

Pengembangan Sistem Informasi Monitoring Pertumbuhan Balita Berbasis Mobile Menggunakan Metode Z-Score WHO

Asni Rahma Yanti^{*}, Muhamad Alda

Sistem Informasi, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ¹asnirahmayanti34@gmail.com, ²muhamadalda@uinsu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: asnirahmayanti34@gmail.com^{*}

Submitted: 10/05/2026; Accepted: 06/06/2026; Published: 30/06/2026

Abstrak—Pemantauan tumbuh kembang balita di Puskesmas Mulyorejo masih menghadapi kendala pencatatan yang tidak terintegrasi dan perhitungan status gizi yang dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan dalam deteksi dini masalah gizi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi berbasis mobile menggunakan metode Z-score WHO untuk menilai status gizi balita secara otomatis dengan model Waterfall sebagai metode pengembangan sistem. Sistem menghitung indikator BB/U, TB/U, dan BB/TB menggunakan metode LMS (Lambda-Mu-Sigma) serta menampilkan hasil dalam bentuk kategori status gizi dan grafik pertumbuhan. Sistem dirancang dengan tiga aktor yaitu Admin, Kader Posyandu, dan Orang Tua, dilengkapi fitur validasi catatan pertumbuhan oleh kader serta KMS digital untuk pemantauan mandiri. Hasil pengujian menggunakan Black Box Testing menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan dengan tingkat keberhasilan 100% dan hasil perhitungan Z-score terbukti sesuai dengan perhitungan manual berdasarkan tabel referensi WHO. Sistem ini berkontribusi dalam mempermudah kader posyandu dan orang tua memantau status gizi balita secara digital, akurat, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Monitoring Balita; Z-Score; Status Gizi; Sistem Informasi; Mobile;

Abstract—Monitoring of toddler growth and development at the Mulyorejo Community Health Center still faces obstacles in unintegrated recording and manual calculation of nutritional status, thus potentially causing errors in early detection of nutritional problems. This study aims to develop a mobile-based information system using the WHO Z-score method to automatically assess toddler nutritional status with the Waterfall model as a system development method. The system calculates indicators of weight/age, height/age, and weight/height using the LMS (Lambda-Mu-Sigma) method and displays the results in the form of nutritional status categories and growth charts. The system is designed with three actors: Admin, Posyandu Cadres, and Parents, equipped with growth record validation features by cadres and digital KMS for self-monitoring. Testing results using Black Box Testing show that all system functions run as needed with a 100% success rate and the results of the Z-score calculation are proven to be in accordance with manual calculations based on the WHO reference table. This system contributes to making it easier for Posyandu cadres and parents to monitor toddler nutritional status digitally, accurately, and sustainably.

Keywords: Toddler Monitoring; Z-Score; Nutritional Status; Information System; Mobile

1. PENDAHULUAN

Puskesmas Mulyorejo merupakan puskesmas rawat inap dengan akreditasi paripurna yang membina 64 posyandu yang tersebar di 7 desa wilayah kerjanya. Melalui kegiatan posyandu yang dilaksanakan secara rutin setiap bulan, Puskesmas Mulyorejo melakukan pemantauan tumbuh kembang balita usia 0-59 bulan. Pemantauan pertumbuhan balita memiliki peran penting dalam menilai kondisi kesehatan dan kecukupan gizi anak, karena penyimpangan pertumbuhan dapat menjadi tanda awal terjadinya permasalahan gizi seperti *stunting*, *wasting*, maupun gizi lebih. Berdasarkan data terbaru dari Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 yang dipublikasikan Kementerian Kesehatan, angka *stunting* secara nasional mengalami penurunan menjadi 19,8% [1]. Walaupun terdapat penurunan dibandingkan tahun sebelumnya, prevalensi *stunting* masih berada di atas target WHO yaitu di bawah 14%. Kondisi ini menunjukkan masalah gizi balita masih menjadi tantangan yang memerlukan perhatian, sehingga penguatan sistem pemantauan tumbuh kembang balita pada layanan kesehatan dasar masih diperlukan.

Dalam pelaksanaannya, sistem pemantauan tumbuh kembang balita di Puskesmas Mulyorejo melibatkan tiga pihak. Kader posyandu mencatat data balita secara manual menggunakan buku tulis, orang tua menerima informasi perkembangan anak melalui Kartu Menuju Sehat (KMS), sedangkan petugas puskesmas melakukan rekapitulasi data menggunakan sistem berbasis *website*.

Namun, perhitungan status gizi balita pada sistem yang berjalan saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan grafik KMS atau tabel rujukan WHO. Proses ini sangat bergantung pada ketelitian dan pemahaman kader, sementara tidak semua kader memiliki pemahaman yang memadai mengenai metode perhitungan Z-score WHO. Kondisi ini diperkuat oleh penelitian Muntafiah yang menunjukkan bahwa proses pemantauan balita belum berjalan secara optimal karena pemanfaatan buku KIA sebagai alat deteksi dini masalah masih perlu dioptimalkan [2]. Selain itu, kegiatan posyandu dilaksanakan secara serentak tanpa pengelompokan usia balita sehingga data dari berbagai kelompok usia tercampur dan menyulitkan proses pencarian serta analisis data. Sistem pencatatan manual tersebut juga rentan terhadap kerusakan fisik, kehilangan data, serta ketidakakuratan pencatatan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem digital untuk mendukung pemantauan tumbuh kembang balita. Pengembangan sistem e-Posyandu oleh Fauzi (2024) dan Nurlita (2023) berfokus pada

digitalisasi pencatatan dan pengelolaan data kesehatan ibu dan anak untuk mengatasi permasalahan pencatatan manual yang kerap menghambat pelaporan dan menyulitkan pengelolaan data. Namun, sistem yang dikembangkan masih terbatas pada fungsi pencatatan dan belum menyediakan fitur analisis status gizi maupun pemantauan riwayat pertumbuhan balita secara berkelanjutan [3], [4]. Selanjutnya, Pramarta (2022) mengembangkan sistem informasi pencatatan gizi balita di posyandu dengan menerapkan metode *Forward Chaining*. Meskipun demikian, sistem tersebut belum mengadopsi standar Z-score WHO dengan metode LMS serta belum mendukung pemantauan mandiri oleh orang tua [5]. Artika (2023) mengembangkan aplikasi *Android* untuk *monitoring* pertumbuhan balita menggunakan perhitungan Z-score. namun, belum mengimplementasikan metode LMS dan hanya berfokus pada penggunaan oleh ibu, sehingga belum mengakomodasi keterlibatan kader dalam validasi data antropometri [6]. Selain itu, Huda dan Wulandari (2025) mengembangkan aplikasi *mobile* berbasis Z-score WHO untuk mendeteksi status gizi sejak dini. Namun, sistem tersebut belum mendukung validasi data oleh kader posyandu sebagai data resmi hasil pengukuran serta belum dilengkapi fitur KMS digital yang terintegrasi[7].

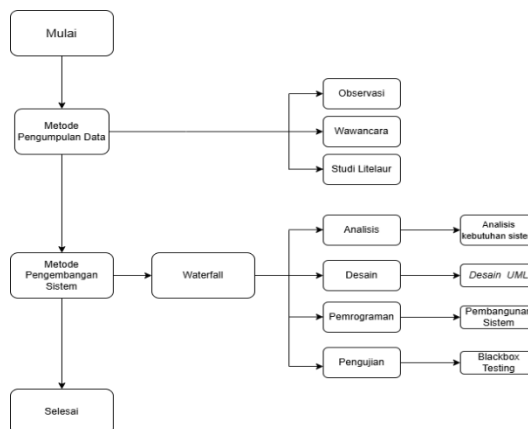
Berdasarkan *gap* dari penelitian-penelitian tersebut, diperlukan sistem informasi berbasis *mobile* yang mampu mengintegrasikan pencatatan data antropometri, perhitungan status gizi otomatis menggunakan Z-score WHO dengan metode LMS, serta penyajian riwayat pertumbuhan yang mudah dipahami. Penilaian status gizi balita menggunakan tiga indikator antropometri, yakni BB/U (Berat Badan berdasarkan Umur) untuk mendeteksi gizi kurang atau gizi lebih secara umum, TB/U atau PB/U (Tinggi/Panjang Badan berdasarkan Umur) untuk mendeteksi *stunting*, dan BB/TB atau BB/PB (Berat Badan berdasarkan Tinggi/Panjang Badan) untuk mendeteksi *wasting* atau obesitas. Ketiga indikator ini digunakan secara simultan untuk memberikan gambaran lengkap tentang status gizi balita [8].

Sistem berbasis *mobile* dinilai sesuai kebutuhan kader posyandu karena praktis digunakan saat kegiatan lapangan, memungkinkan *input* data langsung di lokasi posyandu, serta meminimalkan risiko kehilangan data dan kesalahan deteksi dini. Sistem tidak hanya menghitung nilai *Z-score*, tetapi juga menyajikan berat badan ideal dan tinggi badan ideal berdasarkan nilai median WHO, rekomendasi gizi, fitur penjadwalan posyandu, serta informasi edukatif tentang gizi dan tumbuh kembang balita.

Sistem dirancang dengan tiga aktor yaitu Admin, Kader Posyandu, dan Orang Tua, dilengkapi fitur KMS digital yang menampilkan riwayat pertumbuhan balita sebagai pelengkap sistem pencatatan posyandu yang sudah ada tanpa menggantikan protokol pelayanan yang berlaku. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan metode *Z-score* WHO untuk menghitung status gizi balita secara otomatis serta membangun sistem informasi monitoring tumbuh kembang balita berbasis *mobile* yang menyajikan riwayat pertumbuhan dalam bentuk KMS digital.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses atau tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah teknik yang diterapkan untuk memperoleh informasi atau data yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Penelitian ini memanfaatkan dua sumber data yaitu:

2.1.1 Data Primer

Data Primer diperoleh langsung melalui kegiatan observasi dan wawancara. Observasi dan wawancara dilakukan dengan mengamati secara langsung proses pencatatan data balita dan pengukuran antropometri yang dilakukan oleh kader posyandu, sedangkan wawancara dilakukan kepada kader posyandu dan pihak puskesmas untuk

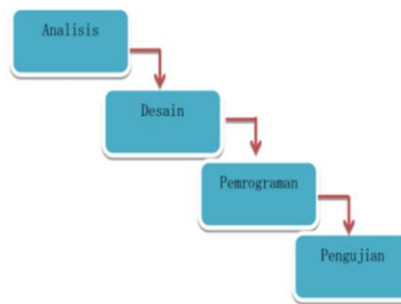
menggal informasi mengenai kebutuhan sistem serta kendala yang dihadapi dalam proses pemantauan tumbuh kembang balita secara manual.

2.1.2 Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur dengan menelaah berbagai sumber yang relevan, termasuk dokumen, buku pedoman seperti Buku KMS/KIA, serta jurnal dan penelitian terdahulu terkait sistem informasi kesehatan, monitoring tumbuh kembang balita, dan Metode Z-score WHO.

2.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah model Waterfall, yaitu salah satu pendekatan dalam System Development Life Cycle (SDLC) yang mengikuti alur pengembangan secara berurutan. Model Waterfall dipilih karena pengembangan sistem informasi monitoring tumbuh kembang balita berbasis mobile memerlukan alur kerja yang terstruktur, dimulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian sistem, serta kebutuhan sistem telah ditetapkan sejak awal dengan tujuan keluaran yang jelas [9].



Gambar 2. Tahapan Metode Waterfall

Adapun tahapan pengembangan sistem menggunakan metode Waterfall dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.2.1 Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem monitoring tumbuh kembang balita di posyandu berdasarkan hasil observasi dan wawancara. Kebutuhan yang dianalisis meliputi pengelolaan data balita, pencatatan hasil pengukuran antropometri, perhitungan status gizi menggunakan metode Z-score WHO, serta penyajian informasi yang mudah dipahami oleh pengguna.

2.2.2 Desain

Tahap desain dilakukan untuk menggambarkan sistem yang akan dikembangkan berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Perancangan sistem menggunakan Unified Modeling Language (UML) yang meliputi Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, dan Class Diagram untuk memvisualisasikan alur proses sistem, interaksi pengguna, serta struktur data yang digunakan.

2.2.3 Pemrograman

Pada tahap ini, rancangan sistem diimplementasikan dalam bentuk aplikasi Android dengan mengintegrasikan basis data dan menerapkan metode Z-score WHO untuk menghitung status gizi balita secara otomatis sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat.

2.2.4 Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa sistem berjalan sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengujian menggunakan metode Black Box Testing terhadap fungsi-fungsi utama sistem seperti pengelolaan data balita, pencatatan pengukuran, serta perhitungan status gizi balita.

2.3 Metode Z-Score

Metode Z-Score WHO digunakan dalam penelitian ini sebagai dasar perhitungan status gizi balita secara otomatis. Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi status gizi balita secara objektif berdasarkan standar pertumbuhan internasional yang ditetapkan oleh WHO [10]. Penggunaan Z-Score juga memungkinkan perbandingan status gizi anak dari berbagai kelompok umur dan jenis kelamin menggunakan standar yang sama [11].

Perhitungan Z-Score dalam penelitian ini menggunakan metode LMS (Lambda-Mu-Sigma), yaitu metode statistik yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan metode perhitungan Z-Score sederhana khususnya ketika distribusi data tidak mengikuti distribusi normal [12], [13]. Dalam metode ini, tiga parameter utama digunakan untuk setiap kombinasi umur dan jenis kelamin, yaitu L (Lambda) sebagai parameter transformasi Box-Cox, M (Mu) sebagai nilai median referensi WHO, dan S (Sigma) sebagai koefisien variasi referensi WHO. Rumus perhitungan Z-Score menggunakan metode LMS adalah sebagai berikut:

Jika $L \neq 0$

$$Z = \frac{\left(\frac{X}{M}\right)^L - 1}{L \times S} \tag{2.1}$$

Jika $L = 0$

$$Z = \frac{\ln\left(\frac{X}{M}\right)}{S} \tag{2.2}$$

Keterangan:

- X = Nilai antropometri yang diukur (berat badan atau tinggi badan)
- L = Parameter transformasi Box-Cox
- M = Nilai median referensi WHO
- S = Koefisien variasi

Penilaian status gizi balita dalam penelitian ini menggunakan tiga indikator antropometri berdasarkan standar WHO, yaitu Berat Badan menurut Umur (BB/U), Tinggi Badan menurut Umur (TB/U), dan Berat Badan menurut Tinggi Badan (BB/TB) [8], dengan klasifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Status Gizi Berdasarkan BB/U

Nilai Z-Score	Status Gizi
Z-Score < -3 SD	Berat Badan Sangat Kurang
-3 SD ≤ Z-Score < -2 SD	Berat Badan Kurang
-2 SD ≤ Z-Score ≤ +1 SD	Berat Badan Normal
+1 SD < Z-Score ≤ +2 SD	Risiko Berat Badan Lebih

Tabel 2. Klasifikasi Status Gizi Berdasarkan TB/U

Nilai Z-Score	Status Gizi
Z-Score < -3 SD	Sangat Pendek
-3 SD ≤ Z-Score < -2 SD	Pendek
-2 SD ≤ Z-Score ≤ +3 SD	Normal
Z-Score > +3 SD	Tinggi

Tabel 3. Klasifikasi Status Gizi Berdasarkan BB/TB

Nilai Z-Score	Status Gizi
Z-Score < -3 SD	Gizi Buruk
-3 SD ≤ Z-Score < -2 SD	Gizi Kurang
-2 SD ≤ Z-Score ≤ +1 SD	Normal
+1 SD < Z-Score ≤ +2 SD	Berisiko Gizi Lebih
+2 SD < Z-Score ≤ +3SD	Gizi Lebih
Z-Score > +3SD	Obesitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis dan Desain Sistem

3.1.1 Analisis

Proses analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan kader posyandu dan pihak puskesmas. Sistem informasi monitoring tumbuh kembang balita yang dikembangkan dirancang sebagai solusi pengganti mekanisme pencatatan manual yang selama ini berjalan di posyandu, dengan menyediakan fitur perhitungan status gizi secara otomatis menggunakan metode Z-score WHO.

Sistem ini melibatkan tiga aktor utama dengan peran dan hak akses yang berbeda. Admin memegang kendali sepenuhnya terhadap sistem, mencakup pengelolaan data pengguna, artikel dan jadwal kegiatan posyandu, serta data parameter Z-score yang digunakan sebagai acuan perhitungan status gizi. Kader Posyandu berperan dalam pengelolaan data anak serta melakukan validasi terhadap data catatan pertumbuhan yang diinput oleh orang tua. Orang Tua berperan sebagai pengguna yang melakukan pemantauan mandiri dengan menginput data pertumbuhan anak, melihat hasil perhitungan status gizi, serta mengakses informasi artikel dan jadwal kegiatan posyandu. Berdasarkan hasil analisis, kebutuhan fungsional sistem yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Kebutuhan Fungsional Sistem

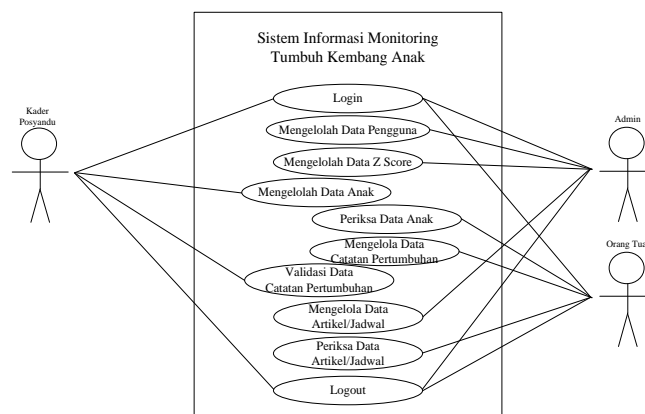
No	Aktor	Kebutuhan Fungsional
1	Admin	Mengelola data pengguna (tambah, ubah, hapus)
2	Admin	Mengelola data parameter Z-score WHO
3	Admin	Mengelola data artikel dan jadwal posyandu
4	Kader	Mengelola data anak (tambah, ubah)
5	Kader	Validasi data catatan pertumbuhan anak
6	Orang Tua	Menginput data pertumbuhan anak secara mandiri
7	Orang Tua	Melihat hasil perhitungan Z-score dan status gizi
8	Orang Tua	Melihat grafik perkembangan berat dan tinggi badan
9	Orang Tua	Mengakses artikel dan jadwal posyandu
10	Semua	Login dan logout sistem

3.1.2 Desain

Tahap desain bertujuan untuk merancang struktur dan fungsi sistem informasi monitoring tumbuh kembang balita sebelum tahap implementasi dimulai, menggunakan pemodelan *Unified Modeling Language* (UML) untuk memvisualisasikan kebutuhan fungsional serta struktur sistem secara terstruktur [14].

a. Use Case Diagram

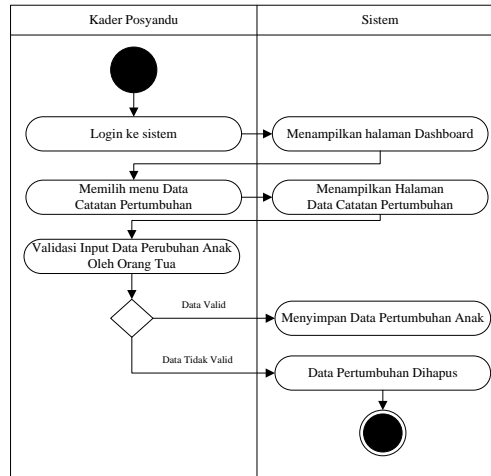
Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan fungsionalitas sistem melalui interaksi antara aktor dan sistem. Aktor dapat berupa pengguna atau sistem lain yang berperan dalam menjalankan aktivitas tertentu guna mencapai tujuan yang telah ditentukan [15]. Terdapat tiga aktor yang terlibat yaitu Admin, Kader Posyandu, dan Orang Tua, masing-masing dengan hak akses yang berbeda sesuai perannya dalam sistem. Dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Use Case Diagram

b. Activity Diagram

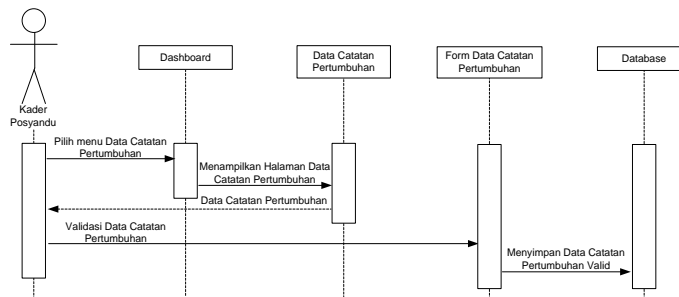
Activity Diagram dimanfaatkan untuk mempresentasikan urutan kegiatan atau alur aktivitas dalam suatu proses, termasuk yang berlangsung secara berurutan maupun paralel [16]. Diagram ini menggambarkan alur validasi catatan pertumbuhan yang dilakukan kader, dimulai dari menerima data catatan dari orang tua hingga memutuskan untuk memvalidasi atau menolak data tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Activity Diagram Kader Validasi Catatan Pertumbuhan

c. Sequence Diagram

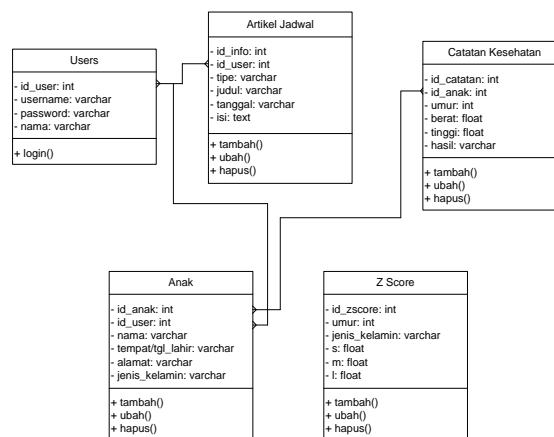
Sequence Diagram adalah diagram yang menggambarkan interaksi antar objek dengan menggambarkan aliran pesan yang dikirim antar objek disertai dengan urutan waktu pelaksanaannya [17]. Diagram ini menggambarkan interaksi antara Kader Posyandu, sistem, dan basis data dalam proses validasi catatan pertumbuhan balita secara berurutan. Dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sequence Diagram Validasi Catatan Pertumbuhan

d. Class Diagram

Class Diagram berfungsi untuk mempresentasikan struktur statis sistem yang mencakup kelas, atribut, metode, serta relasi antar kelas. Diagram ini membantu dalam memahami arsitektur sistem dan interaksi antar kelas dalam mendukung fungsi sistem secara terstruktur [18]. Diagram ini menggambarkan kelas-kelas utama dalam sistem meliputi kelas pengguna, data anak, catatan pertumbuhan, dan parameter Z-score, beserta relasi antar kelas tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 6.



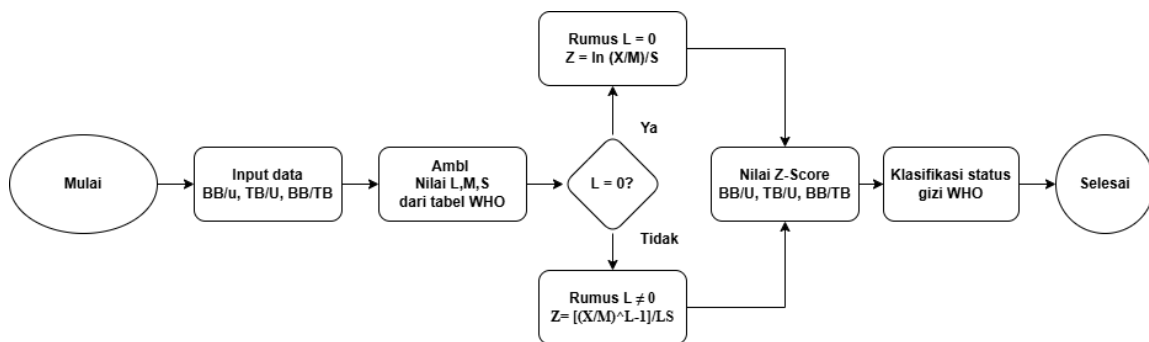
Gambar 6. Class Diagram

3.2 Implementasi Sistem dan Pengujian

3.2.1 Pemrograman

Tahap pemrograman dilaksanakan dengan merealisasikan rancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi berbasis *Android*. Sistem dikembangkan dengan mengintegrasikan basis data *Firestore* dan menerapkan *Z-score WHO* dengan metode *LMS* untuk menghitung status gizi balita secara otomatis. Perhitungan *Z-score* dilakukan berdasarkan data antropometri yang diinput oleh pengguna dengan mengacu pada parameter *L*, *M*, dan *S* yang tersimpan dalam basis data sistem sesuai umur dan jenis kelamin balita.

Alur kerja perhitungan *Z-score* oleh sistem digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 7. *Flowchart* tersebut menggambarkan proses perhitungan dari mulai *input* data balita hingga *output* status gizi, termasuk percabangan kondisi nilai $L = 0$ dan $L \neq 0$. Apabila nilai $L = 0$, sistem menggunakan rumus logaritma natural yaitu rumus (2.2), sedangkan apabila nilai $L \neq 0$, sistem menggunakan rumus transformasi *Box-Cox* yaitu rumus (2.1). Kedua kondisi tersebut menghasilkan nilai *Z-score* yang selanjutnya dicocokkan dengan tabel klasifikasi status gizi WHO untuk menghasilkan *output* berupa status gizi balita.



Gambar 7. Flowchart Perhitungan Z-Score WHO

Sebagai contoh penerapan *Z-score WHO* dalam sistem, berikut disajikan perhitungan menggunakan data balita dengan inisial *AZ*, berjenis kelamin laki-laki, berusia 10 bulan, dengan berat badan 9,3 kg dan tinggi badan 74 cm.

a. Perhitungan BB/U (Berat Badan menurut Umur)

Berdasarkan tabel referensi WHO untuk laki-laki usia 10 bulan, diperoleh parameter BB/U sebagai berikut :

$$L = 0,082, M = 9,1649, \text{ dan } S = 0,10891$$

Karena nilai $L \neq 0$, maka digunakan rumus (21) :

$$Z - \text{Score } BB/U = [(9,3/9,1649)^{0,082} - 1] / (0,082 \times 0,10891)$$

$$Z - \text{Score } BB/U = [((1,01474)^{0,082}) - 1] / (0,008931)$$

$$Z - \text{Score } BB/U = [(1,001199) - 1] / (0,008931)$$

$$Z - \text{Score } BB/U = 0,001199 / 0,008931$$

$$Z - \text{Score } BB/U = 0,13 \rightarrow \text{Normal}$$

b. Perhitungan TB/U (Tinggi Badan menurut Umur)

Berdasarkan tabel referensi WHO untuk laki-laki usia 10 bulan, diperoleh parameter TB/U sebagai berikut:

$$L = 1,0, M = 73,2812, \text{ dan } S = 0,03118$$

Karena nilai $L \neq 0$, maka digunakan rumus (2.1) :

$$Z - \text{score } TB/U = ((74/73,2812)^{1,0 - 1}) / (1,0 \times 0,03118)$$

$$Z - \text{score } TB/U = ((1,00981 - 1)) / 0,03118$$

$$Z - \text{score } TB/U = 0,00981 / 0,03118$$

$$Z - \text{score } TB/U = 0,31 \rightarrow \text{Normal}$$

c. Perhitungan BB/TB (Berat Badan menurut Tinggi Badan)

Berdasarkan tabel referensi WHO untuk laki-laki dengan tinggi badan 74 cm, diperoleh parameter BB/TB sebagai berikut: $L = -0,3521, M = 9,442, \text{ dan } S = 0,08292$.

Karena nilai $L \neq 0$, maka digunakan rumus (2.1) :

$$Z - \text{Score } BB/TB = [(9,3/9,442)^{-0,3521} - 1] / (-0,3521 \times 0,08292)$$

$$Z - \text{Score } BB/TB = [((0,984961)^{-0,351}) - 1] / (-0,029196)$$

$$Z - \text{Score } BB/TB = [(1,005349) - 1] / (0,029196)$$

$$Z - \text{Score } BB/TB = 0,005349 / (-0,029196)$$

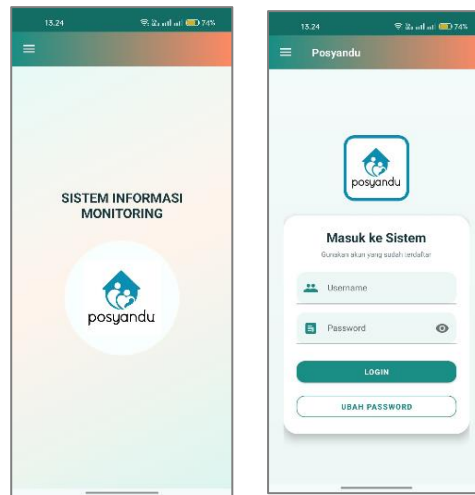
$$Z - \text{Score } BB/TB = -0,18 \rightarrow \text{Seimbang}$$

Hasil perhitungan Z-score secara manual tersebut sesuai dengan hasil yang ditampilkan oleh sistem yaitu BB/U: 0,13 dan TB/U: 0,31, sedangkan untuk indikator BB/TB sistem menampilkan klasifikasi "Seimbang" yang konsisten dengan hasil perhitungan manual Z-score BB/TB sebesar $-0,18$. Hal ini membuktikan bahwa Z-score WHO dengan metode LMS telah diimplementasikan dengan benar dalam sistem [10], [12], [13].

3.2.2 Tampilan Sistem

a. Tampilan *Splash Screen* dan *Halaman Login*

Gambar 8 menampilkan splash screen aplikasi Smart Growth yang muncul saat aplikasi pertama kali dijalankan, serta halaman login yang digunakan untuk membatasi akses pengguna ke dalam sistem. Pengguna diwajibkan memasukkan username dan password untuk dapat menggunakan fitur sesuai dengan hak akses yang dimilikinya.



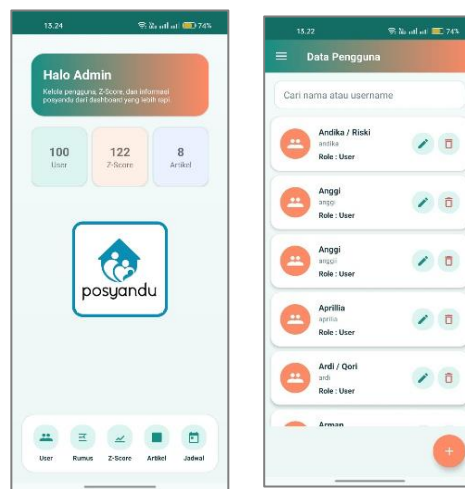
(a) *Splash Screen*

(b) *Login*

Gambar 8. Tampilan: (a) *Splash Screen* dan (b) *Halaman Login*

b. Tampilan *Halaman Admin* dan *Data Pengguna*

Gambar 9 menampilkan halaman *dashboard* Admin yang menampilkan ringkasan data sistem meliputi jumlah pengguna, data Z-score, rumus, dan artikel. Admin dapat mengelola data pengguna, parameter Z-score WHO, artikel kesehatan, dan jadwal posyandu melalui menu yang tersedia.



(a) *Admin*

(b) *Pengguna*

Gambar 9. Tampilan Halaman: (a) *Admin* dan (b) *Data Pengguna*

c. Tampilan *Data Z-Score*

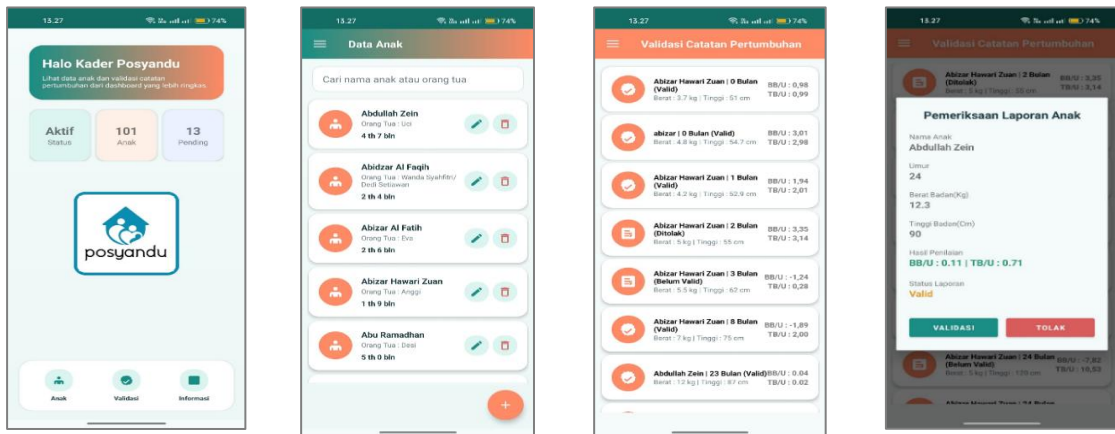
Gambar 10 menampilkan halaman pengelolaan data parameter Z-score WHO yang digunakan sebagai acuan perhitungan status gizi balita. Data ini meliputi nilai L, M, dan S yang dibedakan berdasarkan jenis kelamin dan umur balita dalam bulan.



Gambar 10. Tampilan Data Z-Score

d. Tampilan Halaman Kader dan Validasi Catatan Pertumbuhan

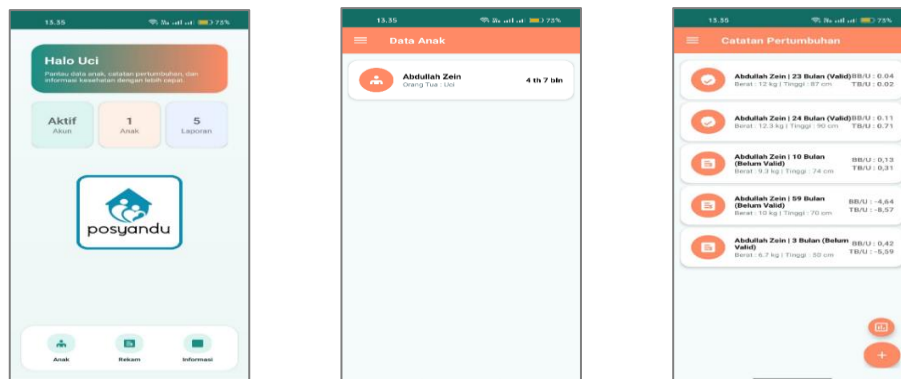
Gambar 11 menampilkan halaman *dashboard* Kader Posyandu yang menampilkan status aktif, jumlah anak, dan jumlah data yang menunggu validasi. Kader dapat mengelola data anak serta melakukan validasi terhadap catatan pertumbuhan yang diinput oleh orang tua. Proses validasi dilakukan dengan meninjau data antropometri beserta hasil perhitungan *Z-score* yang ditampilkan oleh sistem sebelum memutuskan untuk memvalidasi atau menolak data tersebut.



Gambar 11. Tampilan Halaman Kader dan Validasi Catatan Pertumbuhan

e. Tampilan Halaman Orang Tua

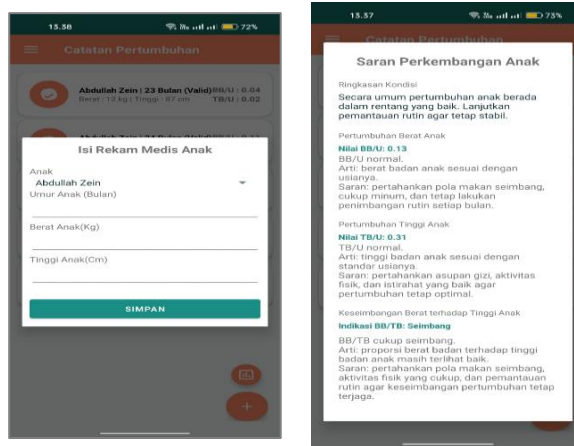
Gambar 12 menampilkan halaman *dashboard* Orang Tua yang menampilkan status akun, jumlah anak, dan jumlah laporan. Orang tua dapat menginput data pertumbuhan anak secara mandiri, melihat hasil perhitungan *Z-score* dan status gizi, serta mengakses grafik perkembangan berat dan tinggi badan anak.



Gambar 12. Tampilan Halaman Orang Tua

f. Tampilan Hasil Perhitungan Z-Score dan Saran

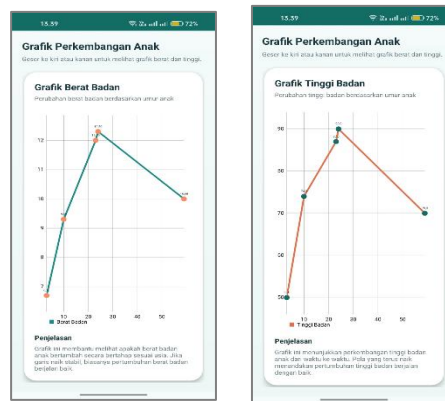
Gambar 13 menampilkan hasil perhitungan *Z-score* secara otomatis beserta saran perkembangan anak yang disesuaikan dengan hasil status gizi. Sistem menampilkan nilai BB/U, TB/U, interpretasi status gizi, serta rekomendasi yang dapat dipahami oleh orang tua.



Gambar 13. Tampilan Hasil Perhitungan Z-Score dan Saran

g. Tampilan Grafik Perkembangan Anak

Gambar 14 menampilkan grafik perkembangan berat dan tinggi badan anak berdasarkan riwayat catatan pertumbuhan yang telah tersimpan dalam sistem. Grafik ini membantu orang tua memantau tren pertumbuhan anak secara visual dari waktu ke waktu.



Gambar 14. Tampilan Grafik Perkembangan Anak

3.2.3 Pengujian

Pengujian menggunakan metode Black Box Testing terhadap fungsi-fungsi utama sistem seperti pengelolaan data balita, pencatatan pengukuran, serta perhitungan status gizi balita [19]. Pengujian dilakukan terhadap 13 skenario fungsi utama sistem yang melibatkan ketiga aktor yaitu Admin, Kader Posyandu, dan Orang Tua dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian *Black Box Testing*

No	Fungsi yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Login	Input <i>username</i> dan <i>password</i> benar	Masuk ke halaman <i>dashboard</i> sesuai peran	Berhasil	Valid
2	Login	Input <i>username</i> atau <i>password</i> salah	Menampilkan pesan kesalahan	Berhasil	Valid
3	Kelola data pengguna	Admin menambah pengguna baru	Data pengguna tersimpan di sistem	Berhasil	Valid
4	Kelola data pengguna	Admin menghapus pengguna	Data pengguna terhapus dari sistem	Berhasil	Valid
5	Kelola data <i>Z-score</i>	Admin menambah parameter L, M, S	Data <i>Z-score</i> tersimpan di sistem	Berhasil	Valid

6	Kelola artikel	Admin menambah artikel kesehatan	Artikel tampil di halaman informasi	Berhasil	Valid
7	Kelola jadwal	Admin menambah jadwal posyandu	Jadwal tampil di halaman informasi	Berhasil	Valid
8	Kelola data anak	Kader menambah data anak baru	Data anak tersimpan di sistem	Berhasil	Valid
9	Validasi catatan pertumbuhan	Kader memvalidasi catatan pertumbuhan	Status catatan berubah menjadi valid	Berhasil	Valid
10	Validasi catatan pertumbuhan	Kader menolak catatan pertumbuhan	Status catatan berubah menjadi ditolak	Berhasil	Valid
11	Input catatan pertumbuhan	Orang tua menginput data BB dan TB	Sistem menghitung Z-score otomatis	Berhasil	Valid
12	Lihat hasil Z-score	Orang tua melihat hasil status gizi	Sistem menampilkan hasil dan saran	Berhasil	Valid
13	Lihat grafik perkembangan	Orang tua melihat grafik BB dan TB	Grafik ditampilkan sesuai riwayat data	Berhasil	Valid

Tingkat keberhasilan pengujian dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Test Case Pass} = \left(\frac{\text{Test Case Pass}}{\text{Total Test Case}} \right) \times 100\%$$

Tabel 6. Persentase Keberhasilan Pengujian

Typo User	Test Case	Total Test Case	Rumus Perhitungan	Hasil
Admin	7	$7 \times 1 = 7$	$\left(\frac{7}{7}\right) \times 100\%$	100%
Kader	3	$3 \times 1 = 3$	$\left(\frac{3}{3}\right) \times 100\%$	100%
Orang Tua	3	$3 \times 1 = 3$	$\left(\frac{3}{3}\right) \times 100\%$	100%

Berdasarkan hasil pengujian *Black Box Testing* pada Tabel 5 dan Tabel 6, seluruh fungsi utama sistem yang melibatkan Admin, Kader Posyandu, dan Orang Tua berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh aktor pengguna, yang membuktikan bahwa sistem telah tervalidasi dan mampu menjalankan fungsinya dengan baik sesuai peran masing-masing pengguna

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem informasi monitoring tumbuh kembang balita *Smart Growth* mampu menghitung status gizi secara otomatis menggunakan metode *Z-score* WHO dengan metode LMS. Hasil perhitungan yang dihasilkan sistem terbukti sesuai dengan perhitungan manual, sebagaimana ditunjukkan pada contoh perhitungan data balita inisial AZ yang menghasilkan nilai BB/U: 0,13 dan TB/U: 0,31, serta BB/TB: -0,18 dengan klasifikasi Seimbang, berdasarkan standar WHO. [10].

Sistem menggunakan tiga indikator antropometri secara bersamaan yaitu BB/U, TB/U, dan BB/TB untuk memberikan gambaran status gizi yang lebih komprehensif. BB/U digunakan untuk mendeteksi kondisi gizi secara umum, TB/U untuk mengidentifikasi indikasi *stunting*, sedangkan BB/TB untuk mendeteksi *wasting* atau obesitas [8]. Pendekatan ini lebih unggul dibandingkan metode manual yang sering hanya mengacu pada satu indikator saja karena keterbatasan waktu dan pemahaman kader.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sistem yang dikembangkan memiliki beberapa keunggulan. Berbeda dengan sistem *e-Posyandu* yang dikembangkan oleh Fauzi (2024) dan Nurlita (2023) yang masih terbatas pada fungsi pencatatan [3], [4], sistem ini telah dilengkapi dengan fitur perhitungan status gizi otomatis menggunakan metode LMS. Dibandingkan dengan Pramarta (2022) yang mengembangkan sistem informasi pencatatan gizi balita di posyandu menggunakan metode Forward Chaining dan belum mengadopsi standar Z-Score WHO dengan metode LMS [5], sistem ini menggunakan algoritma *Z-score* WHO yang terstandarisasi secara internasional sehingga hasil penilaian status gizi lebih objektif. Dibandingkan dengan Artika (2023) yang hanya berfokus pada penggunaan oleh ibu [6], sistem ini melibatkan tiga aktor yaitu Admin, Kader Posyandu, dan Orang Tua dengan peran yang berbeda sehingga proses validasi data dapat berjalan lebih terstruktur. Sementara dibandingkan dengan Huda dan Wulandari (2025) yang belum mendukung validasi oleh kader [7], sistem ini menyediakan fitur validasi catatan pertumbuhan oleh kader sebagai data resmi hasil pengukuran posyandu.

Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur KMS digital yang menampilkan grafik perkembangan berat dan tinggi badan anak dari waktu ke waktu. Grafik ini membantu orang tua memantau tren pertumbuhan anak secara berkelanjutan, sehingga deteksi dini masalah pertumbuhan dapat dilakukan tanpa harus menunggu jadwal posyandu.

Dari sisi teknis, penerapan metode LMS dalam perhitungan *Z-score* terbukti memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode *Z-score* sederhana, khususnya pada distribusi data yang tidak normal [12], [13]. Hal ini sesuai dengan pernyataan Cole dan Green (1992) bahwa metode LMS mampu menormalkan distribusi data antropometri anak yang cenderung *skewed* sehingga menghasilkan nilai *Z-score* yang lebih representatif. Namun demikian, ketepatan hasil tetap bergantung pada akurasi data yang diinput pengguna, sehingga sistem ini lebih tepat diposisikan sebagai alat bantu pendukung dalam pemantauan status gizi, bukan sebagai satu-satunya dasar penilaian klinis.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem informasi monitoring tumbuh kembang balita berbasis *mobile* yang mengintegrasikan metode *Z-score* WHO yang mampu menjawab permasalahan di Puskesmas Mulyorejo, khususnya terkait pencatatan data yang belum terintegrasi serta proses perhitungan status gizi yang masih dilakukan secara manual. Sistem yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan proses *input* data antropometri, perhitungan *Z-score* berdasarkan standar WHO menggunakan metode LMS (*Lambda-Mu-Sigma*), serta penyajian hasil dalam bentuk kategori status gizi dan grafik pertumbuhan yang mudah dipahami oleh pengguna. Dengan adanya sistem ini, proses pemantauan pertumbuhan balita menjadi lebih efisien, akurat, dan dapat dilakukan secara berkelanjutan baik oleh kader maupun orang tua. Sistem juga mendukung penyimpanan data secara terstruktur sehingga riwayat pertumbuhan anak dapat diakses kembali tanpa risiko kehilangan data seperti pada pencatatan manual. Hasil pengujian menggunakan metode Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem mampu berjalan sesuai kebutuhan dan menghasilkan nilai *Z-score* yang sesuai dengan standar WHO dengan tingkat keberhasilan pengujian 100%. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan dimana keakuratan hasil sangat bergantung pada ketepatan data yang dimasukkan oleh pengguna, serta sistem belum mempertimbangkan faktor eksternal yang juga mempengaruhi pertumbuhan anak seperti pola asupan gizi dan kondisi kesehatan. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya diharapkan dapat mengintegrasikan faktor tambahan seperti riwayat penyakit, pola asupan gizi harian, dan kondisi sosial ekonomi keluarga, serta meningkatkan fitur analisis prediktif.

REFERENCES

- [1] Kementerian Kesehatan RI, "Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, 'Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 Dalam Angka,'" 2025, [Online]. Available: <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/survei-status-gizi-indonesia-ssgi-2024/>
- [2] A. Muntafiah, O. P. Sari, N. S. Inayati, and Q. Santosa, "Empowerment of Posyandu Cadres in Early Detection of Child Growth Problems: Optimization of KIA Books," vol. 7, no. 1, pp. 30–34, 2021, [Online]. Available: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/91338486/30939-libre.pdf>
- [3] A. Fauzi, B. Al Amin, D. S. Perbawa, and G. S. Nurohim, "Penerapan Sistem Informasi E-Posyandu dalam Pengawasan Pertumbuhan Gizi Anak di Posyandu Kelurahan Mojosoong Surakarta Application of the E-Posyandu Information System in Monitoring Growth Child Nutrition at Posyandu, Mojosoong Village, Surakarta," no. 4, 2024, doi: 10.62383/bersama.v1i4.690.
- [4] L. D. Nurlita, G. F. Khusnaeli, R. Y. Sinaga, A. Zahra, and S. Khomsah, "Transformasi Digital Pengelolaan Data Kesehatan Masyarakat Melalui Penerapan E-Posyandu di Desa Grujung Kecamatan Petanahan Kabupaten Kebumen," vol. 8, no. 1, pp. 53–60, 2023, doi: 10.25047/j-dinamika.v8i1.3590.
- [5] P. Pramarta and Y. I. Syuhardi, "Penerapan Metode Forward Chaining Pada Sistem Informasi Pencatatan Gizi Balita Pada Posyandu Sutra 1," *J. Widya*, vol. 3, no. 2, pp. 211–221, 2022.
- [6] D. N. Artika, M. C. Anwar, and T. Susilowati, "Monitoring the Growth and Development of Toddlers Aged 1-24 Month Using the Android-Based Bigmom Application," vol. 11, no. 1, pp. 27–33, 2023, doi: 10.61096/ijamsr.v11.iss1.2023.27-33.
- [7] I. G. Huda *et al.*, "Pengembangan Aplikasi Mobile Berbasis *Z-score* untuk Deteksi Dini dan Pemantauan Status Gizi Balita Menggunakan Standar Antropometri TIN: Terapan Informatika Nusantara," vol. 6, no. 6, pp. 610–621, 2025, doi: 10.47065/tin.v6i6.8553.
- [8] Kementerian Kesehatan RI, "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 2 TAHUN 2020 TENTANG STANDAR ANTROPOMETRI ANAK," 2020, no. 3, pp. 1–78, 2020.
- [9] M. Zen, C. Rizal, and M. Eka, "Perancangan Sistem Informasi Desa Tomuan Holbung Menggunakan Metode Waterfall," vol. 9, no. 2, pp. 274–280, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i2.3986.
- [10] World Health Organization, *WHO child growth standards: Methods and development*. Oxford University Press, 2006. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/924154693X>
- [11] M. de Onis, "Child growth and development," in *Nutrition and health in a developing world*, Springer, 2017, pp. 119–141. doi: 10.1007/978-3-319-43739-2_6.
- [12] T. J. Cole and P. J. Green, "Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood," *Stat. Med.*, vol. 11, no. 10, pp. 1305–1319, 1992, doi: 10.1002/sim.4780111005.
- [13] D. A. Wasesha, P. Studi, T. Informasi, F. Teknik, and O. Analisis, "PENGEMBANGAN SISTEM PENILAIAN STATUS GIZI BALITA BERBASIS WEB MENGGUNAKAN METODE LMS DAN STANDAR *Z-SCORE* WHO Pendahuluan Tinjauan Pustaka," vol. 17, no. 1, pp. 266–275, 2026, doi: 10.31602/tji.v17i1.21587.
- [14] H. Koc, A. M. Erdoğan, Y. Barjakly, and S. Peker, "UML diagrams in software engineering research: a systematic



- literature review,” in *Proceedings*, MDPI, 2021, p. 13. doi: 10.3390/proceedings2021074013.
- [15] H. Sitompul, Z. Matondang, E. Daryanto, and F. Syahputra, “Use Case Diagram Design For Information System Services To Students At The Faculty Of Engineering Universitas Negeri Medan,” 2023, doi: 10.4108/eai.24-10-2023.2342345.
- [16] M. R. Wayahdi and F. Ruziq, “Pemodelan Sistem Penerimaan Anggota Baru dengan Unified Modeling Language (UML) (Studi Kasus : Programmer Association of Battuta),” vol. 12, pp. 1514–1521, 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i1.12870.
- [17] W. K. Dwi Tresnawati, Riyanto, “Rancang bangun sistem informasi pelayanan administrasi publik berbasis web di desa grobog wetan,” vol. 9, no. 4, pp. 6949–6956, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/14334>
- [18] S. W. Ramdany, S. A. Kaidar, B. Aguchino, C. Amelia, and A. Putri, “Penerapan UML Class Diagram dalam Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web,” vol. 5, no. 1, 2024, doi: 10.31599/2e9afp31.
- [19] M. Zen and M. D. P. Ananda, “BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH Implementasi dan Pengujian Menggunakan Metode BlackBox Testing Pada Sistem Informasi Tracer Study,” vol. 4, no. 4, pp. 327–340, 2024, doi: 10.47065/bulletincsr.v4i4.359.