

Game 3D Simulasi Sebagai Media Pembelajaran Cara Memadamkan Kebakaran Menggunakan APAR

Reza Giga Isnanda^{1✉}, Achmad Fauzi², Gilang Prakoso³, Rizki Fajar Nur Fahmi⁴,
Apriliya Kurnianti⁵, Haris Setyawan⁶

¹⁻⁶Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

✉Corresponding Author: reza.gigaisnanda@ft.umy.ac.id

ABSTRAK

Masih banyak kebakaran yang terjadi di perumahan atau di pemukiman. Untuk mengurangi dampak dari kebakaran tersebut, masyarakat perlu untuk memiliki pengetahuan yang tepat dan cepat terkait penanganan pertama saat terjadi kebakaran. Walau *game* dimungkinkan menjadi solusi, sayangnya belum ada *game* berbasis simulasi yang fokus pada pelatihan cara memadamkan api sesuai jenisnya. Oleh karena itu, penelitian ini membuat *game* 3D simulasi untuk melatih pemain agar dapat dengan cepat menentukan jenis APAR (Alat Pemadam Api Ringan) yang tepat untuk memadamkan berdasarkan jenis api yang muncul. *Game* dibuat dengan mengadopsi metode Game Development Life Cycle menggunakan Unreal Engine. Dari hasil pengujian peningkatan pemahaman pemain, terbukti bahwa hasil skor pengetahuan pemain setelah bermain *game* meningkat secara signifikan dibandingkan dengan hasil skor sebelum bermain *game*. Dari hasil tersebut, diharapkan *game* 3D simulasi ini mampu melengkapi usaha yang sudah dilakukan oleh penelitian-penelitian sebelumnya dalam pelatihan mitigasi kebakaran.

Kata Kunci: serious game, game development life cycle, pretest-posttest, alat pemadam api ringan (APAR)

A. Pendahuluan

Sejak 2019, data dari Pusiknas Bareskrim Polri mencatat bahwa terdapat 10.122 laporan gangguan berupa kebakaran [1]. Dari sumber yang sama, tercatat juga bahwa kebakaran merupakan bencana yang paling sering terjadi di Indonesia di tahun 2024 [2]. Hal serupa juga didapatkan dari DataIndonesia.ID yang menunjukkan kecenderungan peningkatan kasus kebakaran di Indonesia [3]. Data-data tersebut menunjukkan kasus kebakaran di Indonesia masih tergolong tinggi, khususnya di lingkungan perumahan atau pemukiman [4]. Kebakaran yang tidak bisa dikendalikan tentunya dapat menimbulkan kerugian materiil maupun korban jiwa, misalnya seperti yang terjadi di Glodok [5], di Kemayoran [6], atau di Panin Bank [7].

Kebakaran dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti desain struktur bangunan yang kurang mengutamakan standar *fire safety*, proses renovasi bangunan yang tidak tepat, tingkah laku manusia yang kurang bertanggung jawab, lambatnya respons pemadam kebakaran, minimnya regulasi dan kebijakan terkait standar *fire safety*, dan lain-lain [8]. Untuk menurunkan jumlah insiden kebakaran, maka penting untuk melakukan upaya-upaya pencegahan dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut. Namun demikian, upaya preventif tidak selamanya menjamin bahwa titik api sumber awal kebakaran tidak akan pernah muncul. Penanganan pada saat titik api tersebut belum mencapai fase puncak justru menjadi kunci utama untuk mencegah berkembangnya titik api menjadi kebakaran yang lebih besar dan sulit dikendalikan. Dalam momen ini, ada beberapa skenario munculnya titik api yang sebenarnya bisa dikendalikan oleh seseorang tanpa perlu menunggu kedatangan pemadam kebakaran. Oleh karena itu, pengetahuan bagaimana melakukan penanganan pertama saat terjadi kebakaran sangat penting untuk dimiliki oleh siapapun.

Di sisi lain, kebakaran dapat dibagi menjadi beberapa kelas [9]. Perbedaan kelas ini berdampak pada perbedaan cara untuk memadamkan api. Bahkan untuk pemadaman menggunakan APAR (Alat Pemadam Api Ringan) sekalipun, terdapat jenis APAR yang hanya cocok untuk situasi tertentu [10]. Misalnya, APAR jenis Foam AFFF (Aqueous Film-Forming Foam) hanya cocok digunakan untuk api kelas A dan B. Jika metode pemadaman yang dipilih salah, maka bukan hanya api menjadi sulit dipadamkan, bahkan api bisa saja bertambah besar. Kesimpulannya, pengetahuan mengenai cara memadamkan api yang tepat sebelum fase puncak kebakaran sangat krusial untuk dimiliki siapapun. Selain itu, pengetahuan ini juga harus diikuti dengan kemampuan untuk mengambil keputusan dengan cepat karena waktu sangat berharga di fase awal kebakaran.

Sudah banyak inovasi yang dilakukan untuk membantu proses pembelajaran. Salah satunya dengan menggunakan *game* yang mampu memberikan kesempatan praktik yang autentik kepada pemainnya [11], [12]. Kemampuan tersebut muncul karena *game* bersifat interaktif dibanding media lain seperti teks, gambar, atau video [13]. Sifat *game* yang interaktif ini memungkinkan pemain untuk merasakan dan melihat dampak dari aksi atau tindakan mereka. Harapannya, pergerakan aktif dari pemain tersebut dapat membuat proses transfer pengetahuan dan pengalaman di dunia *game* ke dunia nyata lebih mudah. Selain itu, *game* juga memungkinkan aktivitas eksperimental dari pemain dalam kondisi yang aman atau terkontrol [11]. Hal ini memungkinkan pemain untuk mempelajari atau mencoba-coba hal baru tanpa perlu takut akan risiko kecelakaan atau bahaya. Tentunya kemampuan-kemampuan *game* tersebut sangat berpotensi untuk digunakan sebagai media pembelajaran terkait kebakaran, sebab domain ini membutuhkan keterampilan langsung dan juga memiliki risiko bahaya yang tidak sedikit saat proses belajar.

Sejauh ini, sudah banyak *game* yang dibuat sebagai media pembelajaran dalam domain *fire safety* dengan hasil yang positif. Sayangnya, *game-game* tersebut masih terbilang belum memanfaatkan secara maksimal potensi-potensi yang telah dibahas sebelumnya atau belum fokus pada tindakan pemadaman saat fase awal kebakaran. Terdapat beberapa *game* (e.g., [14], [15]) dengan materi yang tidak sepenuhnya berhubungan dengan mitigasi kebakaran. Beberapa *game* lain, walaupun sudah berkaitan dengan mitigasi kebakaran, dibuat untuk lebih fokus pada mengenalkan tindakan-tindakan yang berpotensi memicu kebakaran [16], atau pada mengajarkan tindakan evakuasi saat terjadi kebakaran [17], [18]. *Game* Wasikerman oleh Zakiyah et al. [19] sudah fokus pada pemadaman kebakaran, namun cara bermainnya yang memanfaatkan kartu belum terlalu memanfaatkan keunggulan *game* untuk menghadirkan suasana belajar yang autentik. Di sisi lain, *game* yang dibuat oleh Wiriasto, Fikriansyah, dan Rachman [20] hanya fokus pada memadamkan api secara sederhana tanpa menekankan pada perbedaan cara memadamkan api. Terakhir, terdapat *game* yang dibuat Satapanasatien, Phuawiriyakul, dan Moodleah [21] yang mengajarkan asosiasi antara kelas kebakaran dengan jenis api dan juga cara memadamkannya. Namun demikian, *game* tersebut belum mensimulasikan skenario kebakaran seperti di dunia nyata.

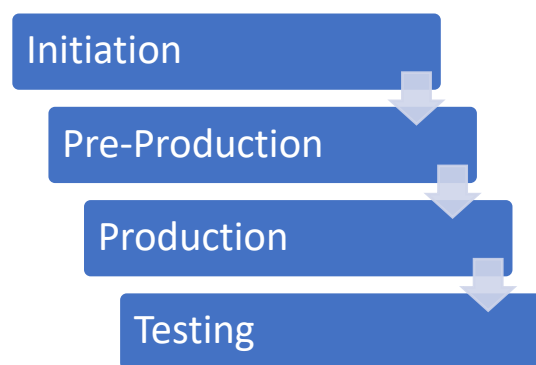
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pengetahuan untuk menentukan metode pemadaman api yang tepat dan cepat sesuai jenis api yang muncul saat fase awal kebakaran merupakan sebuah pengetahuan yang penting untuk dimiliki siapapun. Namun demikian, beberapa *game* yang sudah dibahas sebelumnya tidak semuanya fokus pada topik ini. Selain

itu, pengetahuan ini akan lebih baik dipelajari dalam kondisi praktik yang autentik dengan mensimulasikan skenario di dunia nyata dibanding hanya membaca teks atau menonton video.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melengkapi apa yang sudah dicapai oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan membuat sebuah *game* 3D simulasi yang mengajarkan perbedaan penggunaan APAR untuk memadamkan kebakaran berdasarkan jenis api yang muncul. *Game* 3D simulasi dipilih untuk memanfaatkan potensi *game* dalam mensimulasikan suatu situasi atau skenario dalam kondisi terkontrol sehingga pemain bisa langsung aktif merasakan dan memadamkan api tanpa risiko bahaya yang tinggi. *Game* yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan pemahaman dengan lebih baik ke masyarakat sekaligus membantu menurunkan jumlah insiden kebakaran.

B. Metode

Dalam penelitian ini, *game* dikembangkan dengan mengadopsi metode Game Development Life Cycle (GDLC) [22] yang terdiri dari 4 tahapan seperti pada gambar 1.

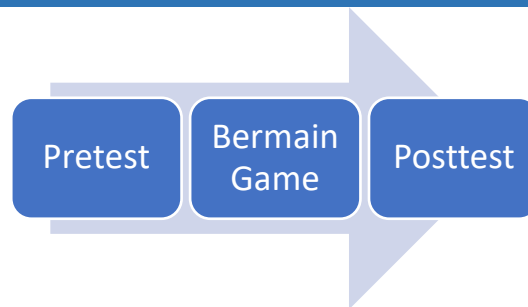


Gambar 1. Metode Penelitian berdasarkan Game Development Life Cycle

Pada tahapan Initiation, ide awal *game* mulai dikembangkan. Fokus utama pada tahapan ini adalah pemilihan materi dan strategi pembelajaran. Di tahap selanjutnya (Pre-production), ide *game* mulai dikonkritkan dengan menentukan aspek-aspek terkait *gameplay*. Pada tahapan ketiga, *game* mulai dikembangkan menggunakan Unreal Engine. Pada tahapan terakhir, *game* diuji untuk menilai fungsionalitas *game* dan juga kemampuan *game* dalam meningkatkan pemahaman pemain terhadap materi yang disampaikan.

Pengujian fungsionalitas dilakukan menggunakan metode black-box. Terdapat 17 skenario yang diuji. Fungsionalitas dikatakan berhasil jika output yang didapatkan sama dengan output yang diharapkan tanpa ada bug yang muncul.

Pengujian pemahaman materi dilakukan menggunakan metode pretest-posttest. Proses pretest-posttest dilakukan menggunakan kuesioner berisi 15 pertanyaan. Semua pertanyaan dalam kuesioner menanyakan apakah sebuah sumber api dapat dipadamkan menggunakan APAR jenis Foam AFFF. Semua analisis data dilakukan menggunakan bantuan aplikasi IBM SPSS Statistics. Prosedur pengujian pretest-posttest yang dilakukan dalam penelitian ini secara singkat dapat dilihat di gambar 2. Saat bermain *game*, setiap partisipan hanya diberikan kesempatan 1 kali.



Gambar 2. Prosedur Pengujian Pretest-Posttest

C. Hasil dan Pembahasan

1. Materi dan Strategi Pembelajaran

Secara umum, *Game* 3D simulasi ini dibuat karena melihat pentingnya seseorang untuk memiliki pengetahuan untuk menentukan metode pemadaman api yang tepat dan cepat sesuai jenis api yang muncul. Ketepatan penting karena jenis api yang berbeda harus dipadamkan dengan metode yang berbeda dan kesalahan pemilihan metode bisa berakibat api sulit dipadamkan atau bahkan semakin besar. Kecepatan penting karena titik api sebelum fase puncak masih sangat memungkinkan untuk dikendalikan. Salah satu cara memadamkan api adalah dengan menggunakan APAR dan yang tidak banyak orang tahu adalah APAR sendiri memiliki banyak jenis [10]. Berdasarkan hal tersebut, maka *Game* 3D ditujukan khusus untuk melatih pemain agar dapat dengan cepat menentukan jenis APAR yang tepat untuk memadamkan berdasarkan jenis api yang muncul.

Selain itu, berdasarkan data bahwa banyak kasus kebakaran terjadi di lingkungan perumahan atau pemukiman [4], maka skenario yang dimunculkan di *game* adalah skenario kebakaran yang sangat mungkin terjadi di perumahan. Skenario yang mungkin terjadi meliputi ledakan kompor, puntung rokok, kelalaian penggunaan alat penerangan semacam lilin, dan juga hubungan pendek arus listrik. Untuk titik api yang berasal dari sumber api non elektronik, APAR jenis Foam AFFF dapat digunakan untuk memadamkan. Berdasarkan hal tersebut, maka materi pembelajaran yang diangkat adalah penggunaan APAR jenis FOAM AFFF sebagai alat pemadaman kebakaran dari sumber api non elektronik.

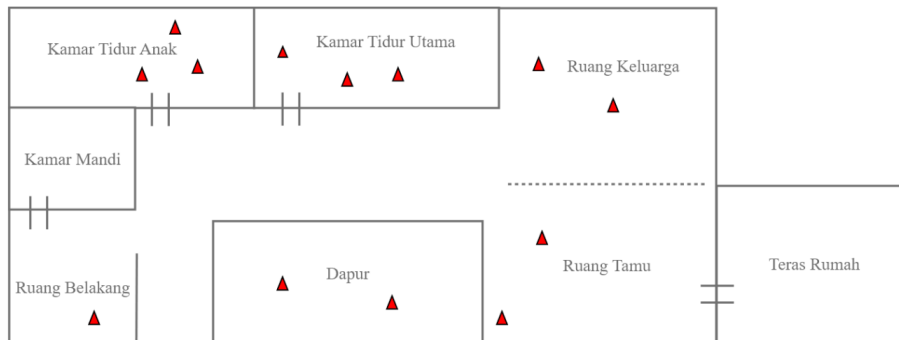
Terkait strategi pembelajaran, bentuk simulasi menjadi pilihan agar pemain bergerak aktif di dalam *game* dibanding sekedar pasif menjawab pertanyaan di layar. Selain itu, pemain dapat merasakan langsung skenario kebakaran perumahan sehingga nantinya ilmu yang didapat dapat lebih mudah ditransfer ke dunia nyata.

a. Gameplay

Berdasarkan tujuan, materi, dan strategi pembelajaran, maka *core gameplay* didesain untuk mensimulasikan skenario kebakaran di sebuah rumah (gambar 3) dan pemain berusaha untuk memadamkan menggunakan APAR jenis Foam AFFF ketika titik api muncul. Titik api dalam rumah tersebut akan dimunculkan secara acak sehingga pemain tidak bisa menebak atau memprediksi sebelumnya.

Total ada 13 titik api yang tersebar di seluruh rumah (segitiga merah pada gambar 3) dan di setiap titik api selalu diletakkan sumber api. Peletakan sumber api di setiap ruangan bertujuan untuk menyadarkan pemain mengenai barang-barang apa di masing-masing ruangan yang mungkin berpotensi menjadi sumber api di kehidupan sehari-hari. Selain itu, sumber api

yang ada di dalam *game* dibagi menjadi dua jenis, yaitu sumber api elektronik (seperti kabel, dispenser, mesin cuci, dan microwave) dan non elektronik (seperti kompor gas dan puntung rokok). Perbedaan sumber api ini nantinya akan menjadi petunjuk bagi pemain untuk bisa menentukan apakah api tersebut sebaiknya dipadamkan dengan APAR jenis Foam AFFF atau tidak.



Gambar 3. Denah rumah di dalam *game*. Segitiga merah menunjukkan tempat munculnya titik api.

Sesuai dengan sifat APAR jenis Foam AFFF, maka pemain hanya boleh memadamkan api yang berasal dari sumber non elektronik. Sedangkan untuk api dari sumber elektronik, pemain dilarang memadamkannya karena APAR yang dibawa jenisnya tidak cocok. Jika pemain memadamkan dengan benar, maka ia akan mendapat skor. Sebaliknya, jika pemain salah dalam memadamkan, maka skornya akan berkurang. Harapannya, ini akan melatih aspek ketepatan dan memperkuat pemahaman pemain untuk membedakan cara memadamkan api berdasarkan jenisnya.

Dalam *game*, pemain hanya diberikan waktu sebanyak 5 menit untuk memadamkan api sebanyak-banyaknya. Setiap titik api yang muncul memiliki masa hidup sepanjang 10 detik. Jika dalam 10 detik tidak dipadamkan oleh pemain, maka titik api akan otomatis menghilang. Penggunaan waktu yang terbatas dalam *game* yang dikombinasikan dengan adanya penambahan dan pengurangan skor dilakukan untuk melatih kecepatan pemain dalam mengambil keputusan.

Dalam memadamkan api, pemain tidak boleh menyentuh api karena itu akan mengurangi nyawa pemain bahkan bisa membunuh pemain. Hal ini untuk mengajari pemain agar berhati-hati ketika memadamkan api. Semakin lama *game* berjalan, maka semakin kuat api sehingga jumlah nyawa yang berkurang ketika bersentuhan akan semakin besar.



Gambar 4. Contoh tampilan bagian tutorial cara menggunakan APAR

b. Hasil Game

Game dibuat menggunakan Unreal Engine. Terdapat dua bagian dari *game*. Bagian pertama merupakan bagian tutorial. Pada bagian ini, pemain diajarkan cara bermain meliputi cara bergerak dan cara menggunakan APAR. Bagian tutorial penting agar pemain segera terbiasa dengan cara bermain sehingga ketika mereka masuk pada bagian kedua, yaitu bagian utama *game*, mereka bisa lebih fokus pada aspek yang menjadi tujuan pembelajaran [23]. Gambar 4 menunjukkan contoh tampilan pada bagian tutorial.

Bagian kedua merupakan bagian utama *game*. Seperti dijelaskan sebelumnya, pada bagian ini pemain mendapat waktu 5 menit untuk memadamkan api dengan benar sebanyak-banyaknya. Gambar 5 menunjukkan contoh tampilan pada bagian utama.



Gambar 5. Tampilan saat mematikan api dari rokok (sumber api non elektronik).
Terlihat skor di kanan atas layar dan waktu tersisa di tengah atas layar.

c. Pengujian

Dalam penelitian ini, terdapat dua pengujian yang dilakukan. Pengujian pertama merupakan pengujian dengan menggunakan metode black-box. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa *game* berfungsi sesuai dengan seharusnya dan tidak terdapat *bug*. Setelah melakukan pengujian dengan 17 skenario uji, semua output yang didapatkan sama

dengan output yang diharapkan. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa semua fungsi berjalan dengan baik dan tidak ada *bug* yang ditemukan.

Pengujian yang kedua dilakukan untuk menilai kemampuan *game* dalam meningkatkan pemahaman pemain terhadap penggunaan APAR jenis Foam AFFF. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode pretest-posttest. Total terdapat 34 partisipan dengan rata-rata umur 16,42 tahun ($SD = 0,96$). Rata-rata hasil pretest dan posttest dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif dari Hasil Pretest dan Posttest

	Rata-rata	Median	Standar Deviasi
Pretest	55,10	53,33	22,76
Posttest	91,18	100	16,95

Data yang didapat kemudian dianalisa pertama kali menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk. Hasil menunjukkan bahwa data pretest ($W(34) = 0,929$, $p = 0,029$) dan data posttest ($W(34) = 0,584$, $p < 0,001$) sama-sama tidak terdistribusi secara normal. Karena kedua data tidak terdistribusi secara normal, maka perbandingan antara hasil pretest dan posttest dilakukan menggunakan uji non-parametrik, yaitu uji Wilcoxon. Hasil dari uji Wilcoxon menunjukkan perbedaan signifikan ($Z = -4,732$, $p < 0,001$) antara pretest dan posttest. Karena hasil posttest secara umum lebih besar dibanding hasil pretest, maka bisa disimpulkan ada kenaikan nilai setelah bermain *game*.

Hasil pengujian pretest dan posttest mengindikasikan bahwa *game* yang dibuat sukses dalam meningkatkan pemahaman pemain terhadap penggunaan APAR jenis Foam AFFF dalam memadamkan api. Hasil ini mendukung penelitian-penelitian sebelumnya (e.g., [16]–[18], [21]) bahwa *game* sangat dimungkinkan menjadi media pembelajaran dengan topik kebakaran. Namun berbeda dengan penelitian sebelumnya, *game* 3D simulasi yang dihasilkan tidak hanya memanfaatkan kemampuan *game* untuk memberikan ruang praktik yang autentik, tetapi juga fokus pada aspek perbedaan cara memadamkan api, khususnya penggunaan APP jenis Foam AFFF. Aspek kedua ini masih belum banyak tersentuh oleh penelitian-penelitian sebelumnya.

Hasil dari penelitian ini tidak untuk menunjukkan bahwa penelitian ini lebih baik, tapi lebih untuk menunjukkan kontribusi dari penelitian ini sebagai pelengkap hal-hal yang belum dibahas sebelumnya. Harapannya, *game* 3D simulasi yang dibuat dalam penelitian ini, bersama-sama dengan *game* yang lain, mampu untuk meningkatkan pengetahuan pemain tentang kebakaran sehingga menurunkan jumlah insiden kebakaran atau memitigasi dampak ketika terjadi kebakaran.

d. Limitasi Penelitian

Walaupun hasil penelitian ini mengindikasikan temuan positif, namun penelitian ini tidak lepas dari beberapa keterbatasan. Pertama, pemain hanya membawa APAR jenis Foam AFFF. Akibatnya, ketika berhadapan dengan sumber api elektronik, pemain hanya bisa menunggu 10 detik hingga apinya hilang sendiri. Jika pemain memaksakan untuk memadamkan api, skornya akan berkurang karena memang APAR jenis Foam AFFF tidak boleh digunakan untuk memadamkan api dari sumber elektronik. Walaupun hasil posttest menunjukkan bahwa pemain mampu membedakan kapan sebaiknya menggunakan APAR jenis Foam AFFF, namun ada

potensi bahwa ketika di dunia nyata berhadapan dengan api dari sumber elektronik, maka pemain hanya akan membiarkannya saja.

Saat mendesain *game*, sebenarnya dimungkinkan untuk membawa satu jenis APAR lain yang berguna untuk memadamkan api dari sumber elektronik. Namun demikian, cara kerja APAR ini tidak hanya sekedar menyemprot sumber api seperti cara kerja APAR jenis Foam AFFF. Ada beberapa langkah tambahan yang harus dilakukan seperti misalnya mematikan sumber listrik. Karena perbedaan jumlah langkah inilah, maka peneliti memutuskan untuk hanya membawa satu jenis APAR saja. Ke depannya, *game* ini perlu dikembangkan untuk mengenalkan cara kerja jenis APAR lain yang efektif untuk api dari sumber elektronik.

Kedua, *game* yang dibuat hanya mensimulasikan satu skenario di rumah. Walau kebakaran di perumahan atau pemukiman menjadi kebakaran dengan jumlah paling banyak [4], namun masih banyak skenario kebakaran lain. Misalnya kebakaran di Glodok [5] terjadi di sebuah pusat perbelanjaan atau kebakaran di Panin Bank [7] terjadi di area perkantoran. Kebakaran dengan skenario lain memungkinkan terdapat sumber api yang berbeda dengan yang ditemukan di rumah. Tentunya hal ini akan semakin menambah pengetahuan pemain sehingga mereka selalu siap di skenario kebakaran dimanapun. Oleh karena itu, terdapat peluang untuk menambahkan skenario lain ke depannya.

Terakhir, pengujian peningkatan pemahaman pemain hanya menilai efek langsung (*immediate effect*) tapi tidak menilai tingkat retensi dengan pengujian longitudinal. Agar *game* benar-benar bisa dikatakan efektif, tentunya pengetahuan yang sudah didapat pemain harus bisa bertahan lama. Oleh karena itu, hasil yang didapat dalam penelitian ini hanya bicara konteks jangka pendek dan belum menjamin bahwa pemain akan tetap bisa memahami cara kerja APAR jenis Foam AFFF setelah beberapa waktu ke depannya. Oleh karena itu, penelitian ke depan perlu untuk mempertimbangkan tingkat retensi jangka panjang setelah bermain *game*.

D. Simpulan

Kebakaran hingga saat ini masih menjadi momok bagi masyarakat. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu langkah yang penting adalah pendidikan terkait pencegahan dan mitigasi kebakaran. *Game* telah terbukti mampu menjadi sebuah media alternatif untuk pembelajaran atau pelatihan terkait kebakaran. *Game* 3D simulasi yang dibuat dalam penelitian ini telah terbukti mampu menjadi salah satu pelengkap dari *game-game* yang telah ada. Namun demikian, masih banyak aspek terkait pencegahan dan mitigasi yang belum tersentuh. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memotivasi kemunculan penelitian-penelitian baru ke depannya untuk melengkapi proses pembelajaran masyarakat terkait kebakaran. Pada akhirnya, hasil-hasil penelitian ini mampu mengurangi jumlah insiden atau dampak dari kebakaran.

Daftar Pustaka

- [1] Pusiknas Bareskrim Polri, "Data Statistik Gangguan," 2024. <https://pusiknas.polri.go.id/gangguan> (accessed Jan. 23, 2025).
- [2] Pusiknas Bareskrim Polri, "Kebakaran, Bencana yang Paling Sering Terjadi di 2024," 2024. https://pusiknas.polri.go.id/detail_artikel/kebakaran,_bencana_yang_paling_sering_terjadi_di_2024 (accessed Jan. 23, 2025).
- [3] R. Mustajab, "Kasus Kebakaran di Indonesia Cetak Rekor pada Juni 2023," 2023. <https://dataindonesia.id/varia/detail/kasus-kebakaran-di-indonesia-cetak-rekor-pada->

- juni-2023. (accessed Jan. 23, 2025).
- [4] Pusiknas Bareskrim Polri, “Kebakaran Paling Banyak Terjadi di Perumahan,” 2024. https://pusiknas.polri.go.id/detail_artikel/kebakaran_paling_banyak_terjadi_di_perumahan (accessed Jan. 23, 2025).
 - [5] Tempo, “Kebakaran di Glodok Plaza, Delapan Pekerja Terjebak,” 2025. <https://www.tempo.co/hukum/kebakaran-di-glodok-plaza-delapan-pekerja-terjebak--1194669> (accessed Jan. 23, 2025).
 - [6] Tempo, “Puluhan Rumah Hangus Akibat Kebakaran di Kawasan Kemayoran,” 2024. <https://www.tempo.co/foto/arsip/puluhan-rumah-hangus-akibat-kebakaran-di-kawasan-kemayoran-1179625> (accessed Jan. 23, 2025).
 - [7] I. P. G. R. Paramahansa and A. N. K. Movanita, “Ada Kebakaran di Panin Bank, Sumbernya dari Gedung ‘Chiller’ AC,” 2025. <https://megapolitan.kompas.com/read/2025/01/21/12480081/ada-kebakaran-di-panin-bank-sumbernya-dari-gedung-chiller-ac> (accessed Jan. 27, 2025).
 - [8] R. M. D. I. M. Rathnayake, P. Sridarran, and M. D. T. E. Abeynayake, “Factors contributing to building fire incidents: A review,” *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 0, no. March, pp. 123–134, 2020.
 - [9] B. O’Connor, “Fire Extinguisher Ratings,” 2022. <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2022/08/26/fire-extinguisher-ratings> (accessed Jan. 23, 2025).
 - [10] B. O’Connor, “Fire Extinguisher Types,” 2023. <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2023/08/01/fire-extinguisher-types> (accessed Jan. 24, 2025).
 - [11] K. M. Kapp, L. Blair, and R. Mesch, *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice*. 2014.
 - [12] U. Ritterfeld, M. Cody, and P. Vorderer, “Serious games: Mechanisms and effects.” Routledge, 2009.
 - [13] R. S. Jacobs, “Playing to Win Over: Validating Persuasive Games,” Erasmus University Rotterdam, 2017.
 - [14] S. Aisyah, M. Agustin Ningrum, Y. Matheos Malaikosa, and K. Rinakit Adhe, “Pengembangan Media GAMAKE (Game Pemadam Kebakaran) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Anak Usia 5-6 Tahun,” *Gener. Emas*, vol. 7, no. 1, pp. 76–91, 2024, doi: 10.25299/ge.2024.vol7(1).17868.
 - [15] B. Prasetyo, I. Agustina, and M. Gufroni, “Perancangan Game Puzzle Pemadam Kebakaran Menggunakan Metode Linear Congruential Generator (LCG),” *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.)*, vol. 2, no. 2, 2017, doi: 10.31328/jointecs.v2i2.473.
 - [16] G. Jacob, R. Jayakrishnan, and K. Bijlani, *Smart fire safety: Serious game for fire safety awareness*, vol. 701. Springer Singapore, 2018. doi: 10.1007/978-981-10-7563-6_5.
 - [17] R. Siregar, A. Nasikun, and R. Ferdiana, “Immersive Virtual Reality-based Serious Game for Fire Drill Education,” in *2024 16th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 2024, pp. 358–363. doi: 10.1109/ICITEE62483.2024.10808388.
 - [18] S. Smith and E. Ericson, “Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children,” *Virtual Real.*, vol. 13, no. 2, pp. 87–99, 2009, doi: 10.1007/s10055-009-0113-6.
 - [19] Zakiyah, D. Arisanty, E. Alviawati, F. A. Setiawan, A. N. Saputra, and Syahril, “Pengaruh Game Edukasi Wasikerman (Waspada dan Siaga Kebakaran Pemukiman) Terhadap Pengetahuan Mitigasi Kebakaran Pemukiman,” *Vidya Karya*, vol. 37, no. 2, pp. 44–53, 2022, doi: <https://doi.org/10.20527/jvk.v37i2.13067>.
 - [20] G. W. Wiriasto, M. Fikriansyah, and A. S. Rachman, “Rancang Bangun Perilaku Buatan Pada Non-Player Character Dalam Game Pemadam Kebakaran Menggunakan Finite State Machine Dan Godot Script,” *Dielektrika*, vol. 10, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi:

- 10.29303/dielektrika.v10i1.329.
- [21] K. Satapanasatien, T. Phuawiriyakul, and S. Moodleah, "A Development of Game-Based Learning in Virtual Reality for Fire Safety Training in Thailand," *JCSSE 2021 - 18th Int. Jt. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng. Cybern. Hum. Beings*, pp. 1–6, 2021, doi: 10.1109/JCSSE53117.2021.9493836.
 - [22] R. Ramadan and Y. Widyani, "Game development life cycle guidelines," *2013 Int. Conf. Adv. Comput. Sci. Inf. Syst. ICACSYS 2013*, no. September 2013, pp. 95–100, 2013, doi: 10.1109/ICACSYS.2013.6761558.
 - [23] C. Heeter, Y. Lee, B. Magerko, and B. Medler, "Impacts of Forced Serious Game Play on Vulnerable Subgroups," *Int. J. Gaming Comput. Simulations*, vol. 3, no. 3, pp. 34–53, 2011, doi: 10.4018/jgcms.2011070103.