalam jangkauan, tidak mendekati batas atas dan batas bawah, notifikasi tidak ditampilkan menggunakan suara dan getaran. Notifikasi hanya memberikan informasi bahwa kondisi gula darah saat ini adalah aman. Notifikasi baru ditampilkan bersama suara jika kadar gula darah mendekati batas atas atau bawah sebagai bentuk peringatan awal. Dengan peringatan awal ini, diharapkan dapat membantu pasien agar segera melakukan tindakan preventif untuk mencegah kadar gula darah semakin naik atau semakin turun. Sementara itu, notifikasi dengan suara sekaligus getaran diberikan jika kadar

gula darah berada di atas dan bawah jangkauan sebagai bentuk peringatan penting bahwa kondisi gula darah terkini sudah memasuki kategori hiperglikemia atau hipoglikemia.



Gambar 6. Tangkapan layar pencatatan aktivitas



Gambar 7. Tangkapan layar notifikasi alarm gula darah

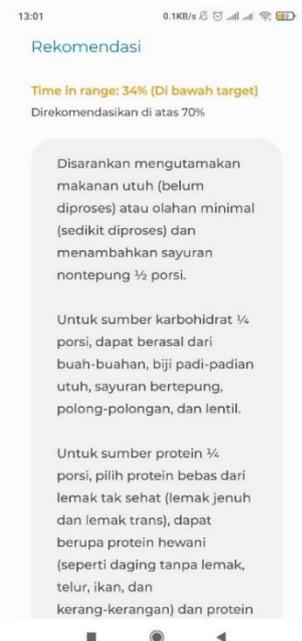
B. Fitur Rekomendasi Perawatan Diabetes

Gambar 8 menunjukkan tangkapan layar dari fitur rekomendasi perawatan diabetes berdasarkan gula darah. Rekomendasi diberikan berdasarkan nilai TIR. Karena TIR menghitung persentase kadar gula darah yang berada pada kategori dalam jangkauan, TIR dapat memberikan gambaran secara umum apakah rencana manajemen diabetes yang sedang dilakukan pasien sudah tepat. Oleh karena itu, nilai TIR dapat dijadikan dasar untuk memberikan rekomendasi gula darah. Jika pasien memiliki persentase TIR di atas 70%, pasien telah memenuhi target yang direkomendasikan dalam melakukan manajemen gula darah [6]. Adapun rekomendasi gula darah yang diberikan secara garis besar adalah menerapkan pola makan *diabetes plate method* (DPM) yang mengutamakan makanan olahan minimal dan sayuran nontepung (rendah karbohidrat) serta melakukan olahraga 150 menit/minggu. Melalui rekomendasi yang diberikan tersebut, diharapkan dapat membantu pasien untuk menjaga kadar gula darah agar berada pada kategori dalam jangkauan.

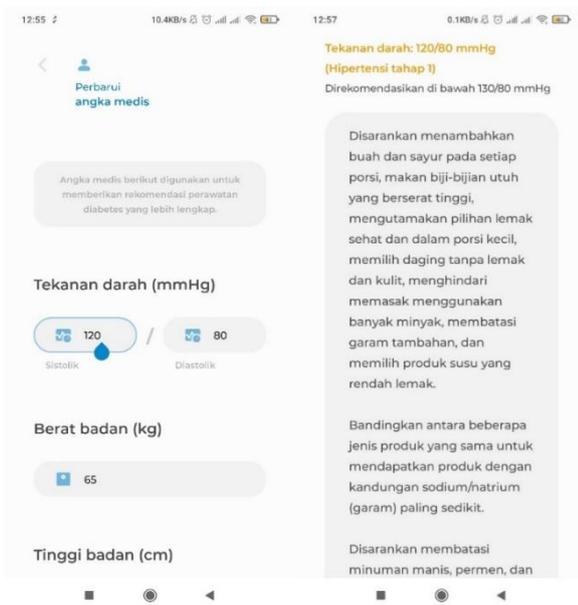
Berikutnya, Gambar 9 menunjukkan tangkapan layar dari fitur rekomendasi perawatan diabetes berdasarkan tekanan

darah. Untuk rekomendasi tekanan darah dan BMI, pengguna perlu mengisi data angka medis dahulu karena rekomendasi yang diberikan berdasarkan kondisi pasien saat ini. Adapun tekanan darah yang direkomendasikan bagi pasien diabetes adalah di bawah 130/80 mmHg [3]. Pembagian kategori tekanan darah yang diberikan berdasarkan klasifikasi AHA [29]. Untuk rekomendasi tekanan darah yang diberikan secara garis besar adalah menerapkan pola makan DASH (*dietary approaches to stop hypertension*) yang mengutamakan makanan tinggi serat, rendah lemak, dan rendah garam serta melakukan olahraga 150 menit/minggu. Rekomendasi yang diberikan tersebut diharapkan dapat membantu pasien untuk menjaga tekanan darah dari hipertensi. Adapun rekomendasi gaya hidup yang diberikan juga dapat bermanfaat untuk menjaga kolesterol pasien diabetes.

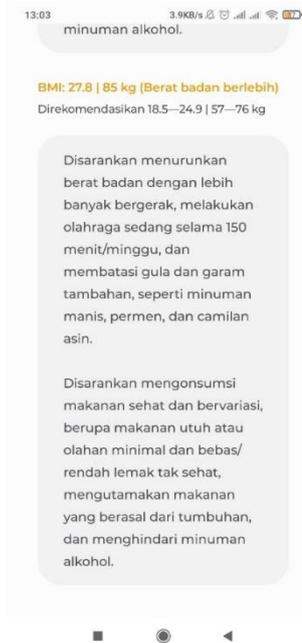
Selanjutnya, Gambar 10 menunjukkan tangkapan layar dari fitur rekomendasi perawatan diabetes berdasarkan BMI. Nilai BMI yang direkomendasikan adalah pada rentang 18,5-24,9 [30], [34]. Sementara itu, berat badan yang direkomendasikan untuk pasien dapat berbeda-beda, bergantung pada tinggi badan masing-masing individu. Pembagian kategori berat badan didasarkan pada klasifikasi WHO [30]. Adapun rekomendasi BMI yang diberikan secara garis besar adalah pasien direkomendasikan untuk lebih banyak bergerak dan menerapkan pola makan yang mengutamakan makanan olahan minimal, makanan bervariasi, sayur-sayuran, dan makanan rendah lemak. Rekomendasi yang diberikan bertujuan agar pasien dapat menjaga kesehatan tubuh dan berat badan.



Gambar 8. Tangkapan layar rekomendasi gula darah



Gambar 9. Tangkapan layar rekomendasi tekanan darah



Gambar 10. Tangkapan layar rekomendasi BMI

C. Penerapan MAD

MAD terdiri atas enam komponen [17] dan diterapkan dalam pengembangan aplikasi dalam penelitian ini. Komponen-komponen tersebut dijabarkan sebagai berikut.

Pertama, pengembangan aplikasi ditargetkan untuk versi Android terbaru, yakni Android 13 dengan level API 33 [17]. Versi Android terbaru menawarkan keamanan, privasi, dan performa yang ditingkatkan [37]. Penargetan versi terbaru ini juga memungkinkan penggunaan teknologi mutakhir dan

memastikan aplikasi tersedia pada perangkat-perangkat terbaru [17], [37].

Kedua, IDE yang digunakan adalah Android Studio Electric Eel dan Flamingo. Android Studio menyediakan fasilitas pengembangan perangkat lunak yang dibutuhkan, seperti *source-code editor*, *build automation tools*, *debugger*, *lint tools*, *code optimizer and obfuscator*, dan emulator [38]. Fasilitas disediakan dalam satu tempat yang memungkinkan pengembangan dilakukan secara efisien.

Ketiga, bahasa pemrograman yang digunakan adalah Kotlin. Karakteristik dari sintaks Kotlin adalah ekspresif dan ringkas, artinya kode dapat dipahami secara intuitif dan lebih sedikit *boilerplate* [39]. Oleh karena itu, penggunaan Kotlin memungkinkan waktu pengembangan yang lebih singkat dan pemeliharaan kode yang lebih mudah.

Keempat, untuk membangun UI, digunakan Jetpack Compose. Pustaka ini didasarkan pada paradigma deklaratif sehingga setiap kali *event* terjadi, UI akan dibangun ulang berdasarkan *state* saat ini [40]. Dengan demikian, pemeliharaan UI dapat dilakukan secara lebih sederhana dan sedikit error.

Kelima, aplikasi diperkuat oleh Android Jetpack sebagai sekumpulan pustaka dengan fungsi-fungsi yang spesifik untuk menunjang pembangunan aplikasi. Android Jetpack membungkus kode-kode yang rumit ke dalam pustaka sehingga pengembangan menjadi lebih berfokus pada fungsionalitas sistem untuk pengguna alih-alih infrastruktur sistem. Jetpack Compose juga memberikan dukungan kompatibilitas penggunaan teknologi baru pada Android versi lama [41].

Terakhir, arsitektur aplikasi yang digunakan adalah modern app architecture. Dalam perancangan ini, aplikasi dibagi menjadi 3 lapisan dengan tanggung jawab yang berbeda, yakni (1) lapisan UI yang menyajikan data ke layar dan menangani interaksi pengguna [42], (2) lapisan data yang menyediakan data [43], dan (3) lapisan domain yang berisi logika bisnis dan menghubungkan lapisan UI dengan data [44]. Pemisahan aplikasi ke dalam 3 lapisan yang saling independen ini dapat meningkatkan skalabilitas, memudahkan pemeliharaan, dan memudahkan pengujian.

Adapun pengujian dilakukan untuk memverifikasi kebenaran, perilaku fungsional, dan kegunaan aplikasi sebelum rilis ke publik [45]. Pengujian sistem dalam penelitian ini dilakukan secara otomatis oleh mesin. Kasus-kasus uji ditulis ke dalam kode, kemudian dijalankan oleh mesin sehingga pengujian dapat dilakukan dengan efisien.

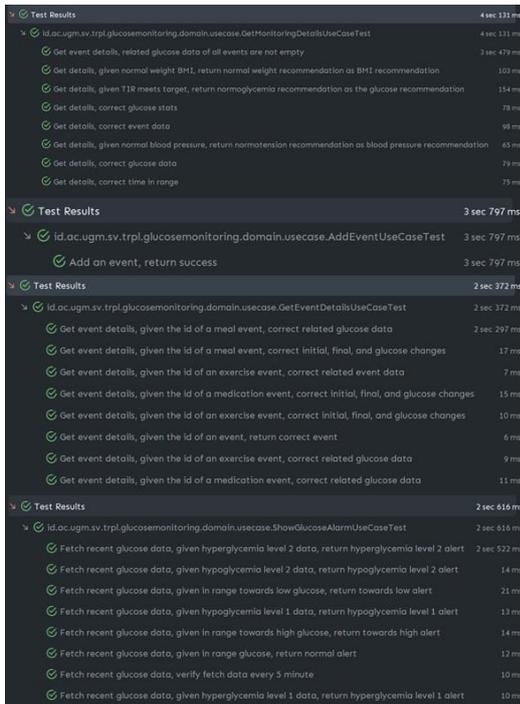
D. Hasil Pengujian

Pengujian aplikasi dilakukan melalui Android Studio dan menggunakan pustaka JUnit, Espresso, Truth, dan MockK.

Pengujian unit diuji dengan 26 kasus uji yang ditunjukkan pada Gambar 11. Semua kasus uji mengeluarkan hasil sesuai yang diharapkan sehingga hal ini menunjukkan bahwa logika

bisnis yang diterapkan dalam aplikasi telah sesuai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna dan tidak terdapat kerusakan.

Sementara itu, pengujian integrasi menguji interaksi pengguna di 2 alur penggunaan yang ditunjukkan pada Gambar 12. Hasil pengujian yang dilakukan mengembalikan hasil yang diharapkan sehingga hal ini menunjukkan bahwa komponen-komponen pada sistem berhasil diintegrasikan dengan baik.



Gambar 11. Hasil pengujian unit

Tests	Duration	Pixel_4_API_30
Test Results	50 s	1/1
MonitoringDetailsScreenTest	50 s	1/1
showMonitoringDetailsScreen_DisplayCorrectly	50 s	Pass
Test Results	55 s	1/1
EventLoggingTest	55 s	1/1
logEvent_WorkCorrectly	55 s	Pass

Gambar 12. Hasil pengujian integrasi

V. SIMPULAN

Sistem monitor kadar gula darah berbasis *mobile* berhasil dirancang berdasarkan pendekatan multifaktorial. Aplikasi terdiri atas fitur monitor gula darah dan rekomendasi perawatan diabetes. Fitur monitor gula darah mencakup grafik gula darah, pencatatan aktivitas, dan alarm yang dapat membantu pasien dalam mengontrol gula darah sebagai faktor penting dalam manajemen diabetes. Sementara itu, fitur perawatan diabetes berisi rekomendasi-rekomendasi yang bersumber dari para pakar untuk mengedukasi dan mendorong pasien agar menerapkan gaya hidup yang sehat yang disesuaikan dengan kondisi terkini dari pasien diabetes.

Penerapan pendekatan multifaktorial pada aplikasi berbasis *mobile* ini diharapkan dapat membantu pasien diabetes dalam mengelola kondisi mereka secara mandiri dan efektif. Hal ini akan mengarah pada meningkatnya kesadaran diri tentang perawatan diabetes. Pada akhirnya, kemampuan manajemen diri yang lebih baik tersebut dapat membantu mereka mencapai tujuan perawatan diabetes, yakni menunda bahkan mencegah komplikasi yang membahayakan serta meningkatkan kualitas hidup.

Adapun dari sisi teknis, hasil rancang bangun dalam penelitian ini adalah aplikasi dengan aspek keberlanjutan pengembangan sistem. Enam komponen yang tercakup dalam MAD telah berhasil diterapkan di dalam implementasi aplikasi. Di samping performa yang baik, penerapan MAD ini menghasilkan aplikasi yang skalabel dan mudah dipelihara. Selain itu, aplikasi bersifat sumber terbuka dengan kode sumber yang telah tersedia di repositori. Oleh karena itu, diharapkan sistem dapat terus dikembangkan oleh siapa saja untuk memastikan relevansinya dan dampaknya yang berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] D. Magliano dan E. J. Boyko, *IDF diabetes atlas*, 10th edition. Brussels: International Diabetes Federation, 2021.
- [2] N. A. ElSayed *dkk.*, "4. Comprehensive Medical Evaluation and Assessment of Comorbidities: *Standards of Care in Diabetes—2023*," *Diabetes Care*, vol. 46, no. Supplement_1, hlm. S49–S67, Jan 2023, doi: 10.2337/dc23-S004.
- [3] N. A. ElSayed *dkk.*, "10. Cardiovascular Disease and Risk Management: *Standards of Care in Diabetes—2023*," *Diabetes Care*, vol. 46, no. Supplement_1, hlm. S158–S190, Jan 2023, doi: 10.2337/dc23-S010.
- [4] N. A. ElSayed *dkk.*, "11. Chronic Kidney Disease and Risk Management: *Standards of Care in Diabetes—2023*," *Diabetes Care*, vol. 46, no. Supplement_1, hlm. S191–S202, Jan 2023, doi: 10.2337/dc23-S011.
- [5] N. A. ElSayed *dkk.*, "12. Retinopathy, Neuropathy, and Foot Care: *Standards of Care in Diabetes—2023*," *Diabetes Care*, vol. 46, no. Supplement_1, hlm. S203–S215, Jan 2023, doi: 10.2337/dc23-S012.
- [6] N. A. ElSayed *dkk.*, "6. Glycemic Targets: *Standards of Care in Diabetes—2023*," *Diabetes Care*, vol. 46, no. Supplement_1, hlm. S97–S110, Jan 2023, doi: 10.2337/dc23-S006.
- [7] S. R. Patton, Associate Professor of Pediatrics, Department of Pediatrics, University of Kansas Medical Center, Kansas City, Kansas, M. A. Clements, dan Assistant Professor of Pediatrics, University of Missouri-Kansas City School of Medicine, Children's Mercy Hospital, Kansas City, Missouri, US, "Continuous Glucose Monitoring Versus Self-monitoring of Blood Glucose in Children with Type 1 Diabetes: The Pros and Cons," *US Endocrinology*, vol. 08, no. 01, hlm. 27, 2012, doi: 10.17925/USE.2012.08.01.27.
- [8] Y. Y. Cai, D. Cao, X. H. He, dan Q. X. Wang, "Continuous Glucose Monitoring System Based on Smart Phone," *Procedia Engineering*, vol. 29, hlm. 3894–3898, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.590.
- [9] K. C. Gunawardena *dkk.*, "The Influence of the Smart Glucose Manager Mobile Application on Diabetes Management," *J Diabetes Sci Technol*, vol. 13, no. 1, hlm. 75–81, Jan 2019, doi: 10.1177/1932296818804522.
- [10] B. E. Holtz *dkk.*, "The design and development of MyT1DHero: A mobile app for adolescents with type 1 diabetes and their parents," *J Telemed Telecare*, vol. 25, no. 3, hlm. 172–180, Apr 2019, doi: 10.1177/1357633X17745470.

- [11] M. D. Adu, U. H. Malabu, A. E. O. Malau-Aduli, dan B. S. Malau-Aduli, "The development of My Care Hub Mobile-Phone App to Support Self-Management in Australians with Type 1 or Type 2 Diabetes," *Sci Rep*, vol. 10, no. 1, hlm. 7, Jan 2020, doi: 10.1038/s41598-019-56411-0.
- [12] I. Volkov dan G. Radchenko, "DiaMeter: a Mobile Application and Web Service for Monitoring Diabetes Mellitus," dalam *2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT)*, Yekaterinburg, Russia: IEEE, Mei 2020, hlm. 0384–0387. doi: 10.1109/USBEREIT48449.2020.9117654.
- [13] L. D. F. P. A. Alves, M. M. Maia, M. F. M. D. Araújo, M. M. C. Damasceno, dan R. W. J. F. D. Freitas, "Desenvolvimento e validação de uma tecnologia MHEALTH para a promoção do autocuidado de adolescentes com diabetes," *Ciênc. saúde coletiva*, vol. 26, no. 5, hlm. 1691–1700, Mei 2021, doi: 10.1590/1413-81232021265.04602021.
- [14] R. Salari, S. R. Niakan Kalhori, M. GhaziSaeedi, M. Jeddi, M. Nazari, dan F. Fatehi, "Mobile-Based and Cloud-Based System for Self-management of People With Type 2 Diabetes: Development and Usability Evaluation," *J Med Internet Res*, vol. 23, no. 6, hlm. e18167, Jun 2021, doi: 10.2196/18167.
- [15] M. M. Din, N. R. Ali, T. Tajuddin, S. R. M. Dawam, dan S. M. Murad, "Mobile Application for Malaysian Diabetes Dietary Monitoring System (My-DDMS)," dalam *2021 6th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)*, Kedah, Malaysia: IEEE, Des 2021, hlm. 1–6. doi: 10.1109/ICRAIE52900.2021.9704006.
- [16] E. Mehraeen *dkk.*, "Design and Development of a Mobile-Based Self-Care Application for Patients with Type 2 Diabetes," *J Diabetes Sci Technol*, vol. 16, no. 4, hlm. 1008–1015, Jul 2022, doi: 10.1177/19322968211007124.
- [17] Google, "Modern Android development," Android Developers. Diakses: 24 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/modern-android-development>
- [18] G. Alfian *dkk.*, "Blood glucose prediction model for type 1 diabetes based on artificial neural network with time-domain features," *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 40, no. 4, hlm. 1586–1599, Okt 2020, doi: 10.1016/j.bbe.2020.10.004.
- [19] DirecNet, "Evaluation of Counter-regulatory Hormone Responses during Hypoglycemia and the Accuracy of Continuous Glucose Monitors in Children with T1DM," *Diabetes Research in Children Network*. Diakses: 28 Februari 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://public.jaeb.org/direcnet/stdy/167>
- [20] American Diabetes Association, "Standards of Medical Care in Diabetes—2022 Abridged for Primary Care Providers," *Clinical Diabetes*, vol. 40, no. 1, hlm. 10–38, Jan 2022, doi: 10.2337/ed22-as01.
- [21] A. P. Campbell, "DASH Eating Plan: An Eating Pattern for Diabetes Management," *Diabetes Spectrum*, vol. 30, no. 2, hlm. 76–81, Mei 2017, doi: 10.2337/ds16-0084.
- [22] A. B. Evert *dkk.*, "Nutrition Therapy for Adults With Diabetes or Prediabetes: A Consensus Report," *Diabetes Care*, vol. 42, no. 5, hlm. 731–754, Mei 2019, doi: 10.2337/dci19-0014.
- [23] American Diabetes Association, "Good to Know: Factors Affecting Blood Glucose," *Clinical Diabetes*, vol. 36, no. 2, hlm. 202–202, Apr 2018, doi: 10.2337/cd18-0012.
- [24] American Diabetes Association, "Blood Glucose & Exercise," ADA. Diakses: 28 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://diabetes.org/healthy-living/fitness/getting-started-safely/blood-glucose-and-exercise>
- [25] American Diabetes Association, "What is the Diabetes Plate Method?," *Diabetes Food Hub*. Diakses: 28 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.diabetesfoodhub.org/articles/what-is-the-diabetes-plate-method.html>
- [26] American Diabetes Association, "Choosing a CGM," ADA. Diakses: 25 Juni 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://diabetes.org/tools-support/devices-technology/choosing-cgm>
- [27] American Diabetes Association, "Types of Insulin for People with Diabetes," *American Diabetes Association*.
- [28] D. K. Arnett *dkk.*, "2019 ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines," *Circulation*, vol. 140, no. 11, Sep 2019, doi: 10.1161/CIR.0000000000000677.
- [29] P. K. Whelton *dkk.*, "2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/P CNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines," *Hypertension*, vol. 71, no. 6, Jun 2018, doi: 10.1161/HYP.0000000000000065.
- [30] World Health Organization, "A healthy lifestyle," WHO recommendations. Diakses: 29 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle--who-recommendations>
- [31] D. Howsmon dan B. W. Bequette, "Hypo- and Hyperglycemic Alarms: Devices and Algorithms," *J Diabetes Sci Technol*, vol. 9, no. 5, hlm. 1126–1137, Sep 2015, doi: 10.1177/1932296815583507.
- [32] S. A. Little *dkk.*, "Recovery of Hypoglycemia Awareness in Long-standing Type 1 Diabetes: A Multicenter 2 × 2 Factorial Randomized Controlled Trial Comparing Insulin Pump With Multiple Daily Injections and Continuous With Conventional Glucose Self-monitoring (HypoCOMPASS)," *Diabetes Care*, vol. 37, no. 8, hlm. 2114–2122, Agu 2014, doi: 10.2337/dc14-0030.
- [33] Y. K. Lin *dkk.*, "Alarm Settings of Continuous Glucose Monitoring Systems and Associations to Glucose Outcomes in Type 1 Diabetes," *Journal of the Endocrine Society*, vol. 4, no. 1, hlm. bvz005, Jan 2020, doi: 10.1210/jendso/bvz005.
- [34] N. A. ElSayed *dkk.*, "8. Obesity and Weight Management for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2023," *Diabetes Care*, vol. 46, no. Supplement_1, hlm. S128–S139, Jan 2023, doi: 10.2337/dc23-S008.
- [35] Google, "Developer guides," Android Developers. Diakses: 8 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/docs>
- [36] A. Zuhri, "GlucoseMonitoring," GitHub. [Daring]. Tersedia pada: <https://github.com/ariefzuhri/GlucoseMonitoring>
- [37] Google, "Target API level requirements for Google Play apps," Play Console Help. Diakses: 10 Oktober 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/11926878>
- [38] Google, "Meet Android Studio," Android Developers. Diakses: 30 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/studio/intro>
- [39] Kotlin, "Kotlin for Android," Kotlin Documentation. Diakses: 30 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html>
- [40] A.-C. Bellini, "Jetpack Compose is now 1.0: announcing Android's modern toolkit for building native UI," *Android Developers Blog*. Diakses: 31 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://android-developers.googleblog.com/2021/07/jetpack-compose-announcement.html>
- [41] Google, "Getting started with Android Jetpack," Android Developers. Diakses: 31 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/jetpack/getting-started>
- [42] Google, "UI layer," Android Developers. Diakses: 5 Juni 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/topic/architecture/ui-layer>
- [43] Google, "Data layer," Android Developers. Diakses: 5 Juni 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/topic/architecture/data-layer>
- [44] Google, "Domain layer," Android Developers. Diakses: 5 Juni 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/topic/architecture/domain-layer>
- [45] Google, "Fundamentals of testing Android apps," *Android Developers*. Diakses: 31 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://developer.android.com/training/testing/fundamentals>