Rancang Bangun *Game* Edukatif Materi IPAS Tentang Fotosintesis di MI Aulia Cendekia

Muhammad Zaky[1], Arsia Rini[2], Arif Prambayun[3]
[1,2]Politeknik Negeri Sriwijaya; Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139, Telp/Fax: (0711) 353414 / (0711) 355918
[3]Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang
e-mail: *[1]**zakbang35@gmail.com**, [2]arsia.rini@polsri.ac.id, [3] prambayun@polsri.ac.id.

Abstrak

Materi fotosintesis pada mata pelajaran IPAS di sekolah dasar masih sulit disampaikan secara optimal karena buku teks umumnya hanya menampilkan ilustrasi statis, sementara upaya pengamatan langsung terhadap tanaman di MI Aulia Cendekia tidak tuntas akibat menurunnya antusiasme siswa. Kondisi ini menunjukkan perlunya media belajar tambahan yang lebih interaktif. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun game edukatif berbasis Android bertema fotosintesis, serta mengukur peningkatan pemahaman siswa setelah menggunakannya. Pengembangan game mengacu pada metode Game Development Life Cycle (GDLC), dengan algoritma Finite State Machine (FSM) yang terdiri atas lima state sebagai dasar logika sistem yang dibangun menggunakan Unity. Kelayakan sistem diuji melalui Black Box Testing dan User Acceptance Test (UAT), serta pretest dan posttest terhadap 30 siswa kelas IV yang diolah dengan metode N-Gain. Hasil pengujian menunjukkan Black Box Testing sebesar 100%, UAT sebesar 78,13% (kategori Layak), serta nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,66 (kategori Sedang), dengan skor pretest 72,00 meningkat menjadi 90,67 pada posttest. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan game edukatif berbasis Android sebagai sarana belajar tambahan mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap keterkaitan antara faktor lingkungan dan proses fotosintesis secara lebih interaktif.

Kata kunci— *Game* Edukatif, Fotosintesis, IPAS, GDLC, N-Gain

Abstract

Photosynthesis material in the IPAS subject at the elementary school level is still difficult to deliver optimally, as textbooks generally present only static illustrations, while direct plant observation activities at MI Aulia Cendekia were left incomplete due to declining student enthusiasm. This condition indicates the need for an additional, more interactive learning medium. This study aims to design and build an Android-based educational game on the topic of photosynthesis, as well as to measure the improvement in students' understanding after using it. The game was developed using the Game Development Life Cycle (GDLC) method, with the Finite State Machine (FSM) algorithm consisting of five states as the basis of the system logic built using Unity. System feasibility was tested through Black Box Testing and a User Acceptance Test (UAT), along with a pretest and posttest administered to 30 fourth-grade students, analyzed using the N-Gain method. The results showed a Black Box Testing score of 100%, a UAT score of 78.13% (categorized as Feasible), and an average N-Gain score of 0.66 (Medium category), with pretest scores increasing from 72.00 to 90.67 in the posttest. These results indicate that the use of the Android-based educational game as a supplementary learning tool improved students' understanding of the relationship between environmental factors and the process of photosynthesis in a more engaging and interactive way.

Keywords— *Educational Game, Photosynthesis, IPAS, GDLC, N-Gain*

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

1. PENDAHULUAN

Dalam Kurikulum Merdeka, IPAS menjadi mata pelajaran yang menggabungkan ilmu pengetahuan alam dan ilmu pengetahuan sosial sehingga siswa tidak hanya mempelajari konsep ilmiah, tetapi juga memahami keterkaitannya dengan kehidupan sehari-hari dan lingkungan sekitar [1]. Salah satu materi yang dipelajari dalam IPAS adalah fotosintesis, yaitu proses tumbuhan menghasilkan makanan dengan bantuan cahaya matahari, air, dan karbon dioksida. Materi ini memiliki peranan penting karena berkaitan langsung dengan pertumbuhan tumbuhan dan keseimbangan ekosistem. Namun, proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman berlangsung secara bertahap sehingga perubahan yang terjadi pada tanaman tidak dapat diamati secara langsung dalam waktu singkat.

Penyajian materi fotosintesis dalam buku teks yang digunakan di sekolah dasar dan madrasah ibtidaiyah umumnya hanya menampilkan gambar statis dan teks deskriptif yang bersifat satu arah, sehingga siswa cenderung menghafal tahapan fotosintesis tanpa benar-benar memahami hubungan sebab-akibat antara faktor lingkungan dan proses pertumbuhan tanaman. Padahal, kemampuan berpikir kausal merupakan salah satu tujuan utama Kurikulum Merdeka dalam membentuk siswa yang mampu bernalar kritis.

Pembelajaran fotosintesis di MI Aulia Cendekia telah didukung oleh buku teks sebagai media utama. Namun, karena proses fotosintesis tidak dapat diamati secara langsung dalam waktu singkat, upaya pengamatan pertumbuhan tanaman secara langsung yang pernah dilakukan juga tidak dapat diselesaikan karena siswa kehilangan minat di tengah proses. Kondisi ini menunjukkan perlunya media penunjang yang dapat memvisualisasikan proses fotosintesis sekaligus melibatkan siswa secara aktif, misalnya melalui simulasi perubahan faktor lingkungan seperti pemberian air, cahaya matahari, dan pupuk, sehingga siswa dapat memahami hubungan sebab-akibat tersebut melalui pengalaman langsung, bukan sekadar membaca teks atau mengamati gambar. Hal ini sejalan dengan pernyataan [2] bahwa penyampaian materi yang kurang variatif dapat menurunkan motivasi dan minat belajar siswa, serta [3] yang menyatakan bahwa media pembelajaran yang kurang bervariasi membuat siswa cenderung pasif dan kesulitan memahami konsep abstrak.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif seperti game edukasi, Wordwall, komik sains, maupun diorama pembelajaran memiliki potensi yang baik dalam membantu proses pembelajaran IPAS, khususnya pada materi fotosintesis. [3] mengembangkan LKPD interaktif berbasis game edukasi dengan metode ADDIE, memperoleh hasil *posttest* 82% (sangat efektif). [2] meneliti pengaruh media komik sains fotosintesis terhadap motivasi belajar, dengan capaian kategori tinggi 70% dan sangat tinggi 30%. [4] menerapkan media diorama fotosintesis berbasis Problem Based Learning, meski sebagian siswa masih kesulitan menjawab pertanyaan seputar materi. Sementara itu, [5] menerapkan model Quantum Learning melalui eksperimen sederhana, meningkatkan ketuntasan belajar dari 14% menjadi 93%. Penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada media berbasis kuis, komik, eksperimen sederhana, maupun Problem Based Learning yang bersifat statis dan satu arah, sedangkan penelitian ini mengembangkan game edukatif dengan simulasi pertumbuhan tanaman yang dimodelkan secara dinamis menggunakan lima state Finite State Machine, serta mengintegrasikan evaluasi pembelajaran melalui pretest-posttest dan N-Gain secara menyeluruh. Sebagian besar media yang digunakan juga masih berfokus pada penyampaian materi dan belum memvisualisasikan hubungan langsung antara faktor lingkungan terhadap proses pertumbuhan tanaman, serta mengintegrasikan pengembangan game edukatif melalui *pretes*t dan *posttest*, penerapan algoritma *Finite State Machine*, dan pengujian fungsi menggunakan *Black Box Testing*. Dengan demikian, unsur kebaruan (novelty) yang diusung penelitian ini terletak pada pengembangan game edukatif berbasis simulasi pertumbuhan tanaman dengan logika *Finite State Machine* yang memungkinkan siswa berinteraksi langsung terhadap faktor-faktor yang

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

memengaruhi proses fotosintesis secara lebih visual dan interaktif, serta menguji efektivitas dan kelayakan media pembelajaran yang dikembangkan.

Dalam pengembangan game edukatif fotosintesis ini, sistem kondisi pertumbuhan tanaman dirancang menggunakan metode *Finite State Machine* (FSM), yaitu metodologi perancangan sistem kontrol yang bekerja berdasarkan tiga komponen utama: *state* sebagai kondisi sistem, *event* sebagai pemicu perubahan, dan *action* sebagai respons yang dihasilkan. [6] mengemukakan bahwa FSM pada game Android dibangun dengan mengalihkan logika permainan ke dalam bentuk *state* dan transisi, di mana sistem mempertahankan kondisinya hingga menerima *event* yang memicu perpindahan ke *state* berikutnya. Penerapan FSM pada game edukatif ini digunakan untuk menentukan kondisi pertumbuhan tanaman berdasarkan faktor lingkungan yang diberikan pemain, sehingga setiap tindakan pemain menghasilkan perubahan kondisi tanaman yang dapat diamati secara langsung dalam permainan.

Untuk memastikan bahwa media yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai simulasi visual, penelitian ini dirancang menggunakan beberapa tahapan pengujian. Pengukuran pemahaman siswa dilakukan melalui *pretes*t dan *posttest* yang dianalisis dengan metode N-Gain, sementara observasi dan wawancara dilakukan untuk memperoleh data pendukung terkait interaksi siswa dan tanggapan guru terhadap penggunaan game edukasi.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan membangun game edukatif materi IPAS tentang fotosintesis di MI Aulia Cendekia, yang diharapkan mampu memvisualisasikan proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, membantu siswa memahami pengaruh cahaya matahari, air, dan pupuk terhadap pertumbuhan tanaman, serta memberikan pengalaman belajar melalui interaksi langsung dalam permainan. Game edukatif berbasis simulasi FSM ini diduga dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi fotosintesis dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional yang hanya mengandalkan buku teks.

2. METODE PENELITIAN

Pemilihan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) didasarkan pada kebutuhan untuk mengembangkan game edukatif secara terstruktur, mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian, sejalan dengan tujuan penelitian ini menghasilkan media simulasi pertumbuhan tanaman berbasis *Finite State Machine* yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya. Metode ini dipilih karena menawarkan alur kerja yang sistematis, sesuai dengan karakteristik pengembangan game edukatif, serta menyediakan tahap pengujian eksplisit untuk memvalidasi fungsi sistem dan efektivitas pembelajaran. Penelitian ini menerapkan enam tahapan GDLC, yaitu Initiation, Pre-production, Production, Testing, Beta dan Release [7]

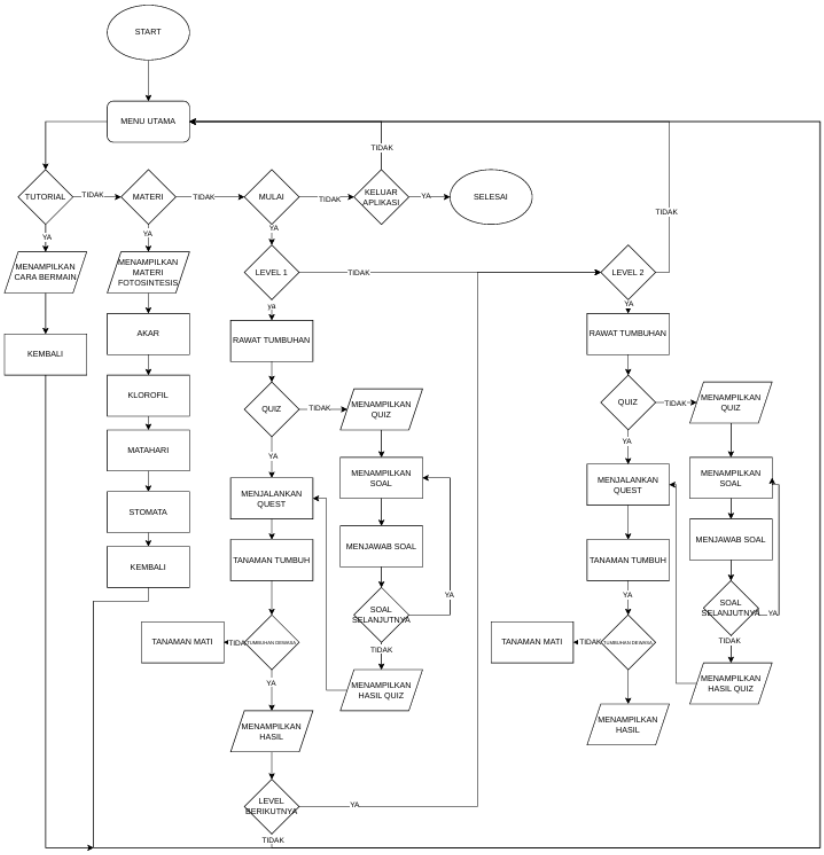
2.1Initiation

Tahap ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan dan menentukan konsep dasar game melalui observasi, wawancara, dan analisis kebutuhan pengguna terhadap siswa Kelas IV MI Aulia Cendekia. Hasil analisis menunjukkan kebutuhan pengguna berupa tampilan berwarna cerah, navigasi sederhana, bahasa yang mudah dipahami, serta interaksi langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Kebutuhan tersebut diterjemahkan ke dalam kebutuhan fungsional sistem, meliputi penyediaan menu utama, visualisasi pertumbuhan tanaman, interaksi pemberian air/pupuk/cahaya matahari, perubahan kondisi tanaman berdasarkan tindakan pemain, informasi edukasi fotosintesis, audio pendukung, dan fitur pembelian bibit, dengan mempertimbangkan pula aspek non-fungsional seperti kestabilan sistem dan kesesuaian desain visual bagi siswa sekolah dasar. Pengembangan dilakukan menggunakan Blender untuk pembuatan aset, Unity sebagai platform pengembangan, dan Visual Studio Code sebagai editor pemrograman.

2.2 Pre-production

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

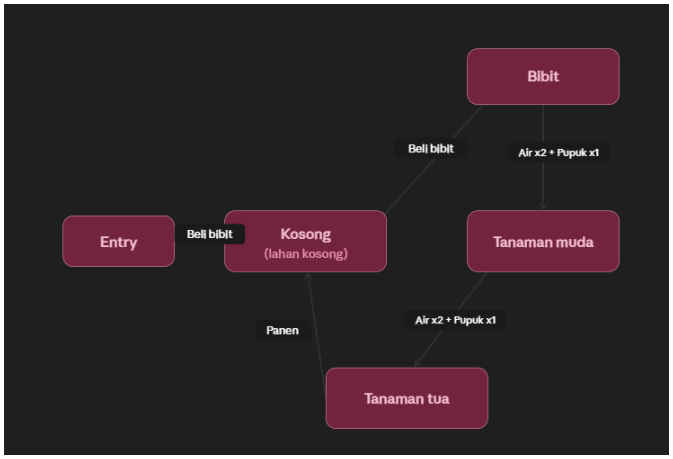
Konsep game yang dirancang berjudul Fotosintesis di kebunku, berbasis Android, ditujukan bagi siswa usia 10–11 tahun, dengan *gameplay* berupa simulasi menanam dan merawat tanaman melalui pemberian air, pupuk, dan cahaya matahari. Alur logika permainan disusun dalam bentuk flowchart sementara struktur tampilan antarmuka dirancang melalui *wireframe* untuk menentukan posisi elemen menu, tombol, dan area simulasi Pada gambar berikut:



Gambar 1. *Flowchart* pada sistem

Sistem kondisi pertumbuhan tanaman dirancang menggunakan algoritma *Finite State Machine* (FSM), dipilih karena mekanisme pertumbuhan tanaman memiliki urutan kondisi yang jelas dan terstruktur, sehingga lebih sederhana dan efisien diimplementasikan dibandingkan algoritma lain [8] seperti Behavior Tree atau Decision Tree yang umumnya ditujukan untuk pengambilan keputusan AI yang lebih kompleks. Arsitektur FSM pada penelitian ini terdiri atas lima *state*, yaitu *Empty* lahan kosong sebelum ditanami, *Seedling* bibit yang baru ditanam, *Young* tanaman muda, dengan transisi yang mensyaratkan pemenuhan jumlah penyiraman dan pemupukan tertentu disertai durasi pertumbuhan pada siang hari, *Old* tanaman tua/dewasa sebagai kondisi kemenangan, dan *Dead* kondisi gagal akibat pemberian air atau pupuk yang melebihi batas. Selain kelima *state* tersebut, sistem juga menerapkan *event* pemeliharaan berupa kemunculan rumput liar secara acak setiap interval waktu tertentu, yang mewajibkan pemain membersihkannya terlebih dahulu sebelum dapat melanjutkan perawatan tanaman.

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026



Gambar 2. Algoritma *Finite State Machine*

Untuk memperjelas mekanisme transisi antar-state, aturan perubahan kondisi tanaman dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Aturan Perubahan Kondisi Tanaman

State Awal	Aksi	Kondisi	*State* Tujuan
Empty	Membeli bibit	-	Seedling
Seedling	Penyiraman dan pemupukan	Air 3 kali penyiraman dan 2 kali pemupukan	Young
Young	Penyiraman dan pemupukan	Air 3 kali penyiraman dan 2 kali pemupukan	Old
Seedling / young	Kelebihan air atau pupuk	Air tidak lebih dari 6 dan pupuk tidak lebih dari 5	Dead

2.3 Production.

Pada tahap ini dilakukan pembuatan aset visual tanaman, tombol, latar, dan elemen antarmuka menggunakan Blender, penyusunan *scene* meliputi menu utama, tutorial, materi, *gameplay*, dan *quiz*, serta pemrograman fitur utama menggunakan Unity, mencakup sistem pertumbuhan tanaman, interaksi pemberian air dan pupuk, perubahan kondisi tanaman, serta sistem koin. Selanjutnya ditambahkan elemen audio berupa musik latar dan efek suara untuk mendukung pengalaman pengguna, sebelum aplikasi dikompilasi menjadi file APK Android.

2.4 Testing.

Kualitas fungsional sistem diuji menggunakan teknik *Black Box Testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada kesesuaian input dan output setiap fitur tanpa menelaah struktur kode program [9]. Pengujian dilakukan terhadap seluruh *scene*, meliputi navigasi menu, interaksi permainan, sistem *quiz*, serta kontrol permainan. Efektivitas pembelajaran diukur melalui *Pretes*t dan *Posttest* menggunakan 10 soal pilihan ganda yang mencakup ranah kognitif C1 hingga C4 [10], mencakup pengertian fotosintesis, faktor-faktor yang memengaruhinya, serta penerapan konsep tersebut dalam situasi kontekstual. Hasil Pretest dan Posttest selanjutnya dianalisis menggunakan metode N-Gain ternormalisasi untuk mengetahui besarnya peningkatan pemahaman siswa [11], dengan persamaan sebagai berikut:

$$N - Gain = \frac{Skor\ post - Skor\ pre}{Skor\ ideal - Skor\ pre} \quad (1).$$

Hasil perhitungan N-gain kemudian dikategorikan berdasarkan tabel kategori sebagai berikut:

Tabel 2. Kategori

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

Nilai N-gain	Kategori	Keterangan
N-gain > 0,7	Tinggi	Peningkatan sangat signifikan
0,3 ≤ N-Gain ≤0,7	Sedang	Peningkatan singnifikan
N-gain ≤ 0,3	Rendah	Peningkatan tidak signifikan

Nilai N-Gain ≥ 0,7 termasuk kategori tinggi, 0,3 ≤ N-Gain < 0,7 termasuk kategori sedang, dan N-Gain < 0,3 termasuk kategori rendah.Selain itu, dilakukan pula *User Acceptance Test* (UAT) menggunakan skala Likert [12] terhadap 21 pernyataan yang mencakup lima aspek, yaitu kemudahan penggunaan, tampilan visual, materi pembelajaran, interaksi game, dan manfaat pembelajaran, guna mengukur tingkat penerimaan pengguna terhadap media yang dikembangkan. Untuk mengetahui persentase tingkat penerimaan dan kebermanfaatan aplikasi game edukatif sebagai media edukasi proses fotosintesis, data kuesioner dianalisis menggunakan rumus indeks persentase sebagai berikut:

$$Persentase = \left(\frac{Total\ Skor\ Aktual}{Total\ Skor\ Ideal}\right) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:
Total Skor Aktual: Jumlah seluruh skor jawaban yang diberikan oleh responden untuk seluruh butir pernyataan UAT.
Total Skor Ideal: Skor tertinggi Skala Likert (5) dikalikan dengan jumlah butir pernyataan dan dikalikan dengan jumlah responden.
Dengan kategori: 0-20% Sangat Tidak Layak, 21-40% Tidak Layak, 41-60% Cukup Layak, 61-80% Layak, 81-100% Sangat Layak.

2.5 Beta

Tahap beta merupakan tahap pengujian *game* secara langsung kepada pengguna yaitu siswa kelas IV MI Aulia Cendekia. Pada tahap ini siswa menggunakan *game* edukatif yang telah dikembangkan dalam proses pembelajaran.

2.6 Release.

Setelah melalui tahap pengujian, aplikasi dibangun menjadi file APK Android final menggunakan Unity, kemudian diinstal pada perangkat smartphone siswa Kelas IV MI Aulia Cendekia untuk digunakan secara resmi sebagai media pembelajaran IPAS materi fotosintesis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Game

Game edukatif fotosintesis dikembangkan dengan lima scene utama: menu utama, *tutorial*, materi, *gameplay*, dan *quiz*, dengan mempertimbangkan prinsip desain antarmuka yang estetik dan fungsional bagi pengguna usia sekolah dasar [14].

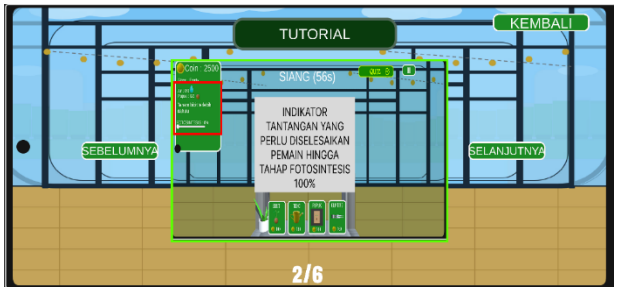
Halaman **Main Menu** menampilkan judul game beserta empat tombol navigasi (Mulai, Materi, *Tutorial*, Keluar).



Gambar 3. Tampilan *Main Menu*

Halaman **Tutorial** menyajikan panduan bermain secara bertahap melalui panel navigasi agar siswa memahami mekanisme permainan sebelum memulai.

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026



Gambar 4. Tampilan *Tutorial*

Halaman **Materi** menampilkan konten edukasi terkait proses fotosintesis, bagian tanaman, serta faktor-faktor yang memengaruhinya.



Gambar 5. Tampilan Materi

Pada halaman ***Gameplay***, pemain berinteraksi dengan area kebun melalui panel pembelian item, indikator koin, serta tombol aksi bibit, teko, pupuk, gunting yang memicu perubahan kondisi tanaman secara *real-time* sesuai logika *Finite State Machine*.



Gambar 6. Tampilan *Gameplay*

Halaman ***Quiz*** menyediakan lima soal pilihan ganda sebagai insentif tambahan, di mana jawaban benar seluruhnya memberikan hadiah 500 koin kepada pemain.



Gambar 7. Tampilan *Quiz*

3.2 Hasil Pengujian Black Box Testing

Pengujian *black box* dilakukan pada seluruh *scene* untuk memastikan setiap fungsi tombol dan interaksi berjalan sesuai rancangan. Pengujian mencakup 22 skenario pada *scene* Main Menu, Tutorial, Pilih *Level*, dan *Gameplay*, meliputi navigasi antar-*scene*, interaksi

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

pemberian air/pupuk, sistem *quiz*, serta kontrol pause/keluar.hasil pengujian black box pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian *Black Box Testing*

Output yang diharapkan	Hasil Pengujian
Membuka aplikasi	Berhasil
Masuk ke *scene* pilih *level*	Berhasil
Tombol untuk tutorial *game*	Berhasil
Tombol untuk keluar dari *game*	Berhasil
Membuka tutorial	Berhasil
Membuka slide tutorial sebelumnya	Berhasil
Membuka slide tutorial selanjutnya	Berhasil
Memberhentikan *gameplay* sementara	Berhasil
Keluar dari tutorial	Berhasil
Masuk ke *scene gameplay level* 1	Berhasil
Masuk ke *scene gameplay level* 2	Berhasil
Tombol untuk tutorial *game*	Berhasil
Bibit tanaman baru muncul	Berhasil
Animasi air keluar dari teko	Berhasil
Animasi gunting memotong rumput	Berhasil
Animasi pupuk di taburkan ke tanaman	Berhasil
Muncul pop up *quiz*	Berhasil
Keluar dari pop up *quiz*	Berhasil
Jawaban tersimpan	Berhasil
Permainan terjeda	Berhasil
Permainan dilanjutkan	Berhasil
Kembali ke halaman main menu	Berhasil

Seluruh 22 skenario pengujian menunjukkan hasil **Berhasil (100%)**, yang mengindikasikan bahwa seluruh fungsi sistem mulai dari navigasi, interaksi pemberian air/pupuk, sistem *quiz*, hingga kontrol permainan telah berjalan sesuai spesifikasi rancangan.

3.3 Hasil Pretest dan Posttest

Pengujian pengguna dilaksanakan pada 30 siswa Kelas IV MI Aulia Cendekia Palembang melalui tahapan Pre-test, pengenalan aplikasi, Post-test, dan pengisian kuesioner UAT. *Pretes*t dilaksanakan sebelum penggunaan game untuk mengukur pemahaman awal siswa terhadap materi fotosintesis, menggunakan 10 soal pilihan ganda yang mencakup pengertian fotosintesis, bagian tumbuhan yang berperan, faktor-faktor yang memengaruhi, serta hasil dari proses fotosintesis. Setelah siswa menggunakan game dalam proses pembelajaran, dilakukan *Posttest* dengan instrumen yang sama untuk mengukur peningkatan pemahaman.

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

Tabel 4. Pertanyaan *pre-test* dan *post-test*

No	Pertanyaan	Ket
1	Agar dapat melakukan fotosintesis dengan baik, tanaman memerlukan A. Air dan cahaya matahari B. Batu dan plastik C. Kertas dan kayu D. Pasir dan besi	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin
2	Peran utama cahaya matahari dalam fotosintesis adalah .... A. Menghasilkan akar B. Membantu tanaman membuat makanan C. Membuat tanah menjadi subur D. Menghasilkan pupuk	Kunci jawaban: B, dengan nilai 10 poin
3	Air dibutuhkan tanaman dalam proses fotosintesis karena .... A. Membantu pembentukan makanan B. Membuat daun menjadi keras C. Mengurangi jumlah akar D. Menghasilkan polusi	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin
4	Karbon dioksida yang terdapat di udara digunakan tanaman untuk .... A. Membuat makanan saat fotosintesis B. Membuat akar pendek C. Mengurangi pertumbuhan daun D. Menghasilkan polusi	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin
5	Jika tanaman tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup, maka A. Fotosintesis berjalan lebih baik B. Pertumbuhan tanaman terganggu C. Daun menjadi lebih banyak D. Akar tumbuh lebih cepat	Kunci jawaban: B, dengan nilai 10 poin
6	Jika tanaman diberi air terlalu banyak, maka yang terjadi adalah.... A. Tanaman mati B. Tanaman tumbuh lebih cepat C. Menjemur tanaman D. Menutup tanaman	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin
7	Tanaman terlihat layu karena terlalu lama berada di tempat gelap. Tindakan yang tepat adalah .... A. Memberikan cahaya matahari B. Menambah asap C. Mengurangi udara D. Menutup daun	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin
8	Polusi udara yang tinggi dapat menyebabkan .... A. Fotosintesis menjadi terganggu B. Tanaman tumbuh lebih cepat C. Tanaman tidak memerlukan air D. Tanaman menghasilkan lebih banyak daun	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin
9	Sebuah tanaman sudah diberi pupuk dan air yang cukup, tetapi pertumbuhannya tetap lambat karena ditempatkan di ruangan tertutup tanpa sinar matahari. Penyebab utama masalah tersebut adalah .... A. Kekurangan pupuk B. Kekurangan cahaya matahari C. Kelebihan akar D. Kekurangan tanah	Kunci jawaban: B, dengan nilai 10 poin
10	Jika Tanaman memiliki air yang cukup, cahaya yang cukup, pupuk yang cukup serta tidak ada tanaman lain yang mengganggu, apa kemungkinan yang terjadi? A. Fotosintesis berjalan baik dan tanaman tumbuh optimal B. Tanaman layu C. Pertumbuhan tanaman terhambat D. Daun menguning	Kunci jawaban: A, dengan nilai 10 poin

Pengenalan aplikasi dilakukan setelah pelaksanaan *Pre-test*. Pada tahap ini, peneliti memperkenalkan *game* edukasi fotosintesis kepada siswa serta menjelaskan fungsi dan cara penggunaan setiap fitur yang tersedia dalam aplikasi

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026



Gambar 8. Pengenalan Aplikasi

Pelaksanaan *Post-test* dilakukan setelah seluruh kegiatan pembelajaran menggunakan *game* edukasi fotosintesis selesai dilaksanakan. Adapun hasilnya sebagai berikut:

$$Pre - test = \left(\frac{total\ skor}{Total\ \ siswa}\right) = \left(\frac{2160}{30}\right) = 72 \quad (3)$$

$$post - test = \left(\frac{total\ skor}{Total\ \ siswa}\right) = \left(\frac{2720}{30}\right) = 90{,}67 \quad (4)$$

Hasil menunjukkan nilai rata-rata *Pretes*t sebesar **72,00** meningkat menjadi **90,67**) pada *Posttest*, menunjukkan selisih peningkatan sebesar 18,67 poin.

3.4 Hasil N-Gain

Perhitungan N-Gain ternormalisasi (Hake, 1998).

$$N - GAIN = \left(\frac{skor\ posttest - skor\ pretest}{skor\ ideal - skor\ pretest}\right) = \left(\frac{90{,}67 - 72}{100 - 72}\right) = 0.6538 = 0.66 \quad (5)$$

menghasilkan nilai rata-rata sebesar **0,66**, termasuk dalam kategori **Sedang**. Dari 30 siswa, mayoritas berada pada kategori Tinggi 14 siswa dan Sedang 13 siswa, sementara sebagian kecil 3 siswa memperoleh kategori Rendah hal ini disebabkan nilai *Pretes*t mereka yang sudah tinggi sejak awal (*ceiling effect*), sehingga ruang peningkatan menjadi terbatas, bukan indikasi ketidakefektifan game.

3.5 Hasil User Acceptance Test (UAT)

Kuesioner UAT diisi oleh 30 siswa mencakup lima aspek: kemudahan penggunaan, tampilan visual, materi pembelajaran, interaksi game, dan manfaat pembelajaran, menggunakan skala Likert pada 21 butir pernyataan.

Tabel 5. Hasil *User Acceptance Test*

No	Keterangan	Nilai
1	Jumlah Responden *(N)*	30 Orang
2	Total Skor Ideal (Maksimal)	3150
3	Total Skor Aktual Terkumpul	2461
4	Indeks Persentase Kelayakan	78.13%

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

Skor keseluruhan 78,13% menunjukkan game edukatif ini berada pada kategori **Layak** digunakan sebagai media pembelajaran.

3.6 Pembahasan

Hasil N-Gain sebesar 0,66 kategori Sedang, dengan peningkatan skor rata-rata dari 72,00 menjadi 90,67, menunjukkan adanya perubahan hasil belajar siswa setelah menggunakan game edukatif berbasis simulasi FSM. Sejalan dengan temuan bahwa penerapan FSM pada game edukasi turut berkontribusi pada peningkatan keterampilan kognitif siswa sekolah dasar [13], hasil ini mengindikasikan bahwa penyajian materi fotosintesis melalui simulasi interaktif pertumbuhan tanaman memberikan gambaran hasil belajar yang lebih baik dibandingkan skor awal siswa sebelum menggunakan media, meskipun penelitian ini belum melibatkan kelompok kontrol sebagai pembanding.

Skor UAT sebesar 78,13% pada kategori Layak menggambarkan tingkat penerimaan pengguna terhadap game yang dikembangkan, mencakup persepsi siswa terhadap kemudahan penggunaan, tampilan visual, dan kejelasan materi yang disajikan. Temuan ini konsisten dengan pandangan bahwa media interaktif berbasis simulasi cenderung mendapat penerimaan yang baik dari pengguna dibanding media satu arah dalam menyajikan proses yang berlangsung bertahap seperti fotosintesis.

Hasil Black Box Testing sebesar 100% memvalidasi bahwa seluruh fungsi sistem, termasuk logika transisi state pada Finite State Machine pertumbuhan tanaman, berjalan sesuai rancangan. Validasi fungsional ini menjadi dasar bahwa data hasil belajar dan penerimaan pengguna yang diperoleh berasal dari sistem yang bekerja sebagaimana mestinya, bukan dari kegagalan atau anomali teknis aplikasi.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada media kuis atau komik sains, penelitian ini mengintegrasikan simulasi interaktif berbasis FSM dengan tiga jenis pengujian yang saling melengkapi pengujian fungsional (Black Box Testing), penerimaan pengguna (UAT), dan perubahan hasil belajar (pretest-posttest-N-Gain) sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai berbagai aspek media pembelajaran yang dikembangkan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan game edukatif berbasis Android bertema fotosintesis yang dikembangkan menggunakan Unity dengan metode Game Development Life Cycle (GDLC) dan algoritma Finite State Machine (FSM) untuk mengatur kondisi pertumbuhan tanaman berdasarkan faktor lingkungan. Game ini mampu memvisualisasikan proses fotosintesis secara interaktif sebagai media penunjang pembelajaran IPAS di MI Aulia Cendekia. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai rancangan Black Box Testing 100%, tingkat penerimaan pengguna berada pada kategori Layak UAT 78,13%, serta rata-rata pemahaman siswa meningkat dari 72,00 menjadi 90,67 dengan N-Gain 0,66 kategori Sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa simulasi berbasis FSM berpotensi diterapkan sebagai media penunjang pembelajaran untuk materi IPAS lain yang bersifat proses bertahap dan sulit diamati secara langsung, tidak terbatas pada materi fotosintesis.

5. SARAN

Sebagai pengembangan lebih lanjut, sistem FSM yang saat ini bersifat statis dapat dikembangkan menjadi lebih dinamis melalui penerapan algoritma machine learning seperti reinforcement learning, yang terbukti mampu meningkatkan efektivitas sistem pembelajaran adaptif pada game edukasi [15], untuk menyesuaikan tingkat kesulitan secara otomatis

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

berdasarkan pola bermain siswa, serta game dapat dikembangkan ke platform iOS atau web browser agar jangkauan penggunanya lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya dan MI Aulia Cendekia yang telah memberikan dukungan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Arsia Rini dan Arif Prambayun yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak MI Aulia Cendekia Palembang yang telah memberikan izin dan dukungan selama pelaksanaan penelitian, serta kepada rekan-rekan yang telah membantu dan memberikan dukungan moral selama proses penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. P. Gagasi, W. Oktavia, and G. Wirawan, "Pengaruh media diorama terhadap hasil belajar siswa dalam pembelajaran IPAS materi fotosintesis kelas IV," *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, vol. 11, no. 1, pp. 82–93, Mar. 2026. [Online]. Available: https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/42847

[2] A. Yusuf, E. Zumrotun, and M. Muhaimin, "Pengaruh media komik sains fotosintesis terhadap motivasi belajar IPAS di sekolah dasar," *Tunas Nusantara: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, vol. 8, no. 1, pp. 59–67, Apr. 2026. [Online]. Available: https://ejournal.unisnu.ac.id/jtn/article/view/9585

[3] D. Divania and Sukmawarti, "Pengembangan LKPD interaktif berbasis game edukasi untuk meningkatkan keterampilan proses pada pembelajaran IPAS materi fotosintesis di SD," *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, vol. 9, no. 3, pp. 414–422, Sep. 2024. [Online]. Available: https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/18831

[4] N. Pajriati, N. Hermita, and R. G. S. Baroqah, "Implementasi media diorama fotosintesis berbasis problem based learning pada pembelajaran IPAS kelas IV SDN 37 Pekanbaru," *J-KIP (Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan)*, vol. 7, no. 1, pp. 457–466, Feb. 2026, https://doi.org/10.25157/j-kip.v7i1.19291.

[5] D. Susilowati, Sukamto, N. P. Rahayu, and K. Abdullah, "Penerapan model quantum learning untuk meningkatkan hasil belajar dalam eksperimen sederhana melalui game pada materi proses fotosintesis di kelas IVA SD Islam Al Madina," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Profesi Guru*, Semarang, Indonesia, Nov. 2023. [Online]. Available: https://conference.upgris.ac.id/index.php/psnppg/article/view/5307

[6] Arbansyah, "Implementasi finite state machine (FSM) pada agent permainan game Lost Animal at Borneo berbasis Android," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, no. 2, pp. 144–151, 2022, https://doi.org/10.37859/coscitech.v3i2.3921.

[7] M. Fadhil, F. Damayanti, and Sarudin, "Penerapan metode game development life cycle pada game edukasi pengenalan sejarah suku Kluet," *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikas*i, vol. 2, no. 2, pp. 140-151, 2024. [Online]. Available: https://journal.aptii.or.id/index.php/Bridge/article/view/427

[8] Asrianda and Zulfadli, "Konsep finite state machine dan implementasinya pada game," *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 141–146, 2022. [Online]. Available: https://ojs.unimal.ac.id/sisfo/article/view/8352

[9] A. Fahrezi, F. N. Salam, G. M. Ibrahim, R. Rahman, and A. Saifudin, "Pengujian black box testing pada aplikasi inventori barang berbasis web di PT. AINO Indonesia," *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2022. [Online]. Available: https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic/article/view/1262

[10] L. T. Sugiyanto, D. Andriani, and R. Adimayuda "Implementasi model pembelajaran think pair share (TPS) dengan media pembelajaran PhET untuk meningkatkan hasil belajar

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026

kognitif siswa," *Pendikdas: Jurnal Pendidikan Dasar*, vol. 7, no. 1, pp. 246-253, 2026. [Online]. Available: https://jurnal.habi.ac.id/index.php/Pendikdas/article/view/1453

[11] A. Wahab, Junaedi, and M. Azhar, "Efektivitas pembelajaran statistika pendidikan menggunakan uji peningkatan N-Gain di PGMI," *Jurnal Basicedu*, vol. 5, no. 2, pp. 85-97, 2021. [Online]. Available: https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/845

[12] M. F. Taufikillah, N. Hayati, and Andriningsih, "Pembuatan game The Legend of the Mouse Deer and the Crocodile dengan menggunakan Unity," *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT)*, vol. 3, no. 2, pp. 92-100, Mar. 2026. [Online]. Available: https://journal.ppmi.web.id/index.php/jcsit/article/view/2037

[13] A. Amri, Z. Yunizar, and H. A. K. Aidilof, "Penerapan metode finite state machine dalam game 'Keteguhan Lisa' menggunakan RPG Maker MV dan Android Studio," *in Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Teknik Informatika (SENASTIKA)*, Lhokseumawe, Indonesia, 2024. [Online]. Available: https://proceedings.unimal.ac.id/senastika/article/view/831

[14] A. R. Novianto and S. Rani, "Pengembangan desain UI/UX aplikasi Learning Management System dengan pendekatan User Centered Design," *Jurnal Sains, Nalar, dan Aplikasi Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 1, pp. 21–32, 2022. [Online]. Available: https://journal.uii.ac.id/jurnalsnati/article/view/23625/14150.

[15] R. Agus, S. M. Samuri, and R. E. Hidayah, "Pengembangan game edukasi logika dengan sistem pembelajaran adaptif berbasis reinforcement learning," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)*, vol. 5, no. 10, pp. 3085–3093, Oct. 2025, [Online]. Available: Tampilan Pengembangan Game Edukasi Logika dengan Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Reinforcement Learning.

Submitted: 4 September 2026
Published: 30 September 2026