

Penerapan Algoritma A* Dan Edukasi Terhadap Anak Usia Dini Pada Game Kesiagaan Bencana Kebakaran

Rike Firda Silalahi¹, Gladly Charen Rorimpandey², Glenn D.P Maramis³

20210063@unima.ac.id¹, gladlycrorimpandey@unima.ac.id², gmaramis@unima.ac.id³

^{1,2,3} Universitas Negeri Manado

Informasi Artikel

Diterima : 18 Mei 2025

Direvisi : 3 Jun 2025

Disetujui : 16 Jun 2025

Kata Kunci

Algoritma A*, Game Edukasi, Kebakaran, MDLC, Unity, 3D)

Abstrak

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi dan dapat menyebabkan kerugian besar, baik secara material maupun psikologis terutama bagi anak-anak. Kurangnya edukasi mengenai kesiapsiagaan bencana kebakaran menjadi tantangan yang perlu diatasi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah game edukasi berbasis android menggunakan algoritma A* untuk membantu anak-anak memahami cara menghadapi situasi darurat kebakaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri dari enam tahap. Game yang dikembangkan berjudul Pici Sang Penakluk Api yang dirancang dalam format 3D menggunakan Unity. Algoritma A* diterapkan untuk menentukan jalur evakuasi yang optimal. Dalam tahap pengujian dilakukan dengan metode Black Box testing yang menunjukkan bahwa game berjalan sesuai dengan fungsionalitas yang dirancang. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman mengenai kesiapsiagaan terhadap kebakaran.

Keywords

A* Algorithm, Educational Games, Fire, MDLC, Unity, 3D)

Abstract

Fires are one of the most common disasters that can cause significant material and psychological losses, especially for children. The lack of education on fire disaster preparedness poses a challenge that needs to be addressed. This study aims to develop an educational game based on Android using the A* algorithm to help children understand how to respond to fire emergencies. The method used in this research is the Multimedia Development Life Cycle (MDLC), which consists of six stages. The game developed is titled Pici Sang Penakluk Api, designed in a 3D format using Unity. The A* algorithm is applied to determine the optimal evacuation route. The testing phase was conducted using the Black Box Testing method, which showed that the game functions as intended. The result of this study are expected to enhance awareness and understanding of fire preparedness.

A. Pendahuluan

Indonesia termasuk negara yang memiliki tingkat kerentanan tinggi termasuk kebakaran. Peristiwa kebakaran bisa terjadi di berbagai tempat seperti tempat tinggal, bangunan komersial hingga area terbuka. Secara umum kebakaran adalah suatu peristiwa yang diakibatkan oleh reaksi oksidasi yang berlangsung cepat dan menghasilkan panas dengan keberadaan bahan bakar, oksigen dan sumber panas sebagai pemicunya. Bencana kebakaran sering menimbulkan korban jiwa khususnya anak-anak dan dapat menimbulkan trauma mendalam. Hal ini diperburuk oleh kurangnya edukasi serta perhatian terhadap proses pemulihan pascabencana. Edukasi kebencanaan atau disaster education merupakan proses penting dalam membangun kesadaran masyarakat terhadap resiko melalui pembelajaran tentang pengetahuan dasar, pemahaman dan tindakan mitigatif serta pemulihan (Pratama, 2021).

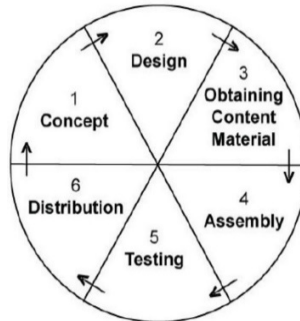
Dalam penelitian “Sistem Pelaporan Dini Bencana Kebakaran berbasis Mobile” menghasilkan aplikasi pelaporan dini kebakaran tidak game edukatif yang berfokus pada pencegahan, Sedangkan penelitian berbentuk game dan berfokus pada edukasi mitigasi bencana kebakaran untuk anak-anak usia dini. Selanjutnya dalam penelitian “Implementation Of A Algorithm In A Great Elephant Game With Unity 2D” menghasilkan penerapan algoritma A* pada game berbasis 2D untuk mencari jalur optimal yang digunakan untuk navigasi umum dalam game, Sedangkan penelitian saya menggabungkan algoritma A* dengan edukasi kebencanaan dalam mengembangkan karakter dan tantangan edukatif dimana algoritma digunakan untuk jalur evakuasi kebakaran. Ada juga penelitian “Pengembangan Media Pembelajaran Permainan Virtual Reality Tentang Penggunaan Apar Dengan Unity Game Engine Berbasis OpenXr menghasilkan aplikasi yang ditujukan pada anak remaja dengan memberikan visualisasi interaktif tentang penggunaan apar menggunakan VR sedangkan penelitian saya menghasilkan game edukasi 3D berbasis android menggunakan algoritma A* dan memberikan simulasi evakuasi kebakaran dalam game serta membantu pengguna dalam pengurangan trauma.

Kebaharuan pada penelitian ini adalah integrasi algoritma A* dalam game edukatif khusus untuk skenario evakuasi kebakaran yang ditujukan kepada anak-anak dan desain karakter 3D dan gameplay edukatif yang dikemas sesuai dengan daya serap anak usia dini. Sedangkan kontribusi dimana penelitian ini memberikan simulasi kesiapsiagaan bencana secara interaktif dan aman, Meningkatkan kesadaran dini anak-anak tentang kebakaran melalui pendekatan yang menyenangkan dan menyediakan media pembelajaran baru dalam bentuk game android yang mudah diakses.

Penelitian ini menggunakan Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri dari 6 tahap: konsep, perancangan, pengumpulan materi, pembuatan, pengujian, dan distribusi. Peneliti menggunakan metode MDLC dikarenakan sangat tepat untuk pengembangan aplikasi multimedia seperti game edukasi, mampu memberikan alur kerja yang terstruktur dari konseptualisasi hingga distribusi dan fleksibel dan sistematis, sehingga mendukung pengembangan konten pembelajaran yang berbasis visual, audio, dan interaktif.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *multimedia development life cycle* yang terdiri dari enam tahapan yaitu (1) perumusan konsep, (2) perancangan, (3) pengumpulan materi konten, (4) perakitan, (5) pengujian dan (6) distribusi.



Gambar 1. Tahap Multimedia Development Life Cycle

1. Konsep (*Concept*)

Tahap awal ini bertujuan untuk menentukan jenis permainan, tujuan dari permainan serta batasan usia pengguna.

2. Perancangan (*Design*)

Pada tahap ini dilakukan pembuatan diagram seperti use case diagram dan activity diagram serta desain antarmuka berupa wireframe dan storyboard untuk menggambarkan alur interaksi pengguna.

3. Pengumpulan Bahan (*Obtaining Content Material*)

Materi yang dibutuhkan untuk pengembangan game dikumpulkan termasuk asset visual, informasi kebakaran dan audio pendukung.

4. Pembuatan (*Asssembly*)

Proses pembuatan mencakup integrasi seluruh komponen multimedia ke dalam game menggunakan unity 3d. Pada tahap ini, algoritma A* diimplementasikan untuk mencari jalur evakuasi yang paling efisien.

5. Pengujian (*Testing*)

Pengujian game dilakukan dengan metode black box testing guna memastikan seluruh fitur berjalan sesuai dengan rancangan.

6. Distribusi (*Distribution*)

Setelah tahap pengujian selesai, game didistribusikan melalui platform digital agar dapat diakses oleh pengguna secara luas.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Konsep

Pada tahap ini ditetapkan tujuan utama dari pengembangan game serta konsep menyeluruh yang akan diterapkan selama proses pengembangan.

a. Tujuan Permainan

Game ini dikembangkan sarana belajar interaktif yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman anak-anak tentang pentingnya kesiapsiagaan dalam menghadapi kebakaran. Selain itu game juga menghadirkan berbagai tantangan bertema kebakaran guna memperluas wawasan serta melatih kemampuan respons pengguna dalam keadaan darurat.

b. Konsep Materi Pembelajaran dalam Permainan

Isi pembelajaran dalam game berfokus pada cara menghindari bahaya kebakaran dan tindakan awal yang dapat diambil dalam membantu pemadaman api. Penyampaian materi dirancang dalam bentuk langkah-langkah yang disesuaikan dengan topik permainan agar lebih mudah dipahami anak-anak.

c. Konsep Gameplay

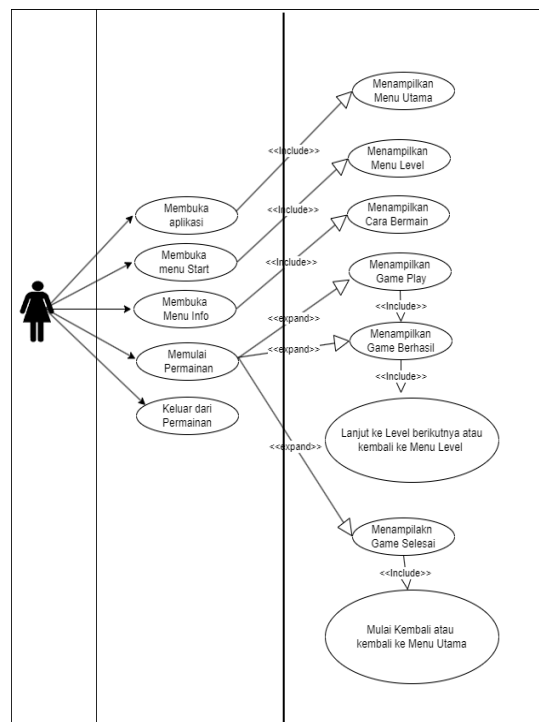
Gameplay dirancang agar pemain dapat terlibat langsung membantu karakter menyelesaikan tantangan di setiap level. Pemain harus tetap waspada karena terhadap objek seperti api yang ditampilkan sebagai rintangan. Pemain dianggap berhasil jika mampu menyelesaikan misi yang tersedia dalam level tersebut.

2. Perancangan

Pada tahap ini peneliti menyusun diagram *use case* untuk mengidentifikasi peran pengguna serta fungsi-fungsi yang harus dijalankan oleh sistem. Desain visual seperti *wireframe* dan *mockup* juga dibuat untuk menggambarkan kerangka awal aplikasi. Selanjutnya, disusun *storyboard* yang menjelaskan alur peristiwa dalam game serta fungsi masing-masing tombol.

a. Diagram use case

Menampilkan interaksi antara pengguna dan sistem dalam menjalankan fitur permainan.



Gambar 2. Use case Diagram Pici sang Penakluk Api

3. Pengumpulan Bahan

Dalam tahap ini peneliti mengumpulkan berbagai bahan materi yang dibutuhkan untuk pengembangan game. Adapun hasil dari tahap ini adalah sebagai berikut:

a. Informasi seputaran bencana kebakaran

Peneliti mencari dan mengkaji informasi terkait bencana kebakaran melalui berbagai media dan situs daring sebagai referensi dalam merancang tantangan yang akan diintegrasikan ke dalam permainan.

b. Aset

Peneliti mengumpulkan aset yang relevan dengan tema permainan guna meningkatkan daya tarik visual dalam permainan. Aset-aset tersebut diperoleh dari situs resmi yaitu *unity asset store*.

c. Audio

Audio memegang peranan penting dalam mendukung pengalaman bermain dalam sebuah permainan. Oleh karena itu, peneliti menelusuri musik latar bebas lisensi sebagai lagu tema (*theme song*) dalam permainan.

4. Pembuatan

Permainan *pici sang penakluk api* dikembangkan menggunakan game engine *unity 3d* dengan memanfaatkan berbagai aset yang telah dikumpulkan sebelumnya. Peneliti memulai proses perancangan dengan membuat tampilan antarmuka seperti menu utama, menu pause serta arena permainan yang disesuaikan dengan *storyboard* yang telah dirancang. Setelah tahap desain selesai, peneliti melanjutkan dengan proses pengkodean untuk mengatur pergerakan karakter, fungsionalitas tombol serta interaksi dengan objek-objek dalam permainan.

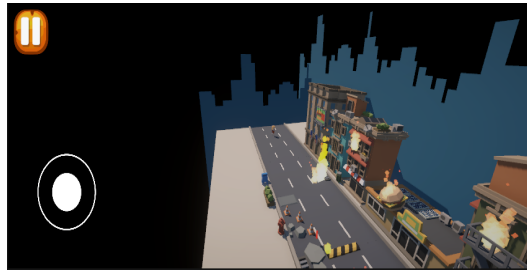
a. Desain halaman utama



Gambar 3. Halaman Utama

Gambar 10 menampilkan antarmuka menu utama yang terdiri atas beberapa elemen antara lain judul permainan, tombol “lagu” untuk mengaktifkan atau menonaktifkan lagu, tombol “start” untuk memulai permainan, tombol “info” untuk menyajikan informasi audio terkait kebakaran dan tombol “x” yang digunakan untuk keluar dari permainan.

b. Desain arena



Gambar 4. Arena Level 1



Gambar 5. Arena Level 2



Gambar 6. Arena Level 3

Gambar 17,18 dan 19 merupakan representasi dari arena permainan pada level 1, level 2 dan level 3 dalam *gameplay* permainan.

5. Distribusi

Pada tahap peneliti melakukan proses unggah aplikasi ke *play store* agar dapat diakses masyarakat secara bebas. Selain itu untuk keperluan pengujian aplikasi juga dibagikan melalui tautan yang disalin dan dibagikan kepada pengguna.

6. Implementasi algoritma pada permainan

Algoritma A* digunakan untuk mencari jalur evakuasi terpendek dan paling aman dalam game edukasi "Pici Sang Penakluk Api". Jalur ini disimulasikan dalam skenario kebakaran dengan berbagai rintangan seperti api, tembok, atau objek penghalang lainnya. (A-Star) adalah algoritma pencarian jalur optimal yang menggabungkan efisiensi algoritma Dijkstra dan Greedy Best-First Search. Dalam game "Pici Sang Penakluk Api", algoritma A* digunakan untuk menentukan jalur evakuasi terbaik saat simulasi kebakaran. Ini memungkinkan anak-anak memahami pentingnya memilih jalan aman dan cepat saat berada dalam kondisi darurat. Algoritma A* adalah metode pencarian jalur terpendek yang menggabungkan keakuratan algoritma Dijkstra dan efisiensi Greedy Best-First Search.

Di dalam Unity, algoritma A* dibagi dalam tiga komponen utama yaitu node.cs, GridManager.cs dan AStarPathfinding.cs.

a. Node cs.

```
public class Node
{
    public bool walkable;
    public Vector3 worldPosition;
    public int gridX, gridY;
    public int gCost, hCost;
    public Node parent;

    public int fCost { get { return gCost + hCost; } }

    public Node(bool walkable, Vector3 worldPosition,
        int gridX, int gridY)
    {
        this.walkable = walkable;
        this.worldPosition = worldPosition;
        this.gridX = gridX;
        this.gridY = gridY;
    }
}
```

Node merepresentasikan satu kotak di peta permainan. Setiap node menyimpan informasi tentang apakah ia bisa dilewati (misalnya tidak ada api atau tembok), posisi dunia 3D-nya, serta nilai biaya g, h, dan f. Node juga menyimpan referensi ke node sebelumnya (parent), yang diperlukan untuk merekonstruksi jalur terbaik setelah tujuan ditemukan

b. GridManager.cs

Komponen ini bertugas membangun dunia permainan dalam bentuk grid dan menandai titik-titik mana saja yang bisa dilewati atau tidak. Penentuan ini didasarkan pada keberadaan rintangan seperti api atau tembok

```
bool walkable = !(Physics.CheckSphere(worldPoint,
    nodeRadius, unwalkableMask));
```

Baris ini menggunakan deteksi fisik (Physics) untuk menentukan apakah suatu titik pada peta merupakan rintangan. Jika titik tersebut terkena layer rintangan (unwalkableMask), maka node dianggap tidak bisa dilalui (walkable=false)

c. AstarPathfinding.cs

```

void FindPath(Vector3 startPos, Vector3 targetPos)
{
    Node startNode = grid.NodeFromWorldPoint(startPos);
    Node targetNode = grid.NodeFromWorldPoint(targetPos);

    List<Node> openSet = new List<Node>();
    HashSet<Node> closedSet = new HashSet<Node>();
    openSet.Add(startNode);

    while (openSet.Count > 0)
    {
        Node currentNode = openSet[0];
        for (int i = 1; i < openSet.Count; i++)
        {
            if (openSet[i].fCost < currentNode.fCost ||
                openSet[i].fCost == currentNode.fCost
                && openSet[i].hCost < currentNode.hCost)
            {
                currentNode = openSet[i];
            }
        }

        openSet.Remove(currentNode);
        closedSet.Add(currentNode);

        if (currentNode == targetNode)
        {
            RetracePath(startNode, targetNode);
            return;
        }

        foreach (Node neighbour in grid.GetNeighbours(
            currentNode))
        {
            if (!neighbour.walkable || closedSet.Contains(
                neighbour))
                continue;

            int newMovementCostToNeighbour = currentNode.gCost +
                grid.GetDistance(currentNode, neighbour);
            if (newMovementCostToNeighbour < neighbour.gCost ||
                !openSet.Contains(neighbour))
            {
                neighbour.gCost = newMovementCostToNeighbour;
                neighbour.hCost = grid.GetDistance(neighbour,
                    targetNode);
                neighbour.parent = currentNode;

                if (!openSet.Contains(neighbour))
                    openSet.Add(neighbour);
            }
        }
    }
}

```

Kode ini menjelaskan proses utama pencarian jalur. Program memulai dari startNode, lalu memeriksa tetangga-tetangganya, menghitung nilai f, dan memilih node dengan nilai f terkecil hingga mencapai targetNode. Saat targetNode tercapai, jalur akan dibangun kembali. Setelah tujuan ditemukan, jalur terbaik ditelusuri kembali dengan membaca parent dari node akhir ke node awal.

```

while (currentNode != startNode)
{
    path.Add(currentNode);
    currentNode = currentNode.parent;
}
path.Reverse();

```

Jalur ini kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan karakter dalam game. Untuk menampilkan jalur di dalam editor Unity secara visual, digunakan fungsi berikut:

```

Debug.DrawLine(node.worldPosition, node.worldPosition +
Vector3.up * 2, Color.green, 1f);

```

Garis hijau akan muncul di atas node yang termasuk dalam jalur evakuasi. Berikut contoh penerapan grid pada game.

```

S  *  *  X  -
-  X  *  X  -
-  -  *  *  *
X  X  *  X  *
-  -  *  *  G

```

- S = Start (titik awal karakter)
- G = Goal (titik evakuasi)
- * = Jalur terbaik hasil A*
- X = Rintangan (api/tembok)

Dengan menerapkan algoritma A* dalam game edukatif seperti "Pici Sang Penakluk Api", anak-anak tidak hanya diajak bermain tetapi juga belajar bagaimana berpikir secara logis, memilih jalur aman, dan mengambil keputusan dalam situasi bencana. A* memberikan fondasi yang kuat untuk menciptakan simulasi realistis yang mendidik dan menyenangkan.

7. Pengujian

Pengujian dilakukan setelah tahap pengembangan dengan menerapkan metode *black box testing*. Tujuan dari tahap ini untuk mengevaluasi apakah aplikasi berfungsi sesuai dengan rancangan atau masih terdapat kesalahan (bug) di dalamnya. Metode *black box testing* berfokus pada aspek fungsional dari aplikasi tanpa memperhatikan struktur internal kode. Adapun hasil pengujian permainan "pici sang penakluk api" menggunakan metode ini disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Pengujian Menu Utama

No	Rancangan <i>Input/Output</i>	Hasil Yang Di Harapkan	Hasil Uji Coba 1	Hasil Uji Coba 2
1	Klik Tombol "Lagu"	Musik Pada Menu Utama Berhenti. Klik Kembali Untuk Menyalakan Musik	Sesuai	Sesuai
2	Klik Tombol "Start"	Menampilkan <i>Scene</i> Menu Level	Sesuai	Sesuai
3	Klik Tombol "Info"	Menampilkan informasi Bencana kebakaran melalui Voice note/ suara	Sesuai	Sesuai
4	Klik Tombol "x"	Menampilkan Jendela <i>Pop Up</i> Notifikasi Untuk Konfirmasi Keluar Dari <i>Game</i>	Sesuai	Sesuai
5	Klik Tombol "Ya" Pada Jendela <i>Pop Up</i> Notifikasi Keluar Dari <i>Game</i>	Keluar Dari <i>Game</i>	Sesuai	Sesuai

Tabel. 2 Pengujian Menu Gameplay

No	Rancangan <i>Input/Output</i>	Hasil yang di harapkan	Hasil Uji Coba 1	Hasil Uji Coba 2
1	Menekan Tombol "Panel"	Karakter dapat berjalan ke arah kanan, kiri, depan, belakang dan berputar.	Sesuai	Sesuai
2	Bersentuhan dengan objek api	Game berakhir dan menampilkan jendela <i>pop up</i> konfirmasi untuk memulai kembali permainan atau keluar	Sesuai	Sesuai
3	Klik tombol "mulai ulang" jendela <i>pop up</i>	Memulai permainan dari awal <i>level</i> .	Sesuai	Sesuai
4	Klik tombol "keluar" jendela <i>pop up</i>	Kembali ke menu utama	Sesuai	Sesuai

Tabel 3. Pengujian Menu Pause

No	Rancangan <i>Input/Output</i>	Hasil yang di harapkan	Hasil Uji Coba 1	Hasil Uji Coba 2
1	Menekan Tombol "Pause"	<i>Game</i> berhenti dan sistem menampilkan jendela <i>pop up</i> menu pause	Sesuai	Sesuai
2	Menekan Tombol "titik tiga"	Kembali ke menu level permainan	Sesuai	Sesuai
3	Menekan Tombol "Musik"	Musik berhenti. Klik kembali untuk menyalakan musik	Sesuai	Sesuai

D. Simpulan

Game edukasi yang dikembangkan melalui enam tahap berhasil menciptakan media pembelajaran yang efektif dalam memberikan pemahaman tentang kesiapsiagaan terhadap kebakaran. Penggunaan algoritma terbukti mendukung jalur evakuasi optimal dan menambah pengalaman belajar. Permainan ini tidak hanya menyampaikan materi edukatif secara interaktif tetapi juga memberikan simulasi langsung dalam menghadapi situasi darurat. Dengan demikian game ini berpotensi menjadi alatt bantu pembelajaran yang efektif bagi anak-anak dalam memahami pentingnya mitigasi bencana sejak dini.

Pada tahap pengembangan permainan ini diterapkan algoritma a* (a star) untuk meningkatkan kualitas tantangan dalam permainan. Algoritma tersebut diimplementasikan pada level 2 dan level 3 sebagai mekanisme pencarian jalur evakuasi tercepat sehingga membantu pengguna dalam menyelesaikan tantangan secara lebih efisien. Permainan ini bertujuan untuk memberikan edukasi kepada pengguna mengenai cara respon situasi kebakaran termasuk langkah-langkah melindungi diri serta tindakan awal yang perlu dilakukan selama kejadian. Dengan demikian pengguna diharapkan dapat mengurangi rasa panik, memahami pentingnya prosedur evakuasi dan meningkatkan kesiapan menghadapi bencana kebakaran baik secara individu maupun di lingkungan sekitar.

E. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang sudah berkontribusi untuk penyelesaian penelitian ini. Doa serta bimbingan yang selalu diberikan sangatlah penting dalam proses penyelesaian penelitian ini.

F. Referensi

- [1] Q. C. K. Kainde, "Sistem lapor dini bencana kebakaran berbasis mobile di Kota Bitung," *J. Tek. Inform.*, 2020.
- [2] Kembuan and S. Kumajas, "Rancang dan bangun game edukasi 3D *Ucul the Covid Warrior*," presented at the Seminar Nasional Teknologi Informasi, 2023.
- [3] A. Zuhdi, I. Ahmad, and A. D. Putra, "Implementation of A* algorithm in a Great Elephant game with Unity 2D," *SINTECH J.*, vol. 6, no. 2, pp. 118–123, 2023.
- [4] N. Munjidah, "Pembuatan game ARK3 (Augmented Reality Kesehatan dan Keselamatan Kerja): Studi kasus alat pelindung diri," unpublished, 2024.
- [5] A. A. Kurniawan, "Pengembangan media pembelajaran permainan virtual reality tentang penggunaan APAR dengan Unity Game Engine berbasis OpenXR," Ph.D. dissertation, Univ. Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia, 2023.
- [6] R. Irawan, Y. S. Siregar, and M. Khairani, "Rancang bangun game 3D edukasi basic web development menggunakan Unity 3D," *JUKTISI*, vol. 2, no. 3, pp. 525–534, 2024.
- [7] M. V. Zulfianto and C. Taurusta, "Rancang bangun game survival 3D *Fun Sciences Adventure*," *Academicia Globe*, vol. 2, no. 4, pp. 29–41, 2021.
- [8] R. A. Harlanto, "Berkenalan dengan fitur-fitur Unity 3D," *Gamelab Indonesia*, Jul. 2020. [Online]. Available: <https://www.gamelab.id>
- [9] G. K. Nanda, "Visual Studio Code: Pengertian, fitur, keunggulan dan jenisnya," *DewawebBlog*, Jan. 27, 2023. Available: <https://www.dewaweb.com/blog/mengenal-visual-studio-code/>
- [10] M. R. Adani, "Pengenalan apa itu framework dan jenisnya untuk web development," *Dicoding Blog*, 2020. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog>
- [11] Dicoding Intern, "Contoh use case diagram lengkap beserta contohnya," *Dicoding Blog*, May 19, 2021. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/contoh-use-case-diagram/>
- [12] P. Ambarwati and P. S. Darmawel, "Implementasi multimedia development life cycle pada aplikasi media pembelajaran untuk anak tunagrahita," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 18, no. 2, pp. 51–58, 2020.
- [13] A. Pamungkas, E. P. Widiyanto, dan R. Angreni, "Penerapan algoritma A* (A Star) pada game edukasi The Maze Island berbasis Android," *IJCCS*, vol. x, no. x, pp. 1–5, 2014. Tersedia: <https://www.researchgate.net/publication/376205006>
- [14] A. B. Saputra, P. Y. Utami, dan I. Fakhruzi, "Implementasi algoritma pathfinding A* untuk game edukasi agama Islam berbasis mobile," *Innovative: Journal of Social Science Research*, vol. 4, no. 6, pp. 2379–2396, Nov. 2024. [Online]. Tersedia: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/16632>
- [15] A. N. Alifah, "Implementasi algoritma A-Star pada game edukasi mengaji untuk anak usia dini berbasis Android (studi kasus: TK)," Skripsi, Univ. PGRI Semarang, 2022. [Online]. Tersedia: <https://eprints3.upgris.ac.id/id/eprint/2861/>
- [16] W. Widodo dan I. Ahmad, "Penerapan algoritma A Star (A*) pada game petualangan labirin berbasis Android," *Khazanah Informasi: Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 57–63, 2018. [Online]. Tersedia: <https://journals.ums.ac.id/khif/article/view/5221>

- [17] R. Riwinoto dan Alfian, "Implementasi pathfinding dengan algoritma A* pada game Funny English menggunakan Unity 3D berbasis graf Navmesh," Skripsi, Politeknik Negeri Batam, 2015. [Online]. Tersedia: <https://p3m.sinus.ac.id/jurnal/index.php/TIKomSiN/article/view/540>