

# **Pengembangan Gim Simulasi Jalur Evakuasi Bencana Kebakaran di Kampus Menggunakan Metode ADDIE**

**Julius Bata<sup>\*</sup>, Laura Imanuelle Defira**

Fakultas Teknik, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia

Email: <sup>1,\*</sup>julius.victor@atmajaya.ac.id, <sup>2</sup>laura.201904560011@student.atmajaya.ac.id

Email Penulis Korespondensi: julius.victor@atmajaya.ac.id

**Abstrak**—Kebakaran merupakan bencana yang sering terjadi dan menyebabkan kerugian materi maupun nyawa manusia. Salah satu tempat yang memiliki resiko terjadi bencana kebakaran adalah gedung kampus. Kampus adalah tempat beraktifitas bagi seluruh civitas akademika baik dosen, mahasiswa, karyawan, hingga pengunjung. Kondisi ini menyebabkan kampus menjadi tempat yang padat manusia dan rawan jatuh korban manusia jika terjadi kebakaran. Ketika terjadi bencana kebakaran, pengetahuan terhadap jalur evakuasi menjadi sangat penting bagi keselamatan manusia. Namun demikian, cukup banyak civitas akademika khususnya mahasiswa yang tidak mengetahui informasi jalur evakuasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan gim simulasi yang dapat digunakan dalam sosialisasi jalur evakuasi di gedung kampus III Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya BSD. Metode yang digunakan dalam pengembangan adalah ADDIE (*Analyze-Design-Development-Implement-Evaluation*). Tahap analisis dilakukan dengan membuat analisis kebutuhan informasi terkait jalur evakuasi. Berdasarkan hasil analisis, maka pada tahap desain dilakukan perancangan alur gim dan tantangan dalam gim. Setelah itu dilakukan pengembangan yang terdiri dari pengembangan aset dan pengembangan gim. Aset gim berupa model tiga dimensi gedung dan atribut dibuat dengan menggunakan aplikasi Blender. Seluruh aset kemudian digabungkan dengan logika gim menggunakan *game engine* Unity. Evaluasi dilakukan oleh pakar atau pihak berwenang dalam K3 Unika Atma Jaya dan uji *black-box*. Seluruh fungsi dalam uji *black-box* mendapatkan hasil valid, hal ini menunjukkan bahwa gim dapat berjalan dengan baik. Pakar memberikan pendapat bahwa aplikasi gim dapat digunakan sebagai salah satu media untuk sosialisasi jalur evakuasi. Penelitian selanjutnya adalah berfokus pada pengujian secara langsung oleh pengguna mahasiswa.

**Kata Kunci:** Simulasi Kebakaran; Gim; Jalur Evakuasi; ADDIE; Kampus

**Abstract**—Fire disasters frequently occur, resulting in both material and human losses. One of the places at risk of a fire disaster is the campus building. The campus is the center for academic activities involving faculty, students, staff, and visitors. This situation makes the campus a densely populated area susceptible to human casualties in a fire. In such emergencies, knowledge of evacuation routes is crucial for human safety. However, many academic members, especially students, need more information about evacuation routes. This research aims to develop a simulation game for socializing evacuation routes within the campus III building of Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya BSD. We employ The ADDIE (*Analysis-Design-Development-Implement-Evaluation*) method to develop the game. The analysis stage is carried out by analyzing information about evacuation routes. Based on the results of the analysis, the design stage was carried out to design the game flow and quest in the game. After that, development, which consists of asset and game development, is carried out. The game assets, including a three-dimensional model of the building and attributes, are created using Blender. These assets are then integrated with the game logic using the Unity game engine. Evaluation is conducted by safety experts at Unika Atma Jaya and through black-box testing. The black-box testing results indicate that all game functions perform well. Experts opine that the game application can serve as a medium for socializing evacuation routes. Future research will focus on user testing by students.

**Keywords:** Fire Simulation; Game; Evacuation Route; ADDIE; Campus

## **1. PENDAHULUAN**

Pada umumnya setiap institusi pendidikan tinggi atau universitas memiliki paling sedikit sebuah gedung kampus. Kampus merupakan tempat yang menjadi pusat kegiatan seluruh civitas akademik. Bagi dosen dan staff, kampus menjadi tempat bekerja, sedangkan bagi mahasiswa, kampus merupakan tempat melakukan kegiatan akademik dan non-akademik [1]. Kampus secara umum terdiri dari beberapa ruangan atau gedung seperti ruangan kelas, ruangan kantor, studio, dan laboratorium [2]. Kampus adalah pusat kegiatan dari mahasiswa. Salah satu bencana yang mungkin terjadi di kampus adalah kebakaran [3]. Kampus menjadi rentan terhadap bencana kebakaran karena banyak aktifitas kurikuler atau ekstra-kurikuler yang dilakukan di kampus [4]. Kebakaran di kampus juga mungkin terjadi karena penggunaan alat listrik yang berlebihan. Bahan kimia yang digunakan dalam kegiatan praktikum di lab juga semakin meningkatkan bahaya ketika terjadi bencana kebakaran. Kondisi yang mirip juga dihadapi pada ruangan seperti perpustakaan yang banyak memiliki bahan mudah terbakar seperti buku. Beberapa hal tersebut dapat menunjukkan bahwa kampus merupakan tempat yang rawan terjadi bencana kebakaran. Oleh karena itu rencana menghadapi bencana khususnya kebakaran menjadi penting di lingkungan kampus.

Simulasi latihan kebakaran menjadi bagian penting dalam menghadapi bencana kebakaran. Latihan kebakaran berfungsi untuk memberikan pemahaman kepada segenap civitas akademika terkait tindakan yang perlu dilakukan ketika bencana terjadi. Pada simulasi latihan kebakaran, peserta dapat berlatih melakukan evakuasi. Evakuasi merupakan proses memindahkan manusia dari daerah bencana atau berbahaya menuju ke area yang lebih aman. Evakuasi memegang peran sangat penting dalam menjamin keselamatan manusia ketika terjadi bencana [5]. Perilaku evakuasi yang tidak aman seringkali jadi penyebab jatuh korban manusia dalam bencana kebakaran [6, 7]. Oleh karena itu, simulasi latihan evakuasi ketika terjadi kebakaran penting untuk dilakukan [8]. Meskipun simulasi latihan kebakaran penting bagi keselamatan manusia, simulasi ini cukup sulit dilakukan karena beberapa alasan [4]. Simulasi membutuhkan berbagai sumber daya manusia sehingga membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Selain itu, membutuhkan perencanaan yang matang terkait

keselamatan peserta karena peserta dihadapkan pada situasi nyata. Pada sisi yang lain, perkembangan teknologi digital menyediakan solusi yang tidak membutuhkan banyak sumber daya manusia dan materi jika dibandingkan dengan simulasi kebakaran tradisional.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memodelkan evakuasi bencana kebakaran. Pada penelitian [9] melakukan simulasi evakuasi bencana kebakaran menggunakan aplikasi Pathfinder. Penelitian ini berfokus pada gedung perpustakaan di kampus. Hasil dari penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan jalur evakuasi. Aplikasi Pathfinder juga digunakan untuk melakukan analisis terhadap faktor yang mempengaruhi waktu evakuasi ketika terjadi kebakaran di kampus [4]. Beberapa faktor yang dianalisis yaitu kecepatan gerak dari mahasiswa, dampak pemilihan pintu keluar, dan jumlah mahasiswa dalam ruangan. Selain itu, simulasi juga dapat mengidentifikasi area yang berpotensi untuk menyebabkan banyak korban. Keberadaan dan karakteristik tangga juga memiliki pengaruh dalam proses evakuasi. Penelitian [1] melakukan simulasi secara nyata terkait dengan proses evakuasi melalui tangga. Selama proses evaluasi, sejumlah data seperti waktu evakuasi dan parameter tangga dikumpulkan. Data tersebut kemudian digunakan dalam pemodelan menggunakan aplikasi Pathfinder. Faktor tangga seperti lebar tangga bersama lebar pintu tangga *emergency*, lebar koridor dan lebar pintu ruangan digunakan untuk melakukan optimasi sistem evakuasi kebakaran di kampus [2]. Penelitian [2] menggunakan dua aplikasi simulasi Pyrosim dan Pathfinder untuk membandingkan waktu dalam evakuasi dengan waktu evakuasi yang seharusnya. Optimasi skema evakuasi di lingkungan kampus juga dilakukan dalam penelitian [10]. Usulan skema evakuasi yang dihasilkan dari simulasi dapat mengurangi waktu evakuasi hingga 15-20% jika dibandingkan dengan skema evakuasi awal yang disediakan oleh pihak universitas.

Pelatihan evakuasi penting dilakukan untuk meningkatkan kesiapan dan melindungi manusia ketika terjadi bencana. Metode simulasi evakuasi pada umumnya dilakukan dengan cara peserta mengikuti rute evakuasi ketika bencana terjadi. Metode seperti ini memiliki kekurangan dalam memodelkan situasi nyata ketika terjadi bencana [11]. Simulasi yang sesuai dengan keadaan nyata dapat dilakukan dengan menggunakan media digital atau simulasi virtual. Pada penelitian yang dilakukan [11] mengembangkan simulasi evakuasi menggunakan Augmented Reality markeless. Hasil uji coba awal terhadap user menunjukkan bahwa aplikasi dapat menyediakan pengalaman nyata sesuai dengan keadaan bencana. Selanjutnya dalam penelitian [12] membandingkan dua model pelatihan bencana: 1) *slide-based*, dan 2) *virtual world-based*. Hasil evaluasi empirik dari 143 peserta menunjukkan bahwa model Virtual Safety world (VSW) dapat memberikan pengetahuan yang sama dengan model slide-based. Model VSW lebih baik dibandingkan dengan model *slide-based* pada faktor menarik perhatian dan retensi pengetahuan peserta. Model VSW dalam penelitian ini dibuat menggunakan platform Open Simulation. Pada penelitian yang lain, sebuah serius gim berbasis web dikembangkan untuk pelatihan evakuasi kebakaran [8]. Serius gim memodelkan situasi kebakaran di dormitory dan tugas dari pemain adalah menyelamatkan diri. Pemain mengambil sudut pandang orang pertama dan mengendalikan gerak evakuasi menggunakan keyboard. Sebanyak 105 peserta mengikuti latihan evakuasi menggunakan serius gim. Terjadi peningkatan nilai keamanan dari 74.71 menjadi 81.21 dan penurunan waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi dari 79.77 detik menjadi 54.32 detik. Hasil tersebut mendemonstrasikan efektifitas dari serius gim. Simulasi latihan evakuasi kebakaran juga dilakukan dalam penelitian [13]. Aplikasi berbasis web dikembangkan dengan menggunakan WebVR dan diakses menggunakan browser secara online. Media berbasis *Virtual Reality* (VR) mulai banyak digunakan dalam simulasi evakuasi bencana kebakaran. Pada penelitian [14], VR digunakan untuk membuat simulasi evakuasi kebakaran di sekolah. Pada penelitian [15], simulasi evakuasi berbasis gim VR difokuskan untuk melatih kesiapan guru sekolah dasar dalam menghadapi bencana kebakaran di sekolah. Berdasarkan hasil dalam penelitian terkait maka dapat disimpulkan simulasi evakuasi berbasis virtual dapat menjadi salah satu sarana dalam pelatihan kesiapan tanggap bencana khususnya evakuasi.

Penelitian terkait gim simulasi untuk bencana kebakaran di kampus juga sudah pernah dilakukan. Pada penelitian [16] sebuah purwarupa gim dibuat untuk simulasi jalur evakuasi jika terjadi kebakaran di kampus. Meskipun gim sudah dapat menunjukkan jalur evakuasi, namun gim belum memodelkan situasi kebakaran sesuai dengan kondisi nyata. Selain itu, gim pada penelitian [16] belum menggunakan sistem tantangan atau quest. Tantangan dalam gim dapat membuat gim menjadi lebih menarik. Berdasarkan beberapa hal tersebut, maka penelitian dalam makalah ini bertujuan untuk mengembangkan gim simulasi kebakaran pada penelitian [16]. Fokus utama dari pengembangan yaitu pada penambahan cerita, alur permainan dan pemodelan situasi kebakaran. Selain itu, gim pada penelitian ini juga menambahkan informasi terkait jalur evakuasi dan penggunaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) ke dalam gim. Gim yang dikembangkan dalam penelitian ini juga sudah menggunakan sistem *quest* yang belum ada pada penelitian [16].

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan. Model penelitian pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate*). Model ADDIE [17] [18] terdiri dari lima tahap yaitu tahap analisis, tahap desain, tahap pengembangan, tahap implementasi dan tahap evaluasi seperti yang ditampilkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Model ADDIE

### **2.1 Analisis**

Pada tahap ini penulis melakukan analisis terhadap gim yang dihasilkan dalam penelitian terdahulu [16]. Penulis juga melakukan analisis kebutuhan terkait informasi yang perlu diberikan dalam gim simulasi. Informasi ini diperoleh dengan cara melakukan survey terhadap sejumlah mahasiswa Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya kampus 3 BSD.

### **2.2 Perancangan**

Tahap perancangan terdiri dari perancangan cerita gim yang diwujudkan dalam alur permainan, perancangan mekanik gim, dan perancangan lingkungan virtual.

### **2.3 Pengembangan**

Pengembangan gim dalam penelitian ini menggunakan *Unity game engine*. Logika dalam gim diterapkan dengan menggunakan bahasa pemrograman C#. Sejumlah aset yang diperlukan dalam gim dikembangkan dengan menggunakan Blender.

### **2.4 Implementasi**

Setelah gim selesai dikembangkan, maka gim akan digunakan oleh pengguna utama. Pada penelitian ini implementasi dilakukan secara terbatas oleh tim K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) Unika Atma Jaya.

### **2.5 Evaluasi**

Evaluasi dilakukan dengan dua cara yaitu 1) metode *black-box*, dan 2) wawancara pakar. Pengujian *black-box* dilakukan setelah gim selesai dikembangkan, sedangkan wawancara pakar dilakukan setelah gim digunakan oleh pakar.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan gim simulasi evakuasi bencana kebakaran di lingkungan kampus. Metode ADDIE digunakan untuk mencapai tujuan tersebut. Hasil dari setiap tahapan penerapan metode ADDIE dijelaskan sebagai berikut.

### **3.1 Analisis**

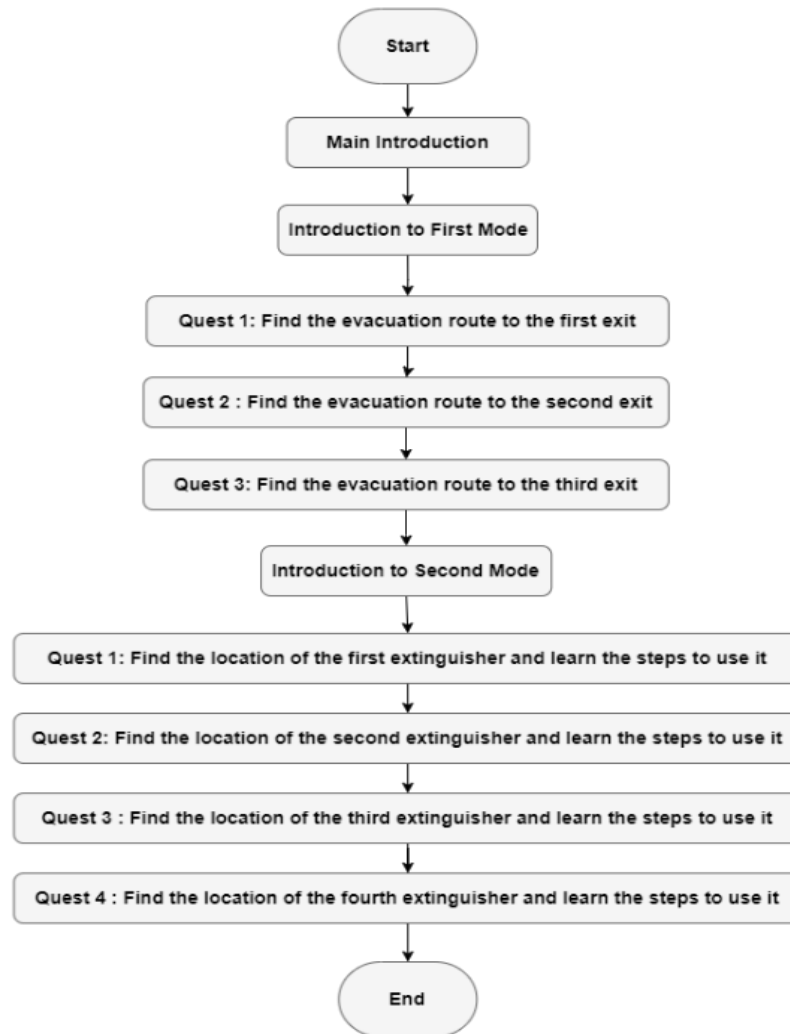
Berdasarkan hasil survey maka gim simulasi akan berfokus pada informasi terkait jalur evakuasi pada lantai 1 gedung kampus 3 Unika Atma Jaya BSD. Terdapat tiga jalur evakuasi pada lantai 1 yang mengarah ke lokasi aman jika terjadi bencana khususnya kebakaran. Selain jalur evakuasi, informasi terkait lokasi dan cara menggunakan Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Hal ini sesuai dengan hasil survey dimana mahasiswa kurang mengetahui kedua informasi penting tersebut.

### **3.2 Perancangan**

Gim terdiri dari dua mode permainan yang berfokus pada dua informasi dari hasil tahap analisis. Mode pertama berfokus pada jalur evakuasi dan lokasi pintu darurat. Sedangkan mode kedua berfokus pada lokasi dan cara penggunaan APAR. Pada setiap mode memiliki quest yang harus diselesaikan oleh pemain untuk menyelesaikan permainan. Informasi terkait jalur evakuasi diberikan dalam bentuk *quest*.

Mekanik yang digunakan dalam game terdiri dari mekanik pergerakan karakter, mekanik interaksi dengan objek dan mekanik cek quest. Mekanik ini bertujuan untuk memberikan unsur interaktif kepada pemain. Selain mekanik, tahap perancangan juga menghasilkan alur dari gim. Alur permainan secara lengkap dapat dilihat pada gambar 2. Seperti yang ditampilkan pada gambar 2, gim terdiri dari dua mode, pada mode pertama terdapat tiga quest sedangkan pada mode

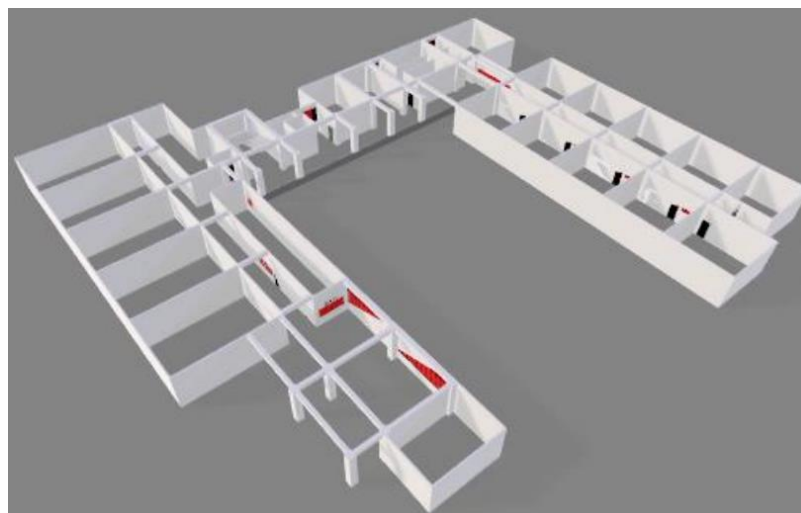
kedua terdapat empat quest. Sebelum masuk pada quest, pemain akan diberikan penjelasan terkait mekanik dan tantangan yang harus diselesaikan.



**Gambar 2.** Alur Permainan

### 3.3 Pengembangan

Pengembangan diawali dengan membuat aset yang akan digunakan dalam gim. Aset dikembangkan menggunakan aplikasi Blender. Gambar 3 menampilkan hasil pemodelan 3d dari lantai 1 gedung kampus III Unika Atma Jaya BSD. Bangunan ini akan menjadi lingkungan utama gim.



**Gambar 3.** Model lantai 1 kampus III Unika Atma Jaya BSD

Aplikasi gim simulasi diberi judul “Escape The Fire @Atma Jaya BSD”, tampilan awal menu utama gim dapat dilihat pada gambar 4. Seperti terlihat pada gambar 4, menu utama memiliki gambar judul, serta dua buah tombol: “Start Game” dan “Exit Game”. Setelah pengguna menekan tombol Start Game maka akan tampil halaman pengantar yang berisi tentang penjelasan gim seperti tampak pada gambar 5.



Gambar 4. Menu utama “Escape The Fire @Atma Jaya BSD”



Gambar 5. Halaman pengantar

Terdapat dua mode dalam gim, mode pertama berfokus pada informasi jalur evakuasi dan mode kedua fokus pada informasi lokasi serta cara menggunakan APAR. Pada setiap mode permainan terdapat halaman penjelasan tantangan, tantangan, dan halaman penjelasan setelah tantangan selesai. Gambar 6 menampilkan halaman penjelasan tantangan pada mode pertama. Pengguna diminta untuk mencari jalur evakuasi terbaik yang tidak tertutup api. Selain itu juga diperlihatkan gambar petunjuk jalur evakuasi yang sesuai dengan kondisi nyata.



Gambar 6. Halaman pengantar mode pertama

Tantangan pada mode pertama adalah untuk mencari jalur evakuasi yang aman. Terdapat sejumlah bintang yang dapat dikumpulkan oleh pengguna dalam menyelesaikan tantangan ini. Bintang diatur posisinya sesuai dengan jalur evakuasi yang sebenarnya. Tantangan pada mode pertama dapat dilihat pada gambar 7. Terdapat sejumlah obyek dalam gim seperti bintang, api yang menyala, dan tanda jalur evakuasi seperti yang ditampilkan pada gambar 7. Pengguna akan diarahkan menuju ke pintu darurat, informasi ini ditampilkan menggunakan teks yang diletakan pada bagian kiri atas dari

layar permainan. Dalam menyelesaikan tantangan, setiap pengguna dibatasi oleh waktu. Waktu ini kami tampilkan pada layar bagian tengah dan berwarna merah untuk menarik perhatian pengguna.



**Gambar 7.** Tantangan mode pertama

Memasuki mode kedua dari gim, pengguna akan diperlihatkan halaman penjelasan tentang tantangan kedua. Pada tantangan kedua ini, pengguna diminta untuk mencari APAR terdekat dengan memperhatikan tanda khusus APAR. Pada gambar 8 terlihat tampilan dari halaman penjelasan tantangan mode kedua.



**Gambar 8.** Tantangan mode kedua

Pada mode kedua terdapat empat buah tantangan yang disesuaikan dengan jumlah APAR yang terdapat di lantai 1 gedung kampus III Unika Atma Jaya BSD. Pengguna diminta untuk mencari, mengambil dan memadamkan api dengan menggunakan APAR. Jika pengguna belum mendapatkan APAR maka akan diingatkan ketika akan memadamkan api dan jumlah APAR yang dimiliki oleh pengguna akan ditampilkan pada layar sebelah kanan bawah seperti yang ditampilkan pada gambar 9.



**Gambar 9.** Tantangan mode pertama

Setiap selesai menyelesaikan tantangan, akan ditampilkan halaman informasi terkait jalur evakuasi dan APAR yang sesuai dengan tantangan tersebut. Tampilan halaman penjelasan seperti yang ditampilkan pada gambar 10. Tujuan dari menampilkan informasi ini adalah untuk memberikan gambaran kepada pengguna tentang lokasi dan kondisi di lingkungan nyata.



Gambar 10. Halaman informasi setelah selesai tantangan.

### 3.4 Implementasi

Pada penelitian ini implementasi dilakukan dengan cara mengundang pakar untuk mencoba aplikasi gim yang sudah selesai dikembangkan. Pakar yang diundang yaitu perwakilan dari K3 Unika Atma Jaya. Ketika implementasi, pakar diminta untuk memainkan gim dan menyelesaikan seluruh tantangan dalam gim.

### 3.5 Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan dua cara yaitu uji *black-box* dan evaluasi oleh pakar. Evaluasi uji *black-box* dilakukan pada saat gim selesai dikembangkan. Evaluasi pakar dilakukan pada saat pakar selesai mencoba gim. Hasil pengujian *black-box* seperti yang tampak pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *black-box*

Fungsi	Input	Output	Hasil
Menu Utama	Klik Start atau Exit	Memulai atau menutup gim	Valid
Pergerakan pemain	Menekan tombol W, S, A, D serta menggerakkan mouse	Obyek pemain berpindah posisi dan sudut pandang kamera berubah	Valid
Perkenalan	Klik tombol Selanjutnya	Menampilkan halaman instruksi	Valid
Quest Mode 1	Menyentuh obyek Bintang	Obyek bintang hilang	Valid
Quest Mode 1	Menyentuh titik Exit	Quest selesai	Valid
Quest Mode 1	Menekan tombol E di pintu darurat	Quest selesai	Valid
Quest Mode 2	Menekan tombol E di dekat APAR	Mengambil APAR	Valid
Quest Mode 2	Mendekati api pada jarak tertentu dan menekan tombol E	Membuka panel <i>puzzle</i> dan api mati	Valid
Quest Mode 2	Klik dan drag <i>puzzle</i>	Puzzle tersusun	Valid
Health bar	Mendekati atau memasuki api	Health bar pemain berkurang	Valid

Fungsi pada gim yang diuji ada 10 fungsi yang terbagi menjadi fungsi interaksi tombol, fungsi quest, dan fungsi perpindahan *scene*. Seperti terlihat pada tabel 1, seluruh fungsi yang diuji sudah valid. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi dalam gim sudah berjalan dengan baik.

Evaluasi selanjutnya dilakukan oleh seorang pakar yaitu staff K3 Unika Atma Jaya. Terdapat lima kriteria penilaian yang diberikan kepada pakar untuk evaluasi gim simulasi. Lima kriteria tersebut dapat dilihat pada tabel 2. Pakar menyatakan bahwa lingkungan kampus yang dimodelkan dan situasi emergency sudah sesuai dengan keadaan sebenarnya. Terkait dengan informasi jalur evakuasi, lokasi dan cara menggunakan APAR, menurut pakar informasi yang ditampilkan dalam gim sudah sesuai. Pakar juga menyatakan bahwa aplikasi gim cukup memadai dan dapat digunakan sebagai media untuk penyampaian informasi jalur evakuasi dan penggunaan APAR di lantai 1 kampus III Unika Atma Jaya BSD.

Tabel 2. Kriteria penilaian oleh pakar

No	Kriteria
1	Lingkungan kampus yang dimodelkan sudah sesuai atau mendekati lingkungan kampus yang nyata

- 2 Pemodelan situasi emergency (kebakaran) sudah dapat menggambarkan situasi emergency sesungguhnya
  - 3 Informasi terkait jalur evakuasi sudah sesuai
  - 4 Informasi terkait lokasi dan cara penggunaan APAR sudah sesuai
  - 5 Aplikasi simulasi dapat digunakan sebagai media alternatif untuk informasi terkait jalur evakuasi dan penggunaan APAR di lantai 1 Kampus 3 Unika Atma Jaya BSD
- 

#### **4. KESIMPULAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan gim simulasi jalur evakuasi ketika terjadi bencana kebakaran. Penelitian ini berhasil untuk mengembangkan gim simulasi dengan menerapkan model ADDIE. Seluruh tahapan dalam metode ADDIE telah dilakukan dan berdasarkan hasil evaluasi maka dapat disimpulkan bahwa gim sudah berjalan dengan baik dan dapat digunakan sebagai salah satu media untuk menyampaikan informasi terkait jalur evakuasi di lantai 1 kampus III Unika Atma Jaya BSD. Pengujian oleh pengguna dalam penelitian ini dilakukan secara terbatas yaitu oleh seorang pakar. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya akan dilakukan uji pengguna yang melibatkan pengguna utama dari gim simulasi yaitu mahasiswa kampus III Unika Atma Jaya BSD. Selain itu, pakar juga memberikan saran perbaikan seperti menambah skenario bencana yang terjadi. Penelitian selanjutnya juga akan difokuskan pada perancangan skenario dan situasi kebencanaan di dalam gim.

#### **REFERENCES**

- [1] Q. Zhang, F. Yu, S. Gao, C. Chang and X. Zhang, "Experimental and Numerical Study on Rapid Evacuation Characteristics of Staircases in Campus Buildings," *Buildings*, vol. 12, no. 6, pp. 1-12, 2022.
- [2] M. Zhou, B. Zhou, Z. Zhang, Z. Zhou, J. Liu, B. Li, D. Wang and T. Wu, "Fire Egress System Optimization of High-Rise Teaching Building based on Simulation and Machine Learning," *Fire*, vol. 6, no. 190, pp. 1-25, 2023.
- [3] S. Meschini, D. Accardo, M. Locatelli, L. Pellegrini, L. C. Tagliabue and G. M. Di Guida, "BIM-GIS Integration and Crowd Simulation for Fire Emergency Management in a Large, Diffused University," in *40th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2023)*, 2023.
- [4] S. Ahmed, S. Mehmood and A. S. Kristensen, "Critical Analysis of Computer-based Evacuation Simulation of an Educational Institution," in *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Modeling and Simulation*, 2019.
- [5] U. Pyakurel, H. N. Nath, S. Dempe and T. N. Dhamala, "Efficient Dynamic Flow Algorithms for Evacuation Planning Problems with Partial Lane Reversal," *Mathematics*, vol. 7, no. 993, pp. 1-29, 2019.
- [6] M. Shokouhi, K. Nasiriani, Z. Cheraghi, A. Ardalan, H. Khankeh, H. Fallahzadeh and D. Khorasani-Zavareh, "Preventive Measures for Fire-related Injuries and Their Risk Factors in Residential Buildings: a Systematic Review," *Journal of Injury and Violence Research*, vol. 11, no. 1, pp. 1-14, 2019.
- [7] J. Lin, R. Zhu, N. Li and B. Becerik-Gerber, "How occupants respond to building emergencies: A systematic review of behavioral characteristics and behavioral theories," *Safety Science*, vol. 122, 2020.
- [8] Y. Yang, Z. Xu, Y. Wu, W. Wei and R. Song, "Virtual Fire Evacuation Drills Through a Web-Based Serious Game," *Applied Sciences*, vol. 11, pp. 1-15, 2021.
- [9] M. Xiao, X. Zhou, Y. Han, G. Bai, J. Wang, X. Li and S. Sunya, "Simulation and Optimization of Fire Safety Emergency Evacuation in University Library," *AIP Advances*, vol. 11, no. 6, pp. 1-8, 2021.
- [10] S. Gao, C. Chang, Q. Liu, M. Zhang and F. Yu, "Study on The Optimization for Emergency Evacuation Scheme under Fire in University Building Complex," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, pp. 1-11, 2023.
- [11] H. Mitsuhara, C. Tanimura, J. Nemoto and M. Shishibori, "Expressing Disaster Situation for Evacuation Training Using Markerless Augmented Reality," *Procedia Computer Science*, vol. 192, pp. 2105-2114, 2021.
- [12] S. Shiradkar, L. Rabelo, F. Alasim and K. Nagadi, "Virtual World as an Interactive Safety Training Platform," *Information*, vol. 12, no. 219, pp. 1-19, 2021.
- [13] F. Yan, Y. Hu, J. Jia, Z. Ai, K. Tang and Z. Shi, "Interactive WebVR Visualization for Online Fire Evacuation Training," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, pp. 31541-31565, 2020.
- [14] P. Lorusso, M. D. Iulii, S. Marasco, M. Domaneschi, G. P. Cimellaro and V. Villa, "Fire Emergency Evacuation from a School Building Using an Evolutionary Virtual Reality Platform," *Buildings*, vol. 12, no. 223, pp. 1-21, 2022.
- [15] S. Mystakidis, J. Besharat, G. Papantzikos, A. Christopoulos, C. Stylios, S. Agorgianitis and D. Tselentis, "Design, Development, and Evaluation of a Virtual Reality Serious Game for School Fire Preparedness Training," *Education Sciences*, vol. 12, no. 281, pp. 1-18, 2022.
- [16] J. Bata, "Penerapan Model ADDIE untuk Pengembangan Game Simulasi Kebencanaan," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 11, no. 3, pp. 1054-1063, 2022.
- [17] R. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*, Springer Science+Business Media, LLC, 2009.
- [18] A. G. Spatioti, I. Kazanidis and J. Pange, "A Comparative Study of the ADDIE Instructional Design Model in Distance Education," *Information*, vol. 13, no. 402, pp. 1-20, 2022.