

# Implementasi Algoritma *Breadth First Search* untuk Pencarian Solusi Pada Game *Slide Puzzle* Pengenalan Hewan

Abda Naufal Zabar<sup>1</sup>, Rio Andriyat Krisdiawan<sup>2\*</sup>, Nida Amalia Asikin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Informatika, Universitas Kuningan, Kuningan, Indonesia

Email: <sup>1</sup> 20190810022@uniku.ac.id, <sup>2</sup> rio.andriyat@uniku.ac.id, <sup>3\*</sup> nida.amalia.asikin@uniku.ac.id

**Abstrak**—Keterbatasan Alat Permainan Edukatif (APE) yang interaktif di PAUD masih menjadi tantangan dalam menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan dan bermakna. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game slide puzzle berbasis Android sebagai media pembelajaran alternatif untuk pengenalan hewan bagi anak usia dini, dengan mengimplementasikan algoritma Breadth First Search (BFS) sebagai solusi otomatisasi penyusunan puzzle. Metodologi pengembangan menggunakan Game Development Life Cycle (GDLC) melalui enam tahapan, mulai dari initiation hingga release. Game diuji melalui pengujian black box, white box, dan User Acceptance Testing (UAT) pada 52 siswa PAUD Tunas Harapan. Hasil menunjukkan bahwa 96% siswa merasa game ini menarik, mudah digunakan, dan membantu mengenal nama serta bentuk hewan secara lebih interaktif. Algoritma BFS terbukti mampu memvalidasi solusi secara sistematis dan efisien. Integrasi BFS ke dalam game edukatif ini memberikan kontribusi baru dalam pengembangan APE berbasis teknologi yang adaptif dan kognitif, serta berpotensi diimplementasikan secara luas pada lembaga pendidikan anak usia dini.

**Kata Kunci:** Paud, Game *Puzzle*, *Bfs*, Pengenalan Hewan, Alat Permainan Edukatif

**Abstract**— The lack of interactive Educational Play Tools (APE) in early childhood education (PAUD) remains a major challenge in providing engaging and meaningful learning experiences. This study aims to develop an Android-based slide puzzle game as an alternative learning medium for animal recognition in young children, by implementing the Breadth First Search (BFS) algorithm to automate puzzle solving. The development methodology follows the Game Development Life Cycle (GDLC) through six phases, from initiation to release. The game was tested using black-box, white-box, and User Acceptance Testing (UAT) on 52 students at PAUD Tunas Harapan. Results showed that 96% of students found the game engaging, easy to use, and helpful in recognizing animal names and shapes in a more interactive way. The BFS algorithm effectively validated puzzle solutions systematically and efficiently. The integration of BFS into this educational game contributes to the development of adaptive and cognitive technology-based APE, with potential for broader implementation in early childhood education institutions.

**Keywords:** Educational Game, APE, BFS, Slide Puzzle, Early Childhood, Interactive Learning

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) merupakan fondasi penting dalam pembentukan karakter dan perkembangan kognitif anak, sehingga penyelenggaraannya perlu mendapat perhatian yang serius. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa masih banyak satuan PAUD yang belum memenuhi standar mutu sebagaimana yang ditetapkan dalam regulasi pendidikan nasional. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan Alat Permainan Edukatif (APE) yang berfungsi sebagai sarana pendukung pembelajaran berbasis bermain [1]. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan mencatat bahwa media pembelajaran yang digunakan masih didominasi oleh buku, gambar statis, dan poster, yang kurang mampu merangsang rasa ingin tahu dan interaksi aktif anak [2]. Padahal, anak usia dini cenderung menunjukkan ketertarikan tinggi terhadap aktivitas permainan yang interaktif, berwarna cerah, serta menyajikan elemen visual yang mampu meningkatkan fokus dan konsentrasi mereka [3].

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu pendidik di PAUD Tunas Harapan, Desa Kahiyangan, menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih belum mengoptimalkan penggunaan Alat Permainan Edukatif (APE). Kegiatan belajar mengajar cenderung masih bergantung pada media konvensional seperti buku dan poster bergambar, yang dinilai kurang efektif karena minimnya interaktivitas. Hal ini menyebabkan anak-anak cepat merasa bosan dan kurang tertarik, mengingat karakteristik anak usia dini yang lebih menyukai pembelajaran berbasis permainan dan pengalaman langsung. Pendekatan konvensional yang minim stimulasi sensorik dan partisipatif dianggap kurang sesuai dengan kebutuhan perkembangan mereka.

Game edukasi menjadi salah satu bentuk media interaktif yang menjanjikan untuk menjembatani kebutuhan tersebut. Jenis game edukasi yang cocok untuk anak usia dini meliputi puzzle, kuis interaktif, permainan memori, dan simulasi sederhana [4], [5], [6], [7]. Game edukasi puzzle secara khusus dikembangkan untuk merangsang kemampuan berpikir kritis, meningkatkan konsentrasi, serta melatih penyelesaian masalah dalam konteks visual dan logis [2], [8], [9]. Dalam konteks ini, game bukan hanya sebagai media hiburan, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai pendekatan pembelajaran yang menyenangkan dan bermakna [7], [10], [11], [12]. Genre game puzzle sangat sesuai karena memiliki karakteristik gameplay yang sederhana, dapat disesuaikan dengan konteks lokal, dan mampu melibatkan partisipasi anak dalam proses berpikir strategis [4].

Meskipun terdapat banyak game edukatif yang dikembangkan untuk anak usia dini, sebagian besar hanya mengandalkan elemen visual dan audio tanpa dilengkapi mekanisme logika penyelesaian yang mendalam. Minimnya integrasi algoritma kecerdasan buatan atau metode pencarian solusi sistematis menjadi salah satu kelemahan utama.

Padahal, integrasi logika algoritmik dapat memperkaya pengalaman belajar anak dan sekaligus meningkatkan tantangan kognitif.

Dalam pengembangan game edukasi berbasis puzzle, dibutuhkan sistem logika yang mampu menangani pencarian solusi secara efisien, terutama ketika game tersebut dirancang untuk mengasah kemampuan berpikir strategis dan pemecahan masalah anak. Algoritma Breadth First Search (BFS) bekerja dengan cara menelusuri jalur dari kondisi awal menuju kondisi tujuan secara sistematis, dengan mengeksplorasi semua kemungkinan pada satu tingkat sebelum berlanjut ke tingkat berikutnya. Pendekatan ini memungkinkan algoritma untuk menemukan solusi yang paling pendek atau optimal dari sebuah permasalahan. Dalam konteks game puzzle seperti penyusunan gambar yang teracak, algoritma BFS dapat dimanfaatkan untuk menentukan urutan langkah yang tepat dalam menyusun kepingan puzzle, sekaligus memberikan tantangan logika kepada pemain [13], [14]. . [9].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan game edukatif untuk anak usia dini menggunakan media digital berbasis Android, seperti game pengenalan alat musik tradisional [15], Biota laut [12], dan pemilahan sampah [16]. Namun, sebagian besar aplikasi tersebut menekankan pada visualisasi dan animasi tanpa mengintegrasikan mekanisme pencarian solusi atau algoritma pemecahan masalah. Padahal, algoritma BFS adalah algoritma pencarian tidak berbobot yang menjamin solusi optimal dan telah banyak digunakan dalam pemecahan masalah pada struktur pohon atau graf, termasuk dalam game puzzle klasik seperti 8-puzzle atau sliding tile games [17], [18]. BFS juga cocok diterapkan dalam game edukasi karena mampu menghasilkan jalur solusi yang sistematis dan mudah divalidasi. Studi oleh Setiawan et al. (2018) menunjukkan penggunaan BFS dalam game strategi sederhana seperti tic-tac-toe, namun belum diimplementasikan dalam konteks pembelajaran anak usia dini [18]. Sementara itu, Koenig dan Likhachev (2005) menunjukkan bahwa BFS sangat efisien untuk eksplorasi jalur optimal di lingkungan dinamis seperti robotika dan navigasi, tetapi penerapannya dalam game edukatif anak masih sangat terbatas [19].

Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan mengadaptasi algoritma BFS dalam pengembangan game edukatif berbasis puzzle untuk pengenalan hewan pada jenjang PAUD. Integrasi ini tidak hanya memperkaya fungsi edukatif dari game, tetapi juga memperkuat dimensi logis dari Alat Permainan Edukatif (APE) berbasis teknologi digital.

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game edukasi berbasis puzzle sebagai media pembelajaran pengenalan hewan untuk anak usia dini. Game ini mengintegrasikan algoritma Breadth First Search (BFS) sebagai mekanisme logika dalam penyelesaian dan validasi puzzle. Kontribusi utama dari studi ini adalah memperkaya ranah APE berbasis digital dengan pendekatan algoritmik, sehingga mampu meningkatkan aspek kognitif sekaligus menarik secara interaktif. Secara teoritis, penelitian ini memperluas implementasi BFS dalam sistem pembelajaran, dan secara praktis mendukung metode belajar sambil bermain yang lebih adaptif di lingkungan PAUD.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode kualitatif-deskriptif dengan pendekatan rekayasa perangkat lunak berbasis studi pengembangan sistem. Untuk memperoleh data yang valid dan relevan, dilakukan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut:

#### a. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memahami dan memperoleh landasan teoritis serta konsep-konsep yang mendukung pengembangan sistem. Literatur yang dikaji meliputi teori media pembelajaran interaktif pada PAUD, pemanfaatan Alat Permainan Edukatif (APE), algoritma Breadth First Search (BFS), serta model pengembangan game berbasis edukatif. Sumber pustaka berasal dari jurnal terindeks nasional dan internasional, prosiding, buku referensi ilmiah, serta artikel penelitian sebelumnya yang relevan.

#### b. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung ke lokasi penelitian, yaitu PAUD Tunas Harapan, Desa Kahiyangan, guna memperoleh informasi empiris tentang kondisi kegiatan pembelajaran, ketersediaan media interaktif, serta kebiasaan belajar anak usia dini. Teknik observasi yang digunakan bersifat non-partisipatif, di mana peneliti mencatat aktivitas siswa dan guru secara sistematis untuk mengidentifikasi permasalahan yang dapat disolusikan melalui pengembangan game edukatif. penelitian.

#### c. Wawancara Terstruktur

Wawancara dilakukan secara langsung dengan guru kelas (Ibu Idah Ummuh Maidah) sebagai responden utama. Wawancara dilakukan dengan panduan instrumen yang telah disusun sebelumnya untuk memperoleh data mendalam terkait kebutuhan media pembelajaran, respon siswa terhadap APE yang ada, dan tantangan pembelajaran berbasis konvensional. Wawancara direkam, ditranskrip, dan dianalisis secara deskriptif.

#### d. Dokumentasi dan Artefak Pendukung

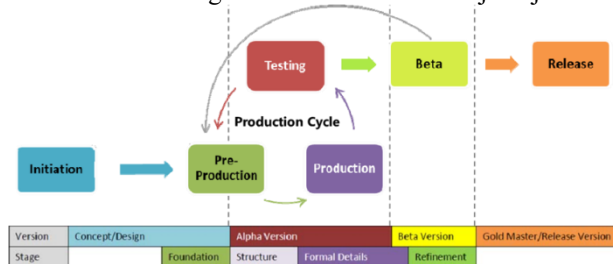
Data tambahan berupa dokumentasi visual aktivitas pembelajaran, gambar media yang digunakan sebelumnya, dan catatan kurikulum PAUD diperoleh sebagai bagian dari bahan penunjang. Selain itu, digunakan juga referensi visual

seperti storyboard awal, sketsa antarmuka game, serta hasil uji coba versi prototipe awal untuk mendukung validitas proses rekayasa sistem.

**2.1 Metode Pengembangan Sistem**

Pengembangan sistem dalam penelitian ini dilakukan menggunakan model Game Development Life Cycle (GDLC) yang ditunjukkan pada gambar 1. GDLC merupakan pendekatan iteratif dalam pengembangan game yang mencakup enam tahap utama, yaitu:

1. **Initiation** – Penetapan ide dan kebutuhan pengguna berdasarkan hasil observasi dan wawancara.
2. **Pre-production** – Perancangan alur permainan, pembuatan desain awal antarmuka, dan perumusan kebutuhan sistem.
3. **Production** – Implementasi logika permainan, pengkodean program dengan Unity, serta integrasi algoritma BFS ke dalam sistem.
4. **Testing** – Pengujian sistem menggunakan metode black box, white box, dan evaluasi fungsionalitas antarmuka pengguna.
5. **Beta** – Uji coba terbatas dengan kelompok kecil siswa untuk memperoleh feedback awal.
6. **Release** – Peluncuran versi final untuk digunakan oleh seluruh subjek uji.

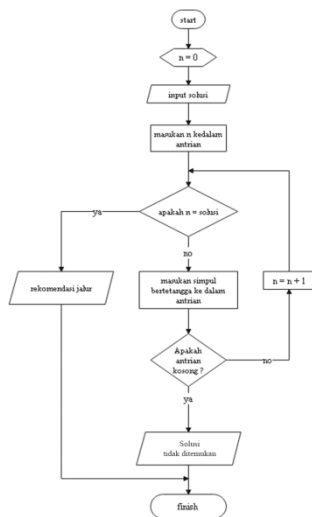


Gambar 1. Metode pengembangan GDLC[8]

Model ini dipilih karena mampu mengakomodasi siklus pengembangan sistem interaktif yang kompleks dan membutuhkan validasi langsung terhadap pengguna target [8].

**2.1 Metode Penyelesaian Masalah**

Pemecahan masalah dalam permainan ini didasarkan pada algoritma Breadth First Search (BFS). BFS merupakan algoritma pencarian graf yang bekerja dengan menjelajahi simpul secara level demi level (breadth), dan menjamin ditemukannya solusi terpendek jika solusi tersebut ada [18]. BFS menggunakan struktur antrian (queue) untuk menyimpan simpul yang telah dikunjungi, dan mengeksplorasi seluruh simpul tetangga terlebih dahulu sebelum berpindah ke tingkat berikutnya.



Gambar 2. Flowchart Algoritma BFS

Alur kerja algoritma BFS secara umum adalah sebagai berikut:

1. Masukkan simpul awal (root node) ke dalam antrian.
2. Ambil simpul dari awal antrian, periksa apakah simpul merupakan solusi.
3. Jika simpul adalah solusi, maka pencarian selesai.
4. Jika bukan, masukkan seluruh simpul tetangga ke dalam antrian.
5. Ulangi proses hingga ditemukan solusi atau antrian kosong.

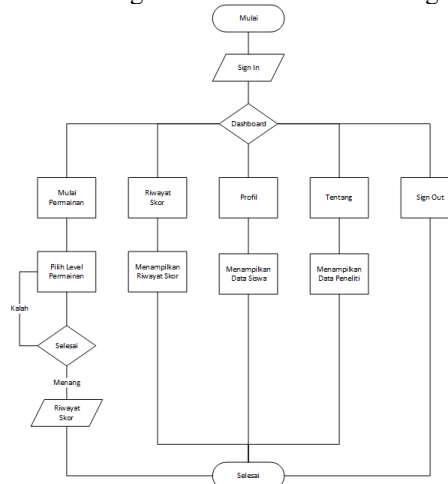
Flowchart algoritma BFS ditunjukkan pada Gambar 2. Implementasi BFS dalam game puzzle digunakan untuk mengecek validitas penyusunan gambar secara otomatis dan mendeteksi apakah langkah pengguna mencapai konfigurasi akhir yang benar. Keunggulan BFS adalah kemampuannya untuk menyederhanakan jalur penyelesaian dengan urutan logis dan memberikan kemungkinan untuk diadaptasikan pada tingkat kesulitan permainan yang berbeda [20], [21]. Oleh karena itu, algoritma ini sangat cocok diterapkan pada game edukatif berbasis puzzle seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Game Design Document (GDD)

##### 1. Game Layout Chart

Game Layout Chart dari Game Slide Puzzle Pengenalan Hewan adalah sebagai berikut :




Gambar 3. Game Layout Chart Slide Puzzle Pengenalan Hewan

Game layout chart pada gambar di atas menggambarkan proses navigasi pengguna dalam sistem. Sign In untuk autentikasi pengguna. Setelah berhasil masuk, pengguna diarahkan ke Dashboard, yang berfungsi sebagai pusat kendali utama dan pengguna dapat memilih berbagai opsi. Di antaranya adalah Mulai Permainan, yang mencakup pemilihan tingkat permainan dan menghasilkan dua kemungkinan akhir, yaitu Kalah atau Menang. Setelah menang, pengguna dapat mengakses Riwayat Skor untuk melihat skor yang dihasilkan di permainan sebelumnya. Selain itu, tersedia pilihan Profil untuk melihat data pribadi, Tentang untuk informasi terkait aplikasi atau profil peneliti, dan Sign Out untuk keluar dari sistem.

##### 2. StoryBoard Game

Game Story Board / Story Line dari Game Slide Puzzle Pengenalan Hewan disajikan pada table 1.

Tabel 1. Story Board Game Slide Puzzle Pengenalan Hewan

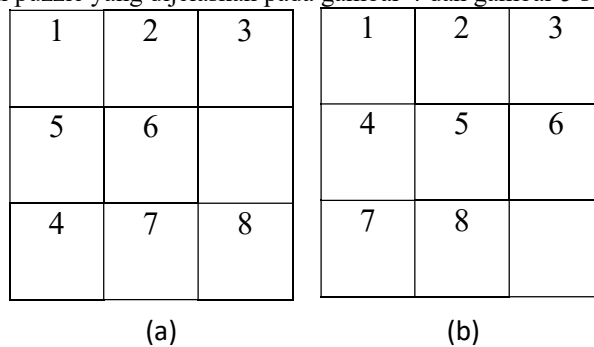
Scene	Visual	Audio	Storyline
Scene 1		<p><b>Backsound</b> : Music pengiring lembut.</p> <p><b>Sound FX</b> : Suara tombol klik</p>	<p>Player dapat memilih untuk memulai permainan, melihat riwayat skor, melihat profil, atau melihat informasi tentang game sesuai tombol yang dipilih.</p>



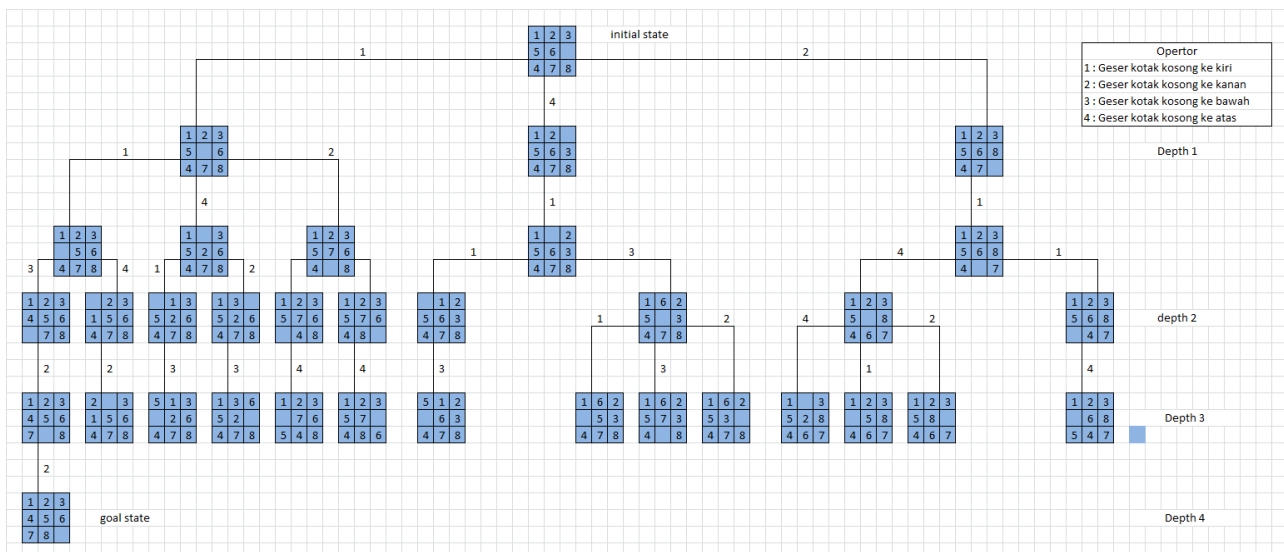
<p>Scene 2</p>		<p><b>Backsound</b> : Music pengiring riang  <b>Sound FX</b> : Suara tombol klik</p>	<p>Player dapat memilih level permainan berdasarkan jenis potongan puzzle (mudah, sedang, sulit)</p>
<p>Scene 3</p>		<p><b>Backsound</b> : Music pengiring detang jarum jam  <b>Sound FX</b> : Suara tombol klik</p>	<p>Player dapat mendrag untuk menggeser blok puzzle ke posisi kosong hingga seluruh puzzle tersusun dengan benar. Di bagian bawah puzzle, terdapat teks yang menampilkan solusi untuk menyelesaikan puzzle menggunakan algoritma <i>Breadth-First Search</i>. Terdapat juga timer yang berfungsi mengatur skor pada saat puzzle diselesaikan.</p>

**3.2 Implementasi BFS pada Game**

Pemecahan masalah dalam permainan ini didasarkan pada algoritma Breadth First Search (BFS) yang diimplementasikan pada Solusi pemecahan susunan puzzle yang dijelaskan pada gambar 4 dan gambar 5 sebagai berikut :



**Gambar 4.** Ilustrasi Puzzle 3x3, (a) Initial State dan (b) Goal State



**Gambar 5.** Operasi Pergeseran BFS dari Initial State ke Goal State

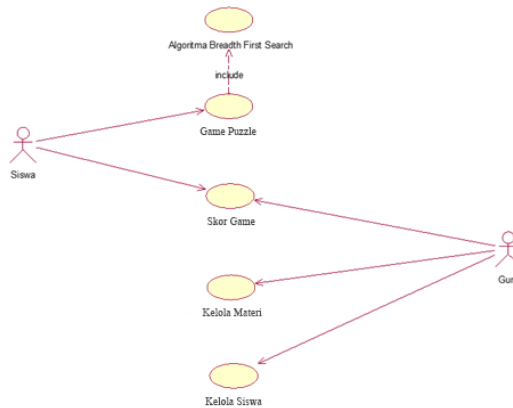


Dari gambar 4 dan 5 tersebut, dijelaskan setiap langkah dari initial state untuk memenuhi goal dengan urutan langkah algoritma BFS, dengan penjelasan sebagai berikut :

1. State : deskripsi dari lokasi masing-masing kotak dan untuk efisiensi dari Bergeraknya kotak.
2. Initial state : konfigurasi awal dari sebuah puzzle, kali ini kita menggunakan puzzle dengan 3x3 dimana ada sembilan kotak dari sembilan kotak tersebut memiliki satu sel kotak yang kosong.
3. Successor Function : menggerakkan kotak kosong ke kiri, kanan,atas, bawah.
4. Goal Test : apakah state cocok dengan konfigurasi pada sebelah kanan ?atau pada konfigurasi lainnya?
5. Path Costs : tiap langkah memiliki 1 unit.

**3.3 Use Case Diagram Sistem Game**

Use case diagram mendeskripsikan interaksi antara guru dan siswa dengan sistem game yang akan dibuat. Berikut adalah use case diagram yang digambarkan.

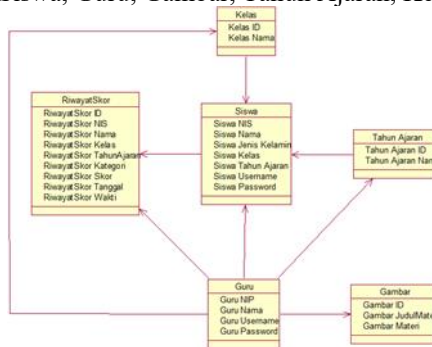


**Gambar 6.** Use Case Diagram Game Slide Puzzle Pengenalan Hewan

Berdasarkan use case diagram pada gambar 6, terdapat dua aktor, yaitu siswa dan guru. Siswa dapat bermain game slide puzzle dan melihat riwayat skor. Sementara itu, guru dapat mengelola gambar puzzle, judul materi, dan isi materi, serta mengelola data siswa dan pembelajaran

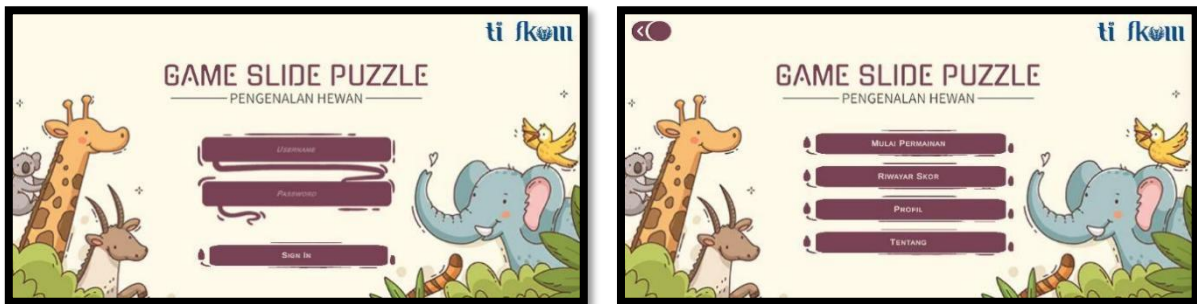
**3.4 Class Diagram**

Class diagram pada gambar 7 menggambarkan struktur kelas yang digunakan dalam sistem game pengenalan hewan. Terdapat beberapa kelas utama seperti Siswa, Guru, Gambar, Tahun Ajaran, Kelas dan RiwayatSkor.



**Gambar 7.** Class Diagram Game Slide Puzzle Pengenalan Hewan

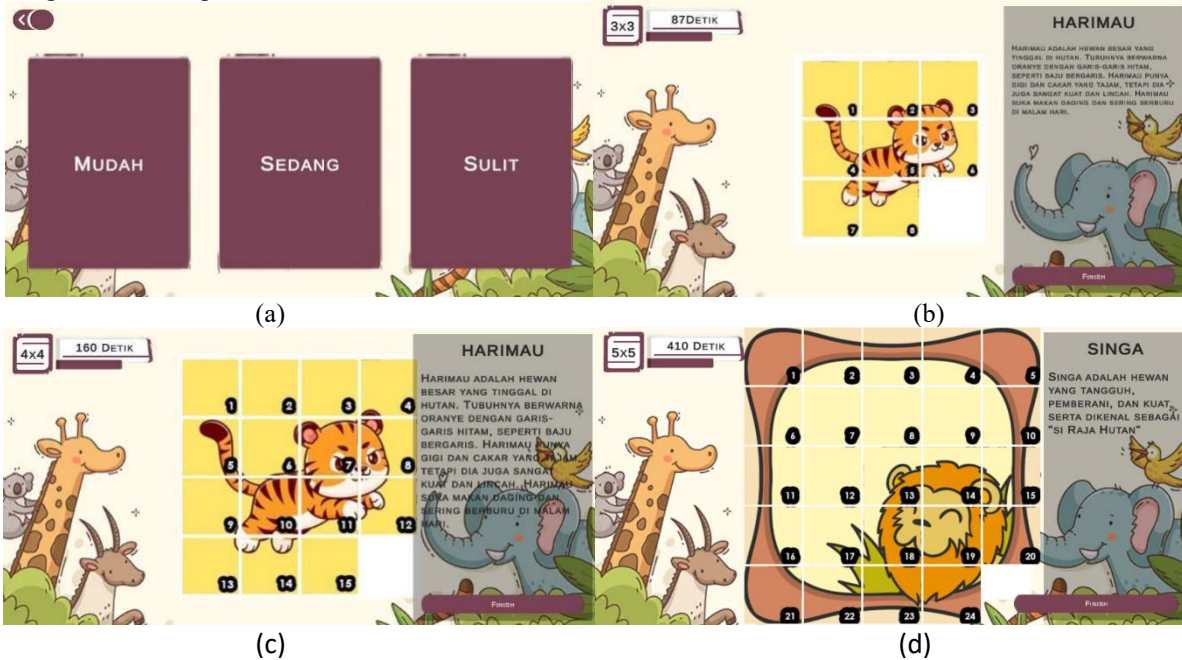
**3.5.3.6 Interface Game pengenalan Hewan**



(a) (b)

**Gambar 8.** Interface Game Slide Puzzle Pengenalan Hewan (a) Home Login Game, (b) Dashboard Game

Gambar 8(a) menunjukkan tampilan halaman login yang berfungsi sebagai autentikasi pengguna sebelum memasuki permainan. Gambar 8(b) menampilkan menu utama dengan navigasi sederhana seperti Mulai Permainan dan Riwayat Skor. Desain antarmuka memanfaatkan ilustrasi hewan yang menarik dan ramah anak, serta warna yang lembut dan layout yang intuitif. Tampilan ini mendukung fungsi game sebagai Alat Permainan Edukatif (APE) berbasis digital, yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan anak dan memfasilitasi proses pengenalan hewan secara interaktif.



Gambar 9. Interface Level game (a)Pemilihan level, (b)Level mudah3x3, (c)Level sedang 4x4, (c)Level sulit5x5

Gambar 9(a) menunjukkan antarmuka pemilihan level permainan yang terdiri atas tiga tingkat kesulitan: *Mudah*, *Sedang*, dan *Sulit*. Setiap level merepresentasikan kompleksitas jumlah potongan puzzle, yaitu 3x3, 4x4, dan 5x5 secara berurutan. Gambar 9(b) menampilkan gameplay pada level mudah (3x3) dengan waktu penyelesaian lebih singkat dan jumlah potongan lebih sedikit, cocok untuk tahap awal eksplorasi anak. Gambar 9(c) memperlihatkan level sedang (4x4) dengan tingkat tantangan visual yang lebih tinggi, sedangkan Gambar 9(d) menunjukkan level sulit (5x5) yang memerlukan kemampuan berpikir logis dan kesabaran lebih tinggi. Masing-masing level dilengkapi dengan deskripsi naratif hewan secara informatif, mendukung aspek literasi anak usia dini. Fitur level bertingkat ini dirancang untuk melatih keterampilan kognitif anak secara bertahap, sesuai prinsip *scaffolding learning* dalam pengembangan media edukatif berbasis Alat Permainan Edukatif (APE).



Gambar 10. Riwayat dan skor permainan

Gambar 10 memperlihatkan antarmuka riwayat skor pemain berdasarkan level permainan yang telah diselesaikan. Informasi yang ditampilkan mencakup NIS, nama siswa, kelas, tahun ajaran, tanggal, waktu, level (misalnya 3x3 atau 4x4), dan skor akhir yang diperoleh. Fitur ini dirancang untuk merekam performa individu secara sistematis, memungkinkan guru atau orang tua melakukan pemantauan perkembangan kognitif anak dari waktu ke waktu. Selain itu, sistem pencatatan skor ini mendorong aspek motivasi dan kompetisi sehat, yang penting dalam proses pembelajaran anak usia dini. Penyajian data yang terstruktur menjadikan game ini tidak hanya sebagai media bermain, tetapi juga sebagai alat evaluasi nonformal dalam konteks Alat Permainan Edukatif (APE) berbasis digital.

### 3.6 Pengujian Game (Alpha Testing)

Tahap pengujian alpha dilakukan setelah proses pengembangan inti selesai, sebagai bagian dari validasi internal sistem dalam kerangka model GDLC. Pengujian dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu **black-box testing** dan **white-box testing**.



3.6.1 Pengujian Black Box

Pengujian **black-box** bertujuan untuk memastikan bahwa semua fungsi utama dalam game dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi. Pengujian ini mencakup verifikasi tombol navigasi, pemilihan level, tampilan gambar puzzle, pencatatan skor, dan sistem login. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama berfungsi dengan baik tanpa kesalahan fungsional yang signifikan.

Tabel 2. Pengujian Blackbox Game

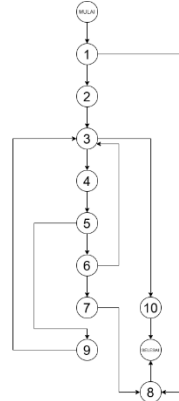
No.	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang diharapkan	Hasil	Kesimpulan
1.	Siswa Sign In	Siswa <i>username</i> dan <i>password</i> sesuai.	Sistem menerima input dan validasi ke <i>firebase</i> serta halaman akan berpindah ke halaman <i>dashboard</i> .	Sesuai harapan	Valid
2.	Login	Siswa <i>username</i> dan <i>password</i> tidak sesuai	Sistem menerima input dan validasi ke <i>firebase</i> , menampilkan pesan “ <i>Username</i> atau <i>Password</i> Anda Salah”	Sesuai harapan	Valid
3.	Permainan	Siswa memilih level permainan.	Sistem menampilkan halaman konfirmasi memulai permainan.	Sesuai harapan	Valid
4.		Siswa mengkonfirmasi memulai permainan.	Sistem menampilkan permainan sesuai dengan level pilihan siswa.	Sesuai harapan	Valid
5.		Siswa menyelesaikan permainan.	Sistem akan menampilkan judul materi dan materi gambar puzzle.	Sesuai harapan	Valid
6.		Siswa menekan tombol <i>Finish</i> .	Sistem akan menampilkan riwayat Skor. Sistem akan meng- <i>input</i> data riwayat Skor tersebut ke <i>firebase</i> .	Sesuai harapan	Valid
7.	Riwayat Skor	Siswa memilih menu Riwayat Skor pada <i>dashboard</i>	Sistem akan menampilkan data riwayat skor yang ada pada <i>firebase</i> sesuai dengan akun siswa.	Sesuai harapan	Valid

3.6.2 Pengujian White Box

Pengujian **white-box** dilakukan dengan menelusuri logika program dan struktur alur kode, khususnya pada implementasi algoritma Breadth First Search (BFS) sebagai mekanisme validasi solusi puzzle. Pengujian dilakukan terhadap alur antrian simpul, proses pencocokan node, dan deteksi konfigurasi akhir puzzle. Hasil pengujian menunjukkan bahwa struktur logika dan alur eksekusi kode telah berjalan sesuai rancangan algoritmik, tanpa terjadi anomali dalam pencarian solusi.

Tabel 3. Pengujian WhiteBox Testing Game

No. State	Kode Program	No. State	Kode Program
1	<code>if (IsWinCondition(initialState)) {return new List&lt;string&gt; { initialState } ;}</code>	6	<code>visitedMap .Add(neighbour, node); queue.Enqueue(neighbour);</code>
2	<code>Dictionary&lt;string, string&gt; visitedMap = new Dictionary&lt;string, string&gt;(); Queue&lt;string&gt; queue = new Queue&lt;string&gt;(); queue.Enqueue(initialState);</code>	7	<code>if (IsWinCondition(neighbour)) {     return GeneratePath(visitedMap, neighbour); }</code>
3	<code>while (queue.Count &gt; 0) {string node = queue.Dequeue();</code>	8	<code>List&lt;string&gt; path = new List&lt;string&gt;(); string parent = endState; while (parentMap.ContainsKey(parent)) {path.Add(parent); parent = parentMap[parent];} return path;</code>
4	<code>foreach (string neighbour in GetNeighbourStates(node)){</code>	9	<code>if (!visitedMap.ContainsKey(node)) { visitedMap.Add(node, "");}</code>
5	<code>if (!visitedMap.ContainsKey(neighbour)) {</code>	10	<code>Debug.Log("Solusi tidak ditemukan!"); return null;</code>



Gambar 11. Cyclomatic Complexity WhiteBox Testing

Berdasarkan gambar 11, kita dapat menghitung Cyclomatic Complexity dengan rumus sebagai berikut:

$$V(G) = E - N + 2 \tag{1}$$

$V(G)$  = Cyclomatic Complexity untuk flow graph  $G$ ,

$E$  = Jumlah edge(panah)

$N$  = Jumlah node(lingkaran)

$P$  = Jumlah predicate node

Sehingga :

$$V(G) = E - N + 2$$

$$= 18 - 14 + 2$$

$$= 6$$

Berdasarkan perhitungan cyclomatic complexity di atas, terdapat 4 jalur independen, yaitu:

1. Mulai → N1 → N8 → Selesai
2. Mulai → N1 → N2 → N3 → N10 → Selesai
3. Mulai → N1 → N2 → N3 → N4 → N5 → N6 → N3 → N10 → Selesai
4. Mulai → N1 → N2 → N3 → N4 → N5 → N6 → N7 → N8 → Selesai
5. Mulai → N1 → N2 → N3 → N4 → N5 → N9 → N3 → N10 → Selesai
6. Mulai → N1 → N2 → N3 → N4 → N5 → N6 → N3 → N4 → N5 → N6 → N7 → N8 → Selesai
7. Mulai → N1 → N2 → N3 → N4 → N5 → N6 → N3 → N4 → N5 → N9 → N3 → N10 → Selesai

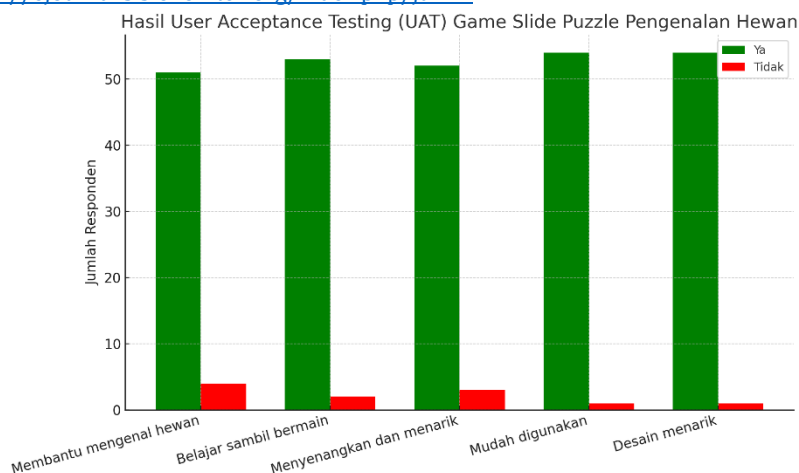
dilakukan dengan menelusuri logika program dan struktur alur kode, khususnya pada implementasi algoritma Breadth First Search (BFS) sebagai mekanisme validasi solusi puzzle. Pengujian dilakukan terhadap alur antrian simpul, proses pencocokan node, dan deteksi konfigurasi akhir puzzle. Hasil pengujian menunjukkan bahwa struktur logika dan alur eksekusi kode telah berjalan sesuai rancangan algoritmik, tanpa terjadi anomali dalam pencarian solusi.

### 3.7 Pengujian Game (Beta Testing)

Setelah sistem dinyatakan stabil secara internal, dilakukan tahap **beta testing** menggunakan pendekatan **User Acceptance Testing (UAT)**. Pengujian ini melibatkan pengguna akhir, yaitu siswa PAUD Tunas Harapan, yang menjadi target pengguna dari game edukasi ini. Pengujian ini melibatkan 55 siswa PAUD Tunas Harapan sebagai pengguna akhir untuk menilai aspek kemudahan penggunaan, daya tarik visual, dan pemahaman materi pengenalan hewan. Evaluasi dilakukan melalui tujuh pernyataan yang dijawab dengan skala dikotomi (“Ya” atau “Tidak”), guna memperoleh gambaran penerimaan pengguna terhadap fitur utama game.

Tabel 4. Tabel Hasil Uji UAT Siswa

NO	PERNYATAAN	YA	TIDAK
1	Slide Game Puzzle Pengenalan Hewan membantu anak-anak mengenal nama dan gambar hewan dengan cara bermain.	51	4
2	Slide Game Puzzle Pengenalan Hewan bisa menjadi alat belajar sambil bermain untuk anak-anak.	53	2
3	Slide Game Puzzle Pengenalan Hewan menyenangkan dan membuat anak-anak lebih tertarik belajar tentang hewan.	52	3
4	Slide Game Puzzle Pengenalan Hewan mudah digunakan oleh anak-anak.	54	1
5	Desain dan gambar pada Slide Game Puzzle Pengenalan Hewan menarik perhatian anak-anak.	54	1
<b>TOTAL</b>		<b>264</b>	<b>11</b>
<b>PERSENTASE</b>		<b>96%</b>	<b>4%</b>



Gambar 12. Visualisasi hasil User Acceptance Testing (UAT) untuk game Slide Puzzle Pengenalan Hewan

Tabel 4 menunjukkan hasil *User Acceptance Testing (UAT)* terhadap 55 siswa PAUD Tunas Harapan. Sebanyak 96% responden memberikan jawaban “Ya” terhadap tujuh pernyataan yang mencakup kemudahan penggunaan, daya tarik visual, serta kebermanfaatan game sebagai media pembelajaran pengenalan hewan. Hasil ini menunjukkan bahwa game diterima dengan sangat baik oleh pengguna akhir. Gambar 12 menyajikan visualisasi data dari Tabel 4. Grafik menunjukkan bahwa seluruh indikator memperoleh dominasi respon positif. Nilai tertinggi terdapat pada aspek kemudahan penggunaan dan desain visual, masing-masing dengan 54 respon “Ya”. Hasil ini memperkuat bahwa game telah sesuai dengan karakteristik anak PAUD dan efektif digunakan sebagai Alat Permainan Edukatif (APE) digital.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian, game *Slide Puzzle Pengenalan Hewan* yang dibangun dengan algoritma Breadth First Search (BFS) terbukti berfungsi secara optimal sebagai media pembelajaran interaktif untuk anak usia dini. Pengujian *black-box* dan *white-box* menunjukkan bahwa seluruh fitur dan logika algoritmik bekerja sesuai dengan rancangan, tanpa kesalahan fungsional. Sementara itu, hasil *beta testing* melalui *User Acceptance Testing (UAT)* yang melibatkan 55 siswa PAUD menunjukkan bahwa 96% responden memberikan tanggapan positif terhadap kemudahan penggunaan, daya tarik visual, serta manfaat game dalam mengenalkan hewan secara menyenangkan. Persentase dominan pada lima indikator utama menegaskan bahwa sistem telah diterima baik oleh pengguna akhir. Dengan demikian, integrasi algoritma BFS ke dalam gameplay edukatif tidak hanya memperkaya aspek logika permainan, tetapi juga berkontribusi terhadap penguatan fungsi game sebagai Alat Permainan Edukatif (APE) berbasis digital. Temuan ini mendukung bahwa pendekatan kombinitif antara teknologi, algoritma, dan konteks pembelajaran PAUD dapat menghasilkan solusi inovatif yang layak diimplementasikan dalam lingkungan pendidikan anak usia dini.

## REFERENCES

- [1] S. Wahid and A. Harun Pamungkas, “ALAT PERMAINAN EDUKATIF (APE) BERBASIS BAHAN LINGKUNGAN DALAM MENGATASI PERMASALAHAN PEMBELAJARAN PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,” *Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, doi: 10.5281/zenodo.1471716.
- [2] P. H. Pebriana, “Analisis Penggunaan Gadget terhadap Kemampuan Interaksi Sosial pada Anak Usia Dini,” *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, vol. 1, no. 1, p. 1, Jun. 2017, doi: 10.31004/obsesi.v1i1.26.
- [3] L. Winarni, R. Hasibuan, and U. A. Izzati, “Penerapan Media Permainan Ular Tangga Edukasi dalam Meningkatkan Kemampuan Mengenal Kata,” *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, vol. 7, no. 4, pp. 4543–4553, Aug. 2023, doi: 10.31004/obsesi.v7i4.4977.
- [4] Moch. Kholil, Rafika Akhsani, and Kristinanti Charisma, “Pengembangan Game Edukasi Pilah Sampah berbasis Android 2 Dimensi,” *JAMI: Jurnal Ahli Muda Indonesia*, vol. 1, no. 1, pp. 13–24, May 2020, doi: 10.46510/jami.v1i1.9.
- [5] Rio Andriyat Krisdiawan and Tri Ramdhany, “IMPLEMENTASI ALGORITMA FISHER YATES PADA GAMES EDUKASI PENGENALAN HEWAN UNTUK ANAK SD BERBASIS MOBILE ANDROID,” *Jurnal Komputer Bisnis*, pp. 14–22, Nov. 2018, Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <http://jurnal.lpkia.ac.id/index.php/jkb/article/view/213>
- [6] R. A. Krisdiawan, D. Husen, and N. A. Asikin, “Development of Multilingual Educational Game UI/UX Design for Animal Introduction and Interactive Learning Evaluation in Elementary Schools,” Apr. 2025. doi: <https://doi.org/10.21512/jggag.v10i1.12973>.



- [7] Rio Andriyat Krisdiawan, “PEMBUATAN GAME EDUKASI PENGENALAN HURUF ALFABET DAN ANGKA BERBASIS ANDROID,” *Jurnal Ilmu Komputer*, pp. 43–51, Mar. 2019, Accessed: Jun. 02, 2025. [Online]. Available: <http://45.118.112.109/ojspasim/index.php/ilkom/article/view/149>
- [8] R. A. Krisdiawan, “Implementasi Model Pengembangan Sistem GDLC dan Algoritma Linear Congruential Generator Pada Game Puzzle,” *Nuansa Informatika*, vol. 12, no. 2, pp. 1–9, Mar. 2018, doi: <https://doi.org/10.25134/nuansa.v12i2.1634>.
- [9] D. Hermawaty, R. A. Krisdiawan, and Y. Nurhayati, “GAME EDUKASI WORD SEARCH PUZZLE NAMA ANAK HEWAN DALAM BAHASA SUNDA MENGGUNAKAN ALGORITMA LINEAR CONGRUENT METHOD (LCM) DAN ALGORITMA KNUTH MORRIS PRATT (KMP) (Studi Kasus : SDN Pajawanlor),” *Nuansa Informatika*, vol. 13, no. 2, p. 24, 2019, doi: [10.25134/nuansa.v13i2.1946](https://doi.org/10.25134/nuansa.v13i2.1946).
- [10] D. Irsa, R. W. Saputra, and S. Primaini, “PERANCANGAN APLIKASI GAME EDUKASI PEMBELAJARAN ANAK USIA DINI MENGGUNAKAN LINEAR CONGRUENT METHOD (LCM) BERBASIS ANDROID,” *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, vol. 6, no. 2, Jun. 2016, doi: [10.36982/jiig.v6i1.4](https://doi.org/10.36982/jiig.v6i1.4).
- [11] C. Agustina and T. Wahyudi Program Studi Manajemen Informatika AMIK BSI Yogyakarta, “Aplikasi Game Pendidikan Berbasis Android Untuk Memperkenalkan Pakaian Adat Indonesia,” *IJSE – Indonesian Journal on Software Engineering*, vol. 1, no. 1, 2015, Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: [lppm3.bsi.ac.id/jurnal](http://lppm3.bsi.ac.id/jurnal)
- [12] R. A. Krisdiawan, R. Priantama, E. Praramdani, and H. Artikel, “Media Edukasi Biota Laut Berbasis Augmented Reality Menggunakan Metode Marker Based Tracking dengan Algoritma Fast Corner Detection,” *Digital Transformation Technology (Digitech) | e*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, Mar. 2023, doi: [10.47709/digitech.v3i1.2341](https://doi.org/10.47709/digitech.v3i1.2341).
- [13] A. Muhardono, “Penerapan Algoritma Breadth First Search dan Depth First Search pada Game Angka,” *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 171–182, Mar. 2023, doi: [10.33395/jmp.v12i1.12340](https://doi.org/10.33395/jmp.v12i1.12340).
- [14] U. Alkindi, N. Akhmad, Y. Kartiko, and T. Putro, “Implementasi Algoritma Breadth First Search Pada Pacman Untuk Mengatur Pergerakan Karakter,” 2018. [Online]. Available: <http://ejournal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom|Page|599>
- [15] I. K. Herry Saptiawan, I Gede Suardika, and I. M. Rudita, “GAME EDUKASI PUZZLE PENGENALAN ALAT MUSIK TRADISIONAL BALI BERBASIS ANDROID,” *JURNAL FASILKOM*, vol. 11, no. 1, pp. 1–6, Apr. 2021, doi: [10.37859/jf.v11i1.2526](https://doi.org/10.37859/jf.v11i1.2526).
- [16] Moch. Kholil, Rafika Akhsani, and Kristinanti Charisma, “Pengembangan Game Edukasi Pilah Sampah berbasis Android 2 Dimensi,” *JAMI: Jurnal Ahli Muda Indonesia*, vol. 1, no. 1, pp. 13–24, May 2020, doi: [10.46510/jami.v1i1.9](https://doi.org/10.46510/jami.v1i1.9).
- [17] H. D. Hutahaean, “PENERAPAN METODE BEST FIRST SEARCH PADA PERMAINAN TIC TAC TOE,” *Journal Of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, vol. 1, no. 1, pp. 10–15, Dec. 2018, doi: [10.47709/cnape.v1i1.3](https://doi.org/10.47709/cnape.v1i1.3).
- [18] J. Setiawan, F. A. Famerdi, D. Udjulawa, and Y. Yohannes, “Perbandingan Performa Algoritma Minimax dan Breadth First Search Pada Permainan Tic-Tac-Toe,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 4, no. 1, Apr. 2018, doi: [10.28932/jutisi.v4i1.757](https://doi.org/10.28932/jutisi.v4i1.757).
- [19] P. Tabuada, G. J. Pap, and P. Lima, “Motion feasibility of multi-agent formations,” *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 21, no. 3, pp. 387–392, Jun. 2005, doi: [10.1109/TRO.2004.839224](https://doi.org/10.1109/TRO.2004.839224).
- [20] F. VANDENBERGH and A. ENGELBRECHT, “A study of particle swarm optimization particle trajectories,” *Inf Sci (N Y)*, vol. 176, no. 8, pp. 937–971, Apr. 2006, doi: [10.1016/j.ins.2005.02.003](https://doi.org/10.1016/j.ins.2005.02.003).
- [21] M. Andrews and L. Zhang, “Almost-tight hardness of directed congestion minimization,” *Journal of the ACM*, vol. 55, no. 6, pp. 1–20, Dec. 2008, doi: [10.1145/1455248.1455251](https://doi.org/10.1145/1455248.1455251).