

Penerapan *Finite State Machine* pada Gamifikasi Edukasi Literasi Gizi Berbasis Android

Implementation of Finite State Machine in Android-Based Gamification for Nutrition Literacy Education

Faisal Triaputra¹, Asep Budiman Kusdinar², Agung Pambudi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Sukabumi, Indonesia

E-mail : faisalt042@ummi.ac.id¹, abkus017@ummi.ac.id², agungpambd@ummi.ac.id³

*Corresponding author

Received 27 June 2026; Revised 10 July 2026; Accepted 30 July 2026

Abstrak - Pencapaian tujuan Program Makan Bergizi Gratis (MBG) menuntut pemahaman siswa terhadap nutrisi makanan yang mereka konsumsi. Proses edukasi yang monoton sering kali menjadi kendala dalam meningkatkan literasi gizi siswa sekolah dasar. Penelitian ini membangun media gamifikasi literasi gizi berbasis Android bernama NutriVo dengan memanfaatkan algoritma *Finite State Machine* (FSM) dan pendekatan *Game Development Life Cycle* (GDLC). Aplikasi ini menghadirkan dua minigame edukasi, yaitu *Nutri Dash* dan *Quiz Battle*, serta fitur peningkatan level karakter yang mengonversi data nutrisi MBG. Konversi ini mengubah protein menjadi *Health Point*, karbohidrat beserta energi menjadi *Power*, dan serat menjadi *Stamina*. Tiga diagram *state* FSM mengatur alur logika *minigame* dan peningkatan karakter secara deterministik. Pengujian *User Acceptance Testing* (UAT) pada 17 siswa kelas 5 SDN Cisuda menghasilkan predikat Sangat Baik untuk fungsionalitas dan kemudahan penggunaan. Pengujian *pre-test* dan *post-test* menunjukkan peningkatan nilai rata-rata dari 40,00 menjadi 88,24, dengan rerata *N-Gain Score* 0,81 berkategori Tinggi. Hasil ini membuktikan peran NutriVo dalam mendorong peningkatan literasi gizi siswa penerima Program Makan Bergizi Gratis.

Kata Kunci - Gamifikasi, Literasi Gizi, NutriVo, *Finite State Machine*, Program Makan Bergizi Gratis

Abstract - The success of the Makan Bergizi Gratis (MBG) Program requires students to understand the nutritional content of their food. Monotonous educational methods often hinder nutrition literacy among elementary school students. This study developed NutriVo, an Android-based nutrition literacy gamification application, using the *Finite State Machine* (FSM) algorithm and the *Game Development Life Cycle* (GDLC) method. NutriVo features two educational minigames, *Nutri Dash* and *Quiz Battle*, along with a character leveling system based on MBG menu nutrition data. This system converts protein into *Health Points*, carbohydrates and energy into *Power*, and fiber into *Stamina*. Three FSM state diagrams manage the minigame logic and character upgrades deterministically. User Acceptance Testing (UAT) with 17 fifth-grade students at SDN Cisuda yielded Very Good results for system functionality and ease of use. Pre-test and post-test evaluations recorded an increase in the average score from 40.00 to 88.24, with an average High-category *N-Gain Score* of 0.81. The NutriVo application proves effective in improving the nutrition literacy of students receiving the Makan Bergizi Gratis Program.

Keywords - Gamification, Nutrition Literacy, NutriVo, *Finite State Machine*, MBG

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Republik Indonesia meluncurkan Program Makan Bergizi Gratis (MBG) sebagai langkah strategis untuk menyalurkan asupan nutrisi kepada peserta didik [1]. Program ini bertujuan utama untuk mencukupi gizi siswa, menekan angka stunting, dan meningkatkan prestasi

akademik [2]. Aspek penyediaan makanan semata tidak menjamin capaian program ini. Faktor penentu utama terletak pada cara siswa menerima dan memahami konsumsi nutrisi mereka. Pihak sekolah harus membangun ekosistem edukasi gizi yang kokoh sebagai dasar pelaksanaan agar kebijakan pemerintah berjalan secara efektif dan berkesinambungan.

Kurangnya literasi gizi siswa menghambat pelaksanaan program di lapangan. Masalah ini memicu kekeliruan pola makan, seperti mengabaikan serat dan memilih makanan siap saji [3]. Metode pembelajaran konvensional memperburuk kondisi tersebut karena gagal mempertahankan minat belajar siswa akibat interaktivitas yang terbatas dan penggunaan media visual statis yang kurang mampu mendorong partisipasi aktif [4]. Alur penyampaian materi yang monoton akhirnya memicu kejenuhan kognitif dan menghambat pemahaman terhadap konsep nutrisi serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Penyelesaian masalah tersebut memerlukan integrasi teknologi yang mampu mengatasi kesenjangan informasi secara adaptif. Perkembangan teknologi informasi disertai masifnya pemanfaatan gawai membuka peluang krusial di sektor pendidikan, yang memungkinkan optimalisasi telepon seluler siswa sebagai instrumen pembelajaran [5]. Dari berbagai alternatif digital yang tersedia, pendekatan gamifikasi dinilai sebagai solusi paling unggul karena mampu mentransformasikan proses pembelajaran pasif menjadi pengalaman yang imersif dan interaktif [6].

Studi terdahulu memiliki beberapa keterbatasan. Aplikasi Android hibrida [7] hanya menyajikan informasi secara pasif tanpa elemen interaktif. Gim kuis edukasi gizi [8] juga kurang optimal mensimulasikan perilaku berkelanjutan karena menggunakan logika pemrograman yang sederhana. Penelitian ini mengembangkan gim kuis dengan penerapan algoritma *Finite State Machine* (FSM). Algoritma FSM menggerakkan fitur peningkatan karakter berdasarkan tingkat pemahaman siswa. Fitur tersebut mengubah format kuis konvensional menjadi media pembelajaran yang jauh lebih dinamis.

Celah tersebut menjadi dasar kebaruan penelitian ini, yaitu sistem gamifikasi responsif berbasis konversi data nutrisi riil Program MBG. Data lima komponen gizi pada menu MBG yang benar-benar diterima siswa (energi, protein, lemak, karbohidrat, dan serat) dikonversi secara langsung menjadi atribut permainan berupa *Health Point*, *Power*, dan *Stamina*, sehingga materi gizi yang abstrak menjadi konkret dan dapat dialami siswa melalui progres karakter yang mereka mainkan. Algoritma *Finite State Machine* (FSM) dalam penelitian ini berperan sebagai "mesin" penggerak yang mengelola transisi status permainan secara deterministik, efisien, dan mudah di-debug [9], namun inovasi utamanya tetap terletak pada sistem konversi nutrisi tersebut, bukan pada penggunaan FSM itu sendiri. Penelitian ini mengembangkan gim kuis dengan penerapan algoritma FSM sebagai penggerak fitur peningkatan karakter berdasarkan tingkat pemahaman siswa, mengubah format kuis konvensional menjadi media pembelajaran yang jauh lebih dinamis.

Mengacu pada urgensi dan analisis masalah tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi Android berbasis sistem gamifikasi adaptif dengan konversi data nutrisi riil Program MBG, yang digerakkan oleh algoritma FSM, untuk menyampaikan materi gizi seimbang secara adaptif kepada siswa penerima Program MBG.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan kerangka kerja *Game Development Life Cycle* (GDLC) untuk mengembangkan sistem. GDLC memberikan pendekatan sistematis yang membuat setiap tahapan pembuatan gim berjalan teratur dan efisien [10]. Proses pengembangan ini melewati fase *Initiation*, *Pre-Production*, *Production*, *Testing*, *Beta*, dan *Release* [11].

2.1. Inisiasi (*Initiation*)

Tahap inisiasi bertujuan menetapkan fondasi konsep dan spesifikasi teknis aplikasi. Kegiatan meliputi penentuan tujuan aplikasi, analisis target pengguna, penentuan genre

permainan sebagai *educational casual game*, serta konseptualisasi logika gamifikasi yang mengintegrasikan edukasi gizi ke dalam sistem permainan.

Mekanika inti permainan mengintegrasikan edukasi gizi dan manajemen karakter melalui alur permainan siklik. Pemain menyelesaikan minigame untuk memperoleh item makanan dari menu MBG sebagai sumber peningkatan atribut karakter. Data menu riil MBG menjadi basis perancangan sistem. Lima komponen gizi utama, yaitu energi, protein, lemak, karbohidrat, dan serat, dikonversikan menjadi atribut karakter sebagai berikut:

a. *Health Point (HP)*

Health Point dihitung berdasarkan kombinasi kandungan protein dan serat, merepresentasikan peran biologis protein sebagai zat pembangun sel dan serat sebagai pendukung metabolisme.

b. *Power (Kekuatan)*

Power dihitung dari kombinasi kandungan protein dan karbohidrat, memengaruhi besarnya damage serangan pada *minigame Quiz Battle*.

c. *Stamina*

Stamina dihitung dari kombinasi kandungan lemak, karbohidrat, dan energi, berfungsi sebagai sumber daya untuk mengaktifkan fitur *headstart* pada *Nutri Dash*.

Spesifikasi minimum perangkat yang diperlukan untuk menjalankan NutriVo disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Minimum Perangkat

No.	Komponen	Spesifikasi Minimum
1	Sistem Operasi	Android 10.0 (Q)
2	RAM	4 GB
3	Resolusi Layar	1280 × 720 px
4	Ruang Penyimpanan	100 MB
5	Koneksi Internet	Tidak diperlukan (<i>offline</i>)

2.2. Pra-Produksi (Pre-Production)

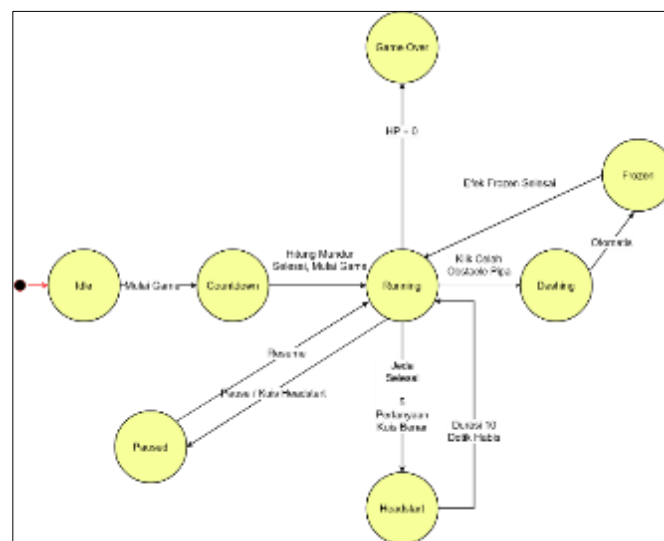
Tahap pra-produksi berfokus pada dokumen perancangan dan model logika permainan yang berfungsi sebagai cetak biru pengembangan. Luaran utama tahap ini mencakup *storyboard* yang menggambarkan alur permainan, tiga diagram FSM (FSM *Nutri Dash*, FSM *Quiz Battle*, dan FSM *Upgrade Karakter*), serta aset visual dan mekanika permainan yang dirancang dengan gaya seni *2D Pixel Art* untuk menjaga efisiensi memori pada perangkat Android berspesifikasi terbatas.

Storyboard dirancang per fitur untuk menggambarkan alur interaksi pemain secara bertahap: (a) *Lobby* sebagai layar utama karakter, (b) pemilihan *minigame*, (c) alur *minigame Nutri Dash*, (d) alur *minigame Quiz Battle*, (e) tampilan hasil *minigame*, dan (f) alur *upgrade* atribut karakter melalui konsumsi *item* makanan, sebagaimana disajikan pada Gambar 1.

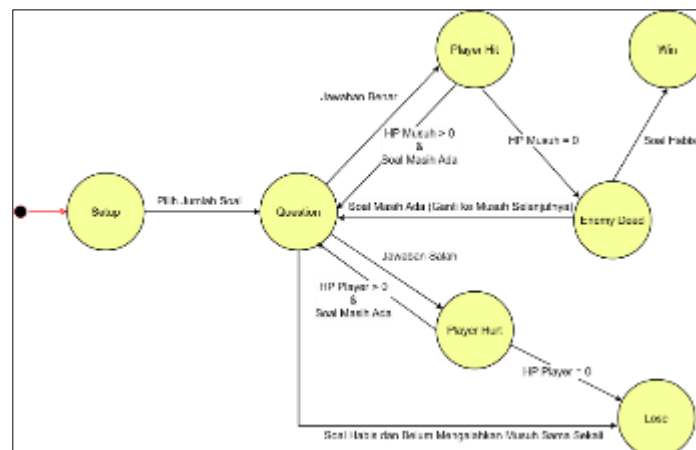


Gambar 1 Rancangan *Storyboard* Gamifikasi

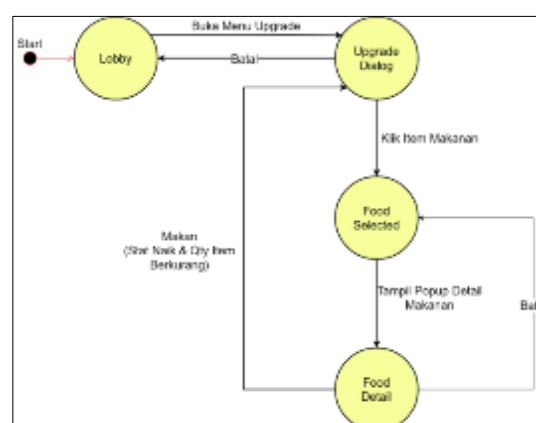
Diagram FSM *Nutri Dash* disajikan pada Gambar 2, diagram FSM *Quiz Battle* pada Gambar 3, dan diagram FSM *Upgrade Karakter* pada Gambar 4.



Gambar 2 Diagram FSM *Minigame Nutri Dash*



Gambar 2 Diagram FSM *Minigame Quiz Battle*



Gambar 3 Diagram FSM *Upgrade Karakter*

Daftar kebutuhan aset yang diperlukan selama pengembangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Aset-Aset yang Diperlukan

Kategori	Nama Aset	Deskripsi
Karakter	Karakter laki-laki	Karakter utama yang bisa dipilih pemain.
	Karakter perempuan	
	Karakter musuh	Karakter lawan dalam <i>minigame Quiz Battle</i> .
Ikon & UI	Ikon Aplikasi	Ikon yang ditampilkan pada layar perangkat.
	Ikon Ganti Karakter	Tombol untuk mengganti gender karakter pemain.
	Ikon Menu <i>Upgrade</i>	Tombol untuk mengakses fitur peningkatan atribut.
	Tombol Navigasi	Tombol kontrol navigasi antar layar
	Ikon <i>Minigame 1</i>	Ikon akses <i>Nutri Dash</i> .
	Ikon <i>Minigame 2</i>	Ikon akses <i>Quiz Battle</i> .
<i>Item</i>	Makanan menu MBG	Kumpulan aset makanan bergizi gratis (seperti nasi, lauk, buah).
Rintangan	Pipa Vertikal	Pasangan pipa atas dan bawah dengan celah terbatas sebagai rintangan utama <i>Nutri Dash</i> .
	Rintangan Lainnya	Objek rintangan tambahan yang tersebar di jalur <i>Nutri Dash</i> .
Latar Belakang	<i>Background Menu</i>	Tampilan visual utama pada layar awal aplikasi.
	<i>Background Map Minigame</i>	Area visual lingkungan tempat permainan mini berlangsung.

2.3. Produksi (Production)

Tahap produksi merealisasikan seluruh rancangan pra-produksi ke dalam aplikasi gamifikasi berbasis Android menggunakan bahasa pemrograman Kotlin pada Android Studio IDE dengan arsitektur MVVM (*Model-View-ViewModel*). Antarmuka pengguna dibangun menggunakan Jetpack Compose, *framework* UI deklaratif resmi Android.

Algoritma FSM diimplementasikan menggunakan *sealed class* dan *enum class* pada Kotlin untuk mendefinisikan setiap *state*, serta *StateFlow* dari pustaka Kotlin Coroutines untuk mengelola perubahan *state* secara reaktif. Pendekatan ini memastikan setiap transisi *state* terjadi secara deterministik dan dapat dipantau secara *real-time* oleh antarmuka pengguna.

Transisi *state* diimplementasikan melalui blok *when* (padanan *switch-case* pada Kotlin) yang mengevaluasi *state* aktif beserta *event* pemicu, kemudian mengembalikan *state* tujuan berikutnya. Cuplikan pseudocode berikut mengilustrasikan transisi *state* pada FSM *Nutri Dash*:

```

fun transisiDashPhase(stateSaatIni: DashPhase, event: GameEvent): DashPhase {
    return when (stateSaatIni) {
        is DashPhase.Idle -> if (event is GameEvent.TombolMulaiDitekan)
            DashPhase.Countdown else stateSaatIni
        is DashPhase.Countdown -> if (event is GameEvent.HitungMundurSelesai)
            DashPhase.Running else stateSaatIni
        is DashPhase.Running -> when {
            event is GameEvent.HpMencapaiNol -> DashPhase.GameOver
            event is GameEvent.TombolJedaDitekan -> DashPhase.Paused
            else -> stateSaatIni
        }
        is DashPhase.Paused -> if (event is GameEvent.TombolLanjutkanDitekan)
            DashPhase.Running else stateSaatIni
        is DashPhase.GameOver -> stateSaatIni
    }
}

```

Fungsi tersebut dipanggil setiap kali *StateFlow* menerima *event* baru, sehingga perubahan *state* langsung dipropagasikan ke antarmuka Jetpack Compose tanpa memerlukan pengecekan kondisi manual berulang pada tiap layar permainan.

FSM *Nutri Dash* menggunakan struktur dua lapisan *state*. Lapisan pertama mengendalikan fase permainan utama melalui komponen *DashPhase*, sedangkan lapisan kedua mengendalikan mekanisme *dash-through* secara independen menggunakan *DashThroughState*. Definisi lengkap *state* dan transisi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 *State* Fase *Nutri Dash*

<i>State</i>	Kondisi Sistem	<i>Event</i> Pemicu Transisi	<i>State</i> Tujuan
<i>IDLE</i>	Layar awal, karakter diam.	Pemain menekan tombol mulai.	<i>COUNTDOWN</i>
<i>COUNTDOWN</i>	Hitung mundur 3-1 ditampilkan.	Hitung mundur selesai.	<i>RUNNING</i>
<i>RUNNING</i>	<i>Game loop</i> aktif, fisika gravitasi dan deteksi tabrakan berjalan penuh.	Pemain menekan tombol jeda.	<i>PAUSED</i>

<i>State</i>	<i>Kondisi Sistem</i>	<i>Event Pemicu Transisi</i>	<i>State Tujuan</i>
<i>RUNNING</i>	<i>Game loop</i> aktif, stamina ≥ 50 dan tidak ada <i>dash</i> aktif.	Pemain menekan tombol <i>boost</i> .	<i>PAUSED</i> + kuis aktif
<i>RUNNING</i>	<i>Game loop</i> aktif.	HP karakter mencapai nol.	<i>GAME OVER</i>
<i>PAUSED</i>	Pergerakan latar membeku, kuis tidak aktif.	Pemain menekan tombol lanjutkan.	<i>RUNNING</i>
<i>PAUSED</i> + kuis aktif	Layar kuis ditampilkan di atas permainan yang membeku.	Kelima jawaban benar semua.	<i>RUNNING</i> + <i>booster</i> aktif
<i>PAUSED</i> + kuis aktif	Layar kuis ditampilkan.	Salah satu jawaban salah atau kuis dibatalkan.	<i>RUNNING</i> (Tanpa <i>booster</i>)
<i>GAME_OVER</i>	Layar hasil akhir, statistik dan perolehan <i>item</i> ditampilkan.	–	<i>State terminal</i>

Jenis rintangan yang terdapat dalam *Nutri Dash* beserta nilai kerusakannya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Jenis Rintangan dan Nilai Kerusakan

Jenis rintangan	Pola gerak	Keterangan	Kerusakan (HP)
Rintangan statis	Lurus horizontal	Bergerak mengikuti kecepatan dunia.	14 per tabrakan
Rintangan sinus	Gelombang melengkung	Bergerak horizontal sambil berosilasi vertikal.	14 per tabrakan
Rintangan proyektil	Vertikal lalu horizontal	Masuk dari tepi layar, berhenti di tengah, lalu bergerak horizontal.	14–18 per tabrakan
Pipa	Lurus horizontal	Muncul 1–3 sekaligus, menimbulkan efek knockback saat tertabrak.	20 + <i>knockback</i>
Laser horizontal	Diam	Muncul tiap 100 m, peringatan kedip 1,5 detik, aktif 4 detik.	3 per iterasi

FSM *Quiz Battle* menggunakan tujuh *state* yang merepresentasikan kondisi permainan secara menyeluruh: *SETUP*, *QUESTION*, *PLAYER_HIT*, *PLAYER_HURT*, *ENEMY_DEAD*, *WIN*, dan *LOSE*. Seluruh transisi dipicu oleh satu titik interaksi, yaitu pemilihan jawaban oleh pemain, sehingga alur permainan berlangsung secara deterministik dan terkendali. Tabel *state* dan transisi lengkap disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 *State* dan Transisi *Quiz Battle*

<i>State</i>	<i>Kondisi</i>	<i>Pemicu Transisi</i>	<i>State Tujuan</i>
<i>SETUP</i>	Layar pemilihan jumlah soal.	Pemain mengonfirmasi jumlah soal.	<i>QUESTION</i>
<i>QUESTION</i>	Soal ditampilkan, menunggu jawaban.	Pemain memilih jawaban benar.	<i>PLAYER_HIT</i>
<i>QUESTION</i>	Soal ditampilkan, menunggu jawaban.	Pemain memilih jawaban salah.	<i>PLAYER_HURT</i>
<i>PLAYER_HIT</i>	Animasi serangan pemain, HP musuh berkurang.	Animasi selesai, HP musuh > 0.	<i>QUESTION</i> (soal berikutnya)
<i>PLAYER_HIT</i>	Animasi serangan pemain, HP musuh berkurang.	Animasi selesai, HP musuh = 0.	<i>ENEMY_DEAD</i>
<i>ENEMY_DEAD</i>	Animasi musuh kalah, item drop diberikan.	Soal masih tersisa.	<i>QUESTION</i> (musuh baru)

<i>State</i>	Kondisi	Pemicu Transisi	<i>State Tujuan</i>
<i>ENEMY_DEAD</i>	Animasi musuh kalah, item drop diberikan.	Seluruh soal habis.	<i>WIN</i>
<i>PLAYER_HURT</i>	Animasi serangan musuh, HP pemain berkurang.	Animasi selesai, HP pemain > 0.	<i>QUESTION</i> (soal berikutnya)
<i>PLAYER_HURT</i>	Animasi serangan musuh, HP pemain berkurang.	HP pemain = 0.	<i>LOSE</i>
<i>QUESTION</i>	Soal terakhir dijawab, musuh belum mati.	Seluruh soal habis, ≥ 1 musuh dikalahkan.	<i>WIN</i>
<i>QUESTION</i>	Soal terakhir dijawab, musuh belum mati.	Seluruh soal habis, 0 musuh dikalahkan.	<i>LOSE</i>
<i>WIN / LOSE</i>	Layar hasil akhir ditampilkan.	—	<i>State terminal</i>

Data musuh yang tersedia dalam *Quiz Battle* beserta karakteristiknya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Data Musuh

Nama musuh	HP	Serangan	Pertahanan	Karakteristik
Raksasa Gula	40	8	1	HP rendah, mudah dikalahkan, serangan lemah.
Ayam Berapi	70	12	4	HP dan serangan pada tingkat menengah.
Penyihir Garam	55	15	3	Serangan tinggi relatif terhadap HP.
Goblin Pengawet	90	10	6	HP dan pertahanan tertinggi, paling sulit dikalahkan.
Bara Radang	65	18	5	Serangan tertinggi, ancaman utama bagi pemain.
Monster Junk Food	80	14	7	HP tinggi, pertahanan tertinggi, serangan menengah.

FSM *Upgrade Karakter* mengatur alur interaksi pemain dalam mengonsumsi *item* makanan untuk meningkatkan atribut karakter melalui tiga *state*: *Lobby*, *Upgrade Dialog*, dan *Food Detail*. Peningkatan atribut karakter dihitung secara otomatis dari kandungan gizi *item* yang dikonsumsi menggunakan tiga formula konversi berikut:

$$HP = (Protein \times 0,7) + (Serat \times 3)$$

$$Power = (Protein \times 0,6) + (Karbohidrat \times 0,2)$$

$$Stamina = (Lemak \times 0,5) + (Karbohidrat \times 0,1) + \left\lceil \frac{Energi}{40} \right\rceil$$

Seluruh hasil akhir perhitungan dibulatkan ke bilangan bulat terdekat, dengan batas maksimal setiap atribut sebesar 200 poin. Hasil konversi formula tersebut untuk setiap menu MBG dalam katalog permainan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Data Makanan dan Perolehan Atribut Karakter

Menu	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbo (g)	Serat (g)	+HP	+Power	+Stamina
Nasi Ayam Geprek	684,7	27,2	25,6	91,1	4,2	32	35	39
Nasi Ayam Gulai	567,6	21,7	23,2	70,5	0,9	18	27	33
Nasi Ayam Katsu	516,2	18,9	19,4	88,4	1,7	18	29	31
Nasi Ayam Mentega	539,3	20,4	23,0	64,6	1,5	19	25	31
Nasi Ayam Serundeng	577,3	21,9	22,6	74,6	1,5	20	28	33
Nasi Ayam Steak	622,7	24,2	22,8	83,8	3,6	28	31	35
Nasi Ayam Teriyaki	528,0	20,0	20,0	69,0	2,0	20	26	30
Mie Ayam	563,0	26,0	25,0	60,0	4,0	30	28	33
Potato Wedges	406,6	20,0	19,2	41,7	1,1	17	20	24
Nasi Rendang	507,3	23,3	14,6	73,0	2,2	23	29	27
Nasi Sate Lilit	547,6	22,4	18,9	72,1	0,8	18	28	30
Nasi Semur Daging	559,1	22,5	14,3	86,8	2,7	24	31	30
Nasi Telur Balado	547,6	22,4	18,9	72,1	0,8	18	28	30
Nasi Telur Funghai	597,3	24,2	22,3	75,0	1,3	21	30	34
Nasi Tempe Ayam Bakar	588,2	21,8	23,2	75,8	1,6	20	28	34

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini mengumpulkan data melalui beberapa teknik, yaitu: (1) studi literatur terhadap materi gizi seimbang yang disesuaikan dengan kognitif siswa sekolah dasar; (2) observasi digital terhadap data menu MBG melalui akun Instagram resmi @sppgdapurkita.nanggaleng selaku SPPG penyalur ke SDN Cisuda, yang kemudian dikonversi menjadi atribut permainan; dan (3) kuesioner yang mengukur dua variabel utama yaitu penerimaan sistem melalui UAT menggunakan skala Likert 1–5, serta mengukur efektivitas edukasi melalui *pre-test* dan *post-test* menggunakan analisis *Normalized Gain* (N-Gain).

2.5. Black-box Testing

Black-box testing mengevaluasi perangkat lunak dengan memeriksa kesesuaian antara *input* dan *output* berdasarkan spesifikasi tanpa melihat struktur internal kode program [12]. Pengujian dilakukan oleh peneliti terhadap seluruh fitur aplikasi menggunakan skenario uji berbasis kondisi "Berhasil" atau "Gagal", sesuai spesifikasi teknis yang telah dirancang pada tahap produksi.

2.6. User Acceptance Testing (UAT)

Setelah seluruh fitur dinyatakan berfungsi melalui Black-box Testing, dilakukan User Acceptance Testing (UAT) yang menuntut keterlibatan langsung pengguna akhir untuk mengevaluasi sistem yang dikembangkan [13]. Subjek pengujian melibatkan 17 siswa yang merupakan keseluruhan populasi siswa kelas 5A SDN Cisuda, bukan sampel acak, sehingga hasil pengujian merepresentasikan populasi kelas tersebut secara utuh. Pengujian dilaksanakan menggunakan smartphone pribadi milik masing-masing siswa yang telah memenuhi spesifikasi minimum pada Tabel 1, guna menyesuaikan kondisi penggunaan aplikasi senyatanya di lingkungan siswa.

Metode ini menggunakan skala Likert dengan persamaan persentase skor aktual sebagai berikut:

$$\% \text{ Skor Aktual} = \frac{\text{Skor Aktual}}{\text{Skor Ideal}} \times 100\%$$

Kriteria penilaian skala Likert yang digunakan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Skala Likert

% Jumlah Skor	Kriteria
20,00% – 36,00%	Tidak Baik
36,01% – 52,00%	Kurang Baik
52,01% – 68,00%	Cukup
68,01% – 84,00%	Baik
84,01% – 100%	Sangat Baik

2.7. Normalized Gain (N-Gain)

Normalized Gain (N-Gain) merupakan metode kuantitatif untuk mengukur tingkat peningkatan kognitif setelah menerima suatu perlakuan [14]. Rumus N-Gain adalah:

$$N\text{-Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretest}}$$

Kategori nilai N-Gain disajikan pada Tabel 9.

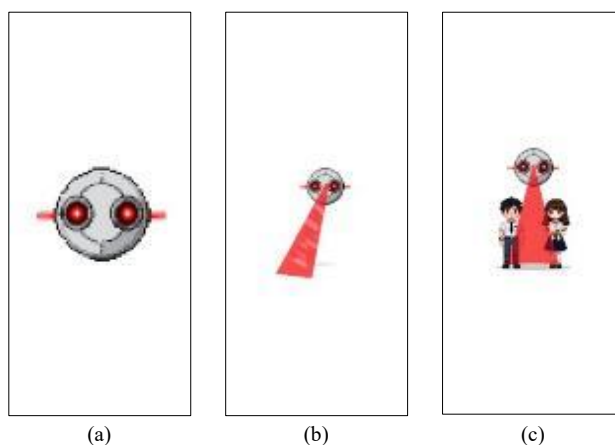
Tabel 9 Kategori Perolehan Nilai N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
$n\text{-gain} > 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq n\text{-gain} \leq 0,70$	Sedang
$n\text{-gain} < 0,30$	Rendah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Antarmuka Pengguna Aplikasi

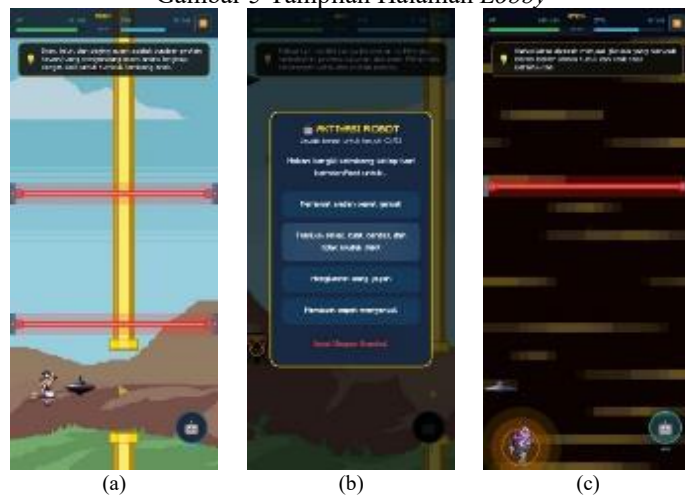
Antarmuka pengguna dibangun dengan gaya visual *2D Pixel Art* yang konsisten di seluruh layar aplikasi. Layar yang diimplementasikan mencakup halaman *splash*, halaman *lobby* sebagai layar utama, layar *minigame Nutri Dash*, layar *minigame Quiz Battle*, serta dialog *upgrade* atribut karakter, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5 hingga Gambar 9.



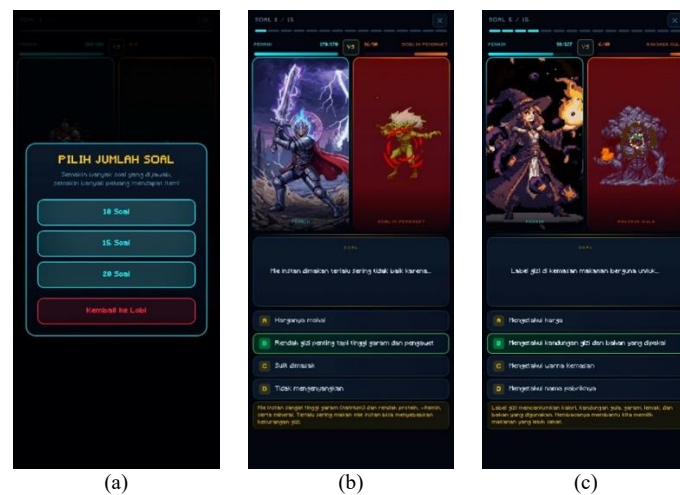
Gambar 4 Tampilan Halaman *Splash*



Gambar 5 Tampilan Halaman *Lobby*



Gambar 6 Tampilan *Minigame Nutri Dash*



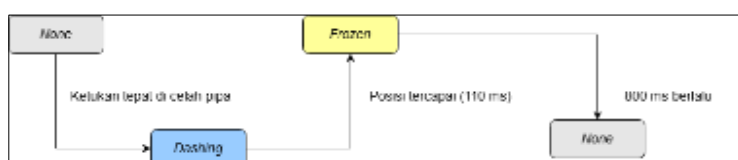
Gambar 7 Tampilan *Minigame Quiz Battle*

Gambar 8 Tampilan *Dialog Upgrade* Atribut Karakter

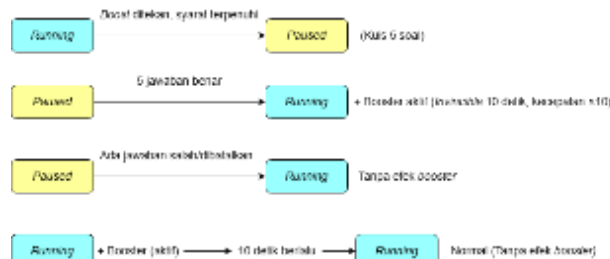
3.2. Implementasi FSM: Mekanisme Nutri Dash

Pada *state* *RUNNING*, *game loop* berjalan setiap 16 milidetik untuk memperbarui posisi karakter, menggerakkan rintangan, dan memeriksa tabrakan. Kecepatan dunia meningkat bertahap dari 480 hingga maksimum 950 satuan per detik. Transisi ke *PAUSED* membekukan seluruh pergerakan melalui pengali waktu bernilai nol tanpa menghentikan *loop*, sehingga permainan dapat dilanjutkan secara instan.

Mekanisme *dash-through* memungkinkan karakter menembus celah pipa secara instan dengan mengetuk area celah pada layar. Sistem memvalidasi posisi ketukan terhadap koordinat celah pipa. Apabila valid, *sub-state* berpindah ke *DASHING* dan karakter berpindah ke titik tengah celah, kemudian masuk ke *FROZEN* selama 800 milidetik sebelum kembali ke *NONE*. Fisika dan deteksi tabrakan dinonaktifkan selama *sub-state* aktif. Mekanisme ini diilustrasikan pada Gambar 10.

Gambar 9 Mekanisme *Dash-Through*

Fitur *headstart* dapat diaktifkan dari *state* *RUNNING* apabila tiga syarat terpenuhi: fase sedang *RUNNING*, stamina mencukupi 50 poin, dan tidak ada *dash* aktif. Permainan berpindah ke *PAUSED* dan menampilkan lima soal kuis secara acak. Pemain harus menjawab kelima soal dengan benar secara berurutan — satu jawaban salah membatalkan proses. Apabila seluruh lima jawaban benar, stamina berkurang 50 poin, karakter berubah menjadi robot dengan kondisi *invincible* aktif selama 10 detik dan kecepatan berlipat 10 kali. Setelah sesi *Nutri Dash* berakhir, HP dan stamina karakter berkurang 15% secara permanen. Mekanisme aktivasi *booster* ini diilustrasikan pada Gambar 11.

Gambar 10 Mekanisme Aktivasi *Booster*

3.3. Implementasi FSM: Logika Pertempuran Quiz Battle

Sesi dimulai dari state *SETUP*, di mana pemain memilih jumlah soal (10, 15, atau 20). Sistem menerapkan dua formula *damage* berdasarkan arah serangan:

a. Serangan karakter ke musuh:

$$Damage = \left(15 + \frac{Power\ Karakter}{10}\right) - Pertahanan\ Musuh\ (minimum\ 5\ poin)$$

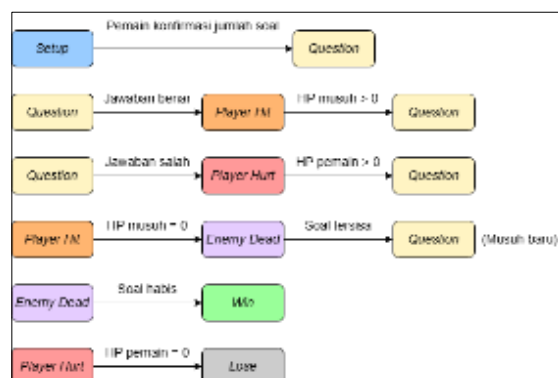
b. Serangan musuh ke karakter:

$$Basis = Serangan\ Musuh + (Darah\ Maksimum\ Musuh \times 20\%)$$

$$Reduksi = \frac{Power\ Karakter}{15} \text{ (maksimum 40\% dari Basis)}$$

$$Damage = Basis - Reduksi \text{ (minimum 8 poin)}$$

Alur transisi utama *Quiz Battle* diilustrasikan pada Gambar 12.

Gambar 11 Alur Transisi Utama *Quiz Battle*

Sistem menjalankan dua mekanisme perolehan *item* secara bersamaan: memberikan 1–2 *item* secara acak saat musuh dikalahkan, serta memberikan 1 *item* tambahan secara adaptif setiap kelipatan empat jawaban benar dengan prioritas berdasarkan kondisi atribut karakter saat itu (HP < 40% prioritas *item* HP, *Power* rendah prioritas *item* *Power*, selain itu acak). Setiap akhir sesi, HP dan *Power* karakter berkurang secara permanen dengan besaran yang berjenjang sesuai jumlah pertanyaan, sebagaimana disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Biaya Atribut Akhir Sesi *Quiz Battle*

Jumlah soal dijawab	Pengurangan HP	Pengurangan Power
1 – 5 soal	5% dari HP awal sesi	3% dari power awal sesi

Jumlah soal dijawab	Pengurangan HP	Pengurangan Power
6 – 10 soal	10% dari HP awal sesi	6% dari power awal sesi
11 – 15 soal	16% dari HP awal sesi	10% dari power awal sesi
16 – 20 soal	22% dari HP awal sesi	14% dari power awal sesi

3.4. Konten Edukasi

Konten edukasi dalam permainan menggunakan 30 butir soal pilihan ganda yang dirancang untuk siswa kelas 5 SD. Struktur soal merupakan hasil adaptasi dan penyederhanaan dari literatur ilmiah gizi dan kesehatan periode 2022–2025. Domain materi soal disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Domain Materi Soal

No.	Domain	Jumlah soal	Cakupan materi
1	Manfaat Zat Gizi	12 soal	Fungsi karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan serat bagi tubuh.
2	Makanan Sehat vs Junk Food	10 soal	Bahaya garam, pengawet, minyak, dan gula berlebih pada makanan kemasan
3	Pola Makan Seimbang	8 soal	Pentingnya sarapan, frekuensi makan, variasi menu, dan dampak jangka panjang kebiasaan makan.

Soal diambil secara acak dari bank soal pada setiap sesi permainan, dengan jumlah soal yang disajikan menyesuaikan konteks penggunaan: pada *Quiz Battle* pemain memilih sendiri jumlahnya (10, 15, atau 20 soal), sedangkan pada sistem kuis *Nutri Dash* disajikan lima soal secara otomatis. Tabel 12 menyajikan lima contoh soal representatif dari bank soal.

Tabel 12 Contoh Soal Representatif

No.	Domain	Soal dan Pilihan Ganda	Penjelasan
1	Manfaat Zat Gizi	Otak membutuhkan energi dari makanan untuk bisa bekerja. Sumber energi utama yang paling dibutuhkan otak berasal dari... A. Karbohidrat seperti nasi, jagung, dan ubi B. Lemak dari gorengan dan minyak C. Air putih yang diminum setiap hari D. Vitamin dari buah-buahan	Otak hanya bisa pakai energi dari karbohidrat. Nasi, jagung, dan ubi dipecah jadi energi yang langsung dipakai otak buat berpikir dan belajar.
2	Manfaat Zat Gizi	Zat besi dalam makanan seperti bayam dan hati ayam digunakan tubuh untuk membuat sel darah merah. Sel darah merah bertugas... A. Memberi warna merah pada kulit wajah B. Membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh termasuk otak C. Membantu usus mencerna makanan berlemak D. Menyimpan cadangan energi di dalam hati	Sel darah merah mengangkut oksigen ke otak dan seluruh tubuh. Kekurangan zat besi membuat sel darah merah berkurang, sehingga tubuh lemas dan otak susah fokus.
3	Makanan Sehat vs Junk Food	Dalam satu bungkus mie instan terdapat garam yang cukup untuk memenuhi lebih dari separuh kebutuhan garam harian seorang anak. Jika dimakan setiap hari, dampak jangka panjangnya adalah... A. Tulang menjadi lebih kuat karena garam mengandung mineral B. Tubuh kekurangan energi karena tidak ada karbohidrat yang cukup	Terlalu banyak garam setiap hari memaksa ginjal bekerja keras membuangnya. Lama-lama tekanan darah naik, dan ginjal bisa rusak.

No.	Domain	Soal dan Pilihan Ganda	Penjelasan
		C. Penglihatan memburuk karena garam merusak vitamin A D. Tekanan darah bisa meningkat dan kerja ginjal menjadi lebih berat	
4	Makanan Sehat vs Junk Food	Minuman soda mengandung gula sangat tinggi, satu kaleng bisa setara 7–10 sendok teh gula. Apa yang paling mungkin terjadi jika anak minum soda setiap hari? A. Memberikan energi tahan lama karena kandungan gulanya tinggi B. Menyehatkan karena ada rasa buah yang mengandung vitamin C. Gula berlebih menumpuk di tubuh dan meningkatkan risiko gigi berlubang serta kegemukan D. Tidak berbahaya selama diminum dalam keadaan dingin dan segar	Gula dari soda langsung diserap tubuh dalam jumlah besar. Kelebihan gula ini diubah jadi lemak yang menumpuk, merusak gigi, dan meningkatkan risiko kegemukan.
5	Pola Makan Seimbang	Anak yang rutin sarapan terbukti lebih mudah berkonsentrasi di kelas. Ini terjadi karena... A. Sarapan membuat perut terasa berat sehingga anak lebih tenang duduk B. Sarapan membuat anak mengantuk lebih awal sehingga tidak ribut di kelas C. Sarapan meningkatkan suhu tubuh sehingga anak lebih bersemangat D. Setelah tidur semalaman, otak butuh energi dari makanan agar bisa bekerja kembali	Saat tidur, tubuh tidak makan selama 8–10 jam. Otak bangun dalam keadaan kehabisan energi. Sarapan mengisi ulang energi itu agar otak siap menyerap pelajaran.

3.5. Hasil Black-box Testing

Pengujian fungsional dilakukan oleh peneliti terhadap seluruh fitur aplikasi menggunakan skenario uji berbasis kondisi "Berhasil" atau "Gagal", sesuai spesifikasi teknis yang dirancang pada tahap produksi. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil Black-box Testing

No.	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Kesimpulan
1	Menekan tombol ganti karakter	Model karakter berubah dari laki-laki ke perempuan atau sebaliknya.	Sesuai harapan	Berhasil
2	Karakter menggunakan item makanan MBG pada menu upgrade	Nilai HP, Power, dan Stamina bertambah sesuai kandungan gizi item.	Sesuai harapan	Berhasil
3	Karakter memperoleh item dari minigame	Item tersimpan ke dalam inventori.	Sesuai harapan	Berhasil
4	Pemain menjawab soal kuis pada Quiz Battle	Karakter menampilkan animasi menyerang (jawaban benar) atau menerima serangan (jawaban salah).	Sesuai harapan	Berhasil
5	Pemain menahan/melepas layar pada Nutri Dash	Karakter terbang naik saat layar ditahan dan turun mengikuti gravitasi saat dilepas.	Sesuai harapan	Berhasil

Seluruh skenario pengujian dinyatakan "Berhasil", menunjukkan setiap fitur aplikasi berjalan sesuai spesifikasi fungsional yang dirancang, sehingga aplikasi layak dilanjutkan ke tahap *User Acceptance Testing* (UAT).

3.6. Hasil User Acceptance Testing (UAT)

Setelah seluruh fitur dinyatakan berfungsi melalui *Black-box Testing*, dilakukan UAT dengan melibatkan 17 siswa kelas 5A SDN Cisuda (populasi kelas) sebagai responden, menggunakan *smartphone* masing-masing. Hasil aspek fungsionalitas sistem disajikan pada Tabel 14, dan aspek kemudahan penggunaan pada Tabel 15. Kolom angka 1 sampai 5 pada kedua tabel merepresentasikan skala Likert, yaitu 1 = Sangat Tidak Setuju, 2 = Tidak Setuju, 3 = Cukup

Setuju, 4 = Setuju, dan 5 = Sangat Setuju, sedangkan angka pada masing-masing kolom menunjukkan jumlah responden yang memilih opsi tersebut.

Tabel 14 Hasil Aspek Fungsionalitas Sistem

Pertanyaan	1	2	3	4	5	Skor Aktual	% Skor Aktual	Kategori
Karakter game bisa berganti gender saat saya menekan tombol ganti karakter dengan lancar.	0	0	0	1	16	84	98,82%	Sangat Baik
Nilai HP, <i>Power</i> , dan Stamina berkurang atau bertambah secara tepat sesuai aturan permainan.	0	0	0	5	12	80	94,12%	Sangat Baik
Aplikasi berhasil menyimpan item makanan yang saya dapatkan dari minigame ke dalam inventori.	0	0	0	4	13	81	95,29%	Sangat Baik
Karakter bisa mengeluarkan animasi menyerang atau menerima serangan sesuai dengan jawaban kuis saya.	0	0	0	2	15	83	97,65%	Sangat Baik
Karakter bisa terbang naik, turun, dan melesat cepat dengan lancar saat bermain minigame <i>Nutri Dash</i> .	0	0	0	2	15	83	97,65%	Sangat Baik
Rata-rata						82,2	96,71%	Sangat Baik

Tabel 15 Hasil Aspek Kemudahan Penggunaan

Pertanyaan	1	2	3	4	5	Skor Aktual	% Skor Aktual	Kategori
Saya mudah memahami cara bermain <i>minigame Nutri Dash</i> dan <i>Quiz Battle</i> .	0	0	0	0	17	85	100,00%	Sangat Baik
Tombol kontrol dan navigasi pada layar lobi serta permainan sangat mudah saya tekan.	0	0	0	2	15	83	97,65%	Sangat Baik
Saya mudah melakukan upgrade atribut karakter menggunakan item makanan yang ada di inventori.	0	0	0	1	16	84	98,82%	Sangat Baik
Tulisan pertanyaan kuis dan teks penjelasan gizi sangat mudah saya baca.	0	0	0	3	14	82	96,47%	Sangat Baik
Rata-rata						83,5	98,24%	Sangat Baik

Seluruh butir pertanyaan pada aspek fungsionalitas sistem memperoleh persentase skor aktual di atas 94%, dengan rata-rata 96,71% (Sangat Baik). Skor tertinggi diperoleh pada kelancaran pergantian gender karakter (98,82%), sedangkan skor terendah pada akurasi perubahan HP, *Power*, dan Stamina (94,12%), mengindikasikan sebagian kecil responden merasa perubahan atribut belum sepenuhnya terasa sesuai harapan. Pada aspek kemudahan penggunaan, seluruh butir memperoleh persentase di atas 96% dengan rata-rata 98,24% (Sangat Baik), di mana pemahaman cara bermain *minigame* mencapai skor sempurna 100%.

3.6. Evaluasi Efektivitas Edukasi (Tahap Beta)

Tahap *beta* dilaksanakan dengan melibatkan 17 siswa kelas 5 SDN Cisuda. Setiap responden mengerjakan *pre-test* sebanyak 10 soal pilihan ganda sebelum menggunakan aplikasi, memainkan aplikasi secara lengkap, lalu mengerjakan *post-test* dengan soal yang identik. Skor dihitung dalam skala 0–100 dengan setiap soal bernilai 10 poin. Hasil lengkap disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16 Hasil *Pre-Test*, *Post-Test*, dan *N-Gain Score*

Responden	Skor <i>Pre-Test</i>	Skor <i>Post-Test</i>	Selisih	N-Gain	Kategori
R1	40	90	50	0,83	Tinggi
R2	30	80	50	0,71	Tinggi
R3	50	100	50	1,00	Tinggi
R4	40	90	50	0,83	Tinggi
R5	30	80	50	0,71	Tinggi
R6	40	90	50	0,83	Tinggi
R7	50	90	40	0,80	Tinggi
R8	30	90	60	0,86	Tinggi
R9	40	80	40	0,67	Sedang
R10	50	90	40	0,80	Tinggi
R11	30	80	50	0,71	Tinggi
R12	40	90	50	0,83	Tinggi
R13	50	100	50	1,00	Tinggi
R14	30	80	50	0,71	Tinggi
R15	40	90	50	0,83	Tinggi
R16	50	100	50	1,00	Tinggi
R17	40	80	40	0,67	Sedang
Rata-rata	40,00	88,24	48,24	0,81	Tinggi

Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata skor *pre-test* sebesar 40,00 meningkat menjadi 88,24 pada *post-test*, dengan rata-rata kenaikan sebesar 48,24 poin. Seluruh 17 responden mengalami peningkatan skor setelah menggunakan aplikasi, tanpa ada yang skornya tetap atau menurun.

Perhitungan *N-Gain Score* menghasilkan rata-rata sebesar 0,81 yang termasuk kategori Tinggi. Dari 17 responden, 15 responden berada pada kategori “Tinggi”, sedangkan 2 responden berada pada kategori “Sedang”, dan tidak ada yang berada pada kategori “Rendah”.

Keberhasilan ini tidak terlepas dari peran algoritma FSM dalam menciptakan pengalaman belajar yang deterministik dan responsif. Berbeda dengan aplikasi kuis pasif, manajemen *state* FSM memastikan setiap interaksi siswa memicu respons permainan yang tepat dan konsisten, menciptakan keterlibatan lebih dalam yang mendukung retensi pengetahuan [15], [16]. Integrasi data nutrisi menu MBG nyata sebagai parameter permainan juga turut berkontribusi dengan mengaitkan konsep gizi abstrak pada makanan yang benar-benar dikonsumsi siswa sehari-hari. Aplikasi NutriVo didistribusikan secara publik melalui platform APKPure dengan ukuran berkas APK sebesar 38,2 MB dan dapat diakses melalui tautan <https://apkpure.com/p/com.literasigizi.nutrivo>.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan aplikasi gamifikasi literasi gizi berbasis Android bernama NutriVo menggunakan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) dengan algoritma *Finite State Machine* (FSM) sebagai pengendali logika permainan. Aplikasi memuat dua *minigame* edukatif yaitu *Nutri Dash* dan *Quiz Battle*, serta sistem *upgrade* karakter berbasis konversi data nutrisi menu Makan Bergizi Gratis yang mengubah protein menjadi *Health Point*,

karbohidrat dan energi menjadi *Power*, serta serat menjadi *Stamina*. Algoritma FSM diimplementasikan melalui tiga diagram *state* yang mengelola logika kedua *minigame* dan sistem *upgrade* karakter secara deterministik.

Hasil *Black-box Testing* menunjukkan seluruh skenario uji dinyatakan "Berhasil", membuktikan setiap fitur aplikasi berfungsi sesuai spesifikasi. Hasil UAT terhadap 17 siswa kelas 5A SDN Cisuda menunjukkan rata-rata fungsionalitas sistem 96,71% dan kemudahan penggunaan 98,24%, keduanya berkategori Sangat Baik. Evaluasi efektivitas edukasi melalui *pre-test* dan *post-test* menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari 40,00 menjadi 88,24 dengan rata-rata N-Gain Score sebesar 0,81 berkategori Tinggi, membuktikan bahwa NutriVo efektif meningkatkan literasi gizi siswa penerima Program Makan Bergizi Gratis.

Temuan ini menegaskan bahwa kebaruan penelitian bukan sekadar terletak pada penerapan algoritma FSM, melainkan pada inovasi konversi data nutrisi riil menu MBG menjadi atribut permainan (*Health Point*, *Power*, dan *Stamina*), dengan FSM berperan sebagai mesin penggerak yang mengelola transisi status permainan tersebut. Inovasi konversi nutrisi ini terbukti berhasil menjembatani materi gizi yang abstrak dengan pengalaman makan siswa sehari-hari, sehingga secara nyata meningkatkan literasi gizi siswa penerima Program MBG. Pendekatan konversi data nutrisi riil menjadi atribut permainan ini bersifat generik dan dapat diadopsi oleh pengembang aplikasi edukasi lain yang ingin menghubungkan data konsumsi nyata pengguna dengan mekanisme gamifikasi pada domain kesehatan maupun pendidikan lainnya.

REFERENSI

- [1] A. Kiftiyah, F. A. Palestina, F. U. Abshar, dan K. Rofiah, "Program Makan Bergizi Gratis (MBG) dalam Perspektif Keadilan Sosial dan Dinamika Sosial – Politik," *Pancasila: Jurnal Keindonesiaan*, vol. 5, no. 1, hlm. 101–112, Apr 2025, doi: 10.52738/pjk.v5i1.726.
- [2] R. Qomarrullah, S. Suratni, L. Wulandari S, dan M. Sawir, "Dampak Jangka Panjang Program Makan Bergizi Gratis terhadap Kesehatan dan Keberlanjutan Pendidikan," *Indonesian Journal of Intellectual Publication*, vol. 5, no. 2, hlm. 130–137, Mar 2025, doi: 10.51577/ijipublication.v5i2.660.
- [3] Tri Siswati, Lukman Waris, dan Yustiana Olfah, "IMPLEMENTASI INTERPROFESIONAL EDUCATION LITERASI REMAJA SEHAT PADA MASA PANDEMI COVID-19," *J-ABDI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 10, hlm. 2547–2554, Mar 2022, doi: 10.53625/jabdi.v1i10.1590.
- [4] R. M. Suherman, D. A. Nugraha, dan S. V. Dewi, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN 'APLIKASI EDUKASI' BERBASIS PEMBELAJARAN BERDIFERENSIASI PADA MATERI PERBANDINGAN UNTUK SISWA SMP," *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, vol. 13, no. 4, hlm. 1252, Des 2024, doi: 10.24127/ajpm.v13i4.9700.
- [5] H. P. Angesti, D. R. Oktavia, dan D. A. N. Utami, "Systematic Review: Efektivitas Aplikasi Mobile dalam Edukasi Kesehatan Reproduksi Remaja," *JOURNAL OF NONCOMMUNICABLE DISEASES*, vol. 5, no. 1, hlm. 63, Mei 2025, doi: 10.52365/jond.v5i1.1416.
- [6] R. Damaševičius, R. Maskeliūnas, dan T. Blažauskas, "Serious Games and Gamification in Healthcare: A Meta-Review," *Information (Switzerland)*, vol. 14, no. 2, hlm. 1–31, Feb 2023, doi: 10.3390/info14020105.
- [7] U. S. Lestari, E. C. Angmalisang, dan M. Jayanti, "Edukasi Gizi, Suplemen Kesehatan, Aktivitas Fisik dan Pemanfaatan Aplikasi Berbasis Android sebagai Sumber Informasi Kesehatan Remaja," *Abdimas Galuh*, vol. 7, no. 2, hlm. 1802, Sep 2025, doi: 10.25157/ag.v7i2.21059.
- [8] C. Mauda dan D. Zaliluddin, "Pengembangan Game Edukasi dengan Pendekatan MDLC: Game Zat Gizi untuk Generasi Digital," *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan*

- Inovasi Teknologi*), vol. 9, no. 1, hlm. 509–515, Jan 2025, doi: 10.30998/semnasristek.v9i1.7906.
- [9] A. Riyadi dan S. I. A. Y. Syah, “Development of Finite State Machine Agent in Idle Breeder Game,” *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, vol. 8, no. 2, hlm. 542, Jul 2023, doi: 10.24114/cess.v8i2.47143.
- [10] Muh. Y. A. Baharuddin, Z. Zulfajrin, A. Irmayana, dan S. R. Arifin, “Rancang Bangun Game Pet Venture Quest Menggunakan Game Development Life Cycle (GDLC) untuk Mendukung Pembelajaran Motorik Anak,” *Jurnal Esensi Infokom : Jurnal Esensi Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 1, hlm. 6–9, Mei 2024, doi: 10.55886/infokom.v8i1.766.
- [11] O. Steven dan I. Sutanto, “Rancang Bangun Game Mobile Pencarian Jejak Untuk Pembelajaran Pramuka Menggunakan Metode Pengembangan Game Development Life Cycle (GDLC),” *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 3, hlm. 1022–1035, Nov 2024, doi: 10.51454/decode.v4i3.710.
- [12] F. A. Sakinah, F. P. Aditiawan, dan A. L. Nurlaili, “PENGUJIAN PADA APLIKASI MANAJEMEN ASET MENGGUNAKAN BLACK BOX TESTING,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 3, hlm. 2814–2823, Mei 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9524.
- [13] M. A. Puspita, Mardiana, R. A. Pradipta, dan M. A. Muhammad, “USER ACCEPTANCE TESTING DAN PERFORMANCE TESTING PADA PENGEMBANGAN WEBSITE KANAL PENGETAHUAN DIKTI,” *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 8, no. 2, hlm. 96–101, Mei 2025, doi: 10.26740/jieet.v8n2.p96-101.
- [14] R. A. Lutfiyanti, D. S. Rahmawati, A. C. Az-zahro, A. F. Hendratmoko, E. Sudibyo, dan T. Nurita, “Implementasi Model Team Game Tournament Berbasis Monopoli Interaktif untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa SMP Tentang Mitigasi Bencana Atmosfer dan Polusi Udara,” *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, vol. 6, no. 2, hlm. 194–202, Nov 2025, doi: 10.56842/jp-ipa.v6i2.543.
- [15] L. I. Nuryanti, N. D. Achyum, R. P. Pradana, dan F. Nugroho, “IMPLEMENTASI FINITE STATE MACHINE PADA GAME TAJWID ADVENTURE,” *JASTEN (Jurnal Aplikasi Sains Teknologi Nasional)*, vol. 6, no. 1, hlm. 1–11, Apr 2025, doi: 10.36040/jasten.v6i1.12536.
- [16] A. I. N. Zahra, A. Mahmudi, dan A. Faisol, “PENERAPAN METODE FSM (FINITE STATE MACHINE) PADA GAME ‘TSUNAMI RESCUE’ BERBASIS ANDROID,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, hlm. 7509–7516, Jul 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.7539.