

ABSTRAK

Adi Christian:

Tugas Akhir

Game Edukasi Penanganan Kebakaran dengan Simulasi Penyebaran Api Menggunakan Metode Octree dan Cellular Automata

Edukasi kebakaran merupakan hal penting untuk meminimalisir kerugian benda maupun korban jiwa ketika terjadi kebakaran. Namun, penyelenggaraannya belum dapat menjangkau seluruh masyarakat. Sehingga, diperlukan sebuah media edukasi pendukung yang dapat mudah diakses kapan pun dan dimana pun oleh masyarakat. Salah satu media yang dapat membantu adalah game edukasi.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah game edukasi mengenai kebakaran dalam ruang. Pemain akan dihadapkan dengan keadaan kebakaran dalam ruang, dan harus mengambil tindakan tepat untuk menangani kebakaran tersebut. Tindakan yang ditekankan adalah sesuai panduan keselamatan, yaitu berusaha memadamkan api ketika api masih kecil, namun segera melakukan evakuasi bila api sudah mulai menyebar ke benda di sekitarnya. Proses penyebaran api dalam game ini akan dibuat menggunakan metode Octree dan Cellular Automata.

Pengujian penelitian ini meliputi pengujian game edukasi yang dibuat kepada 30 responden, serta pengujian simulasi penyebaran api. Pengujian kepada 30 responden menunjukkan peningkatan rata-rata peringkat dan kecepatan penyelesaian level pada permainan kedua dibandingkan permainan pertama. Hal tersebut menunjukkan adanya indikasi peningkatan pemahaman pemain akan cara penanganan kebakaran berdasarkan jenis material yang terbakar. Sementara itu, pengujian simulasi penyebaran api menunjukkan bahwa penyebaran api pada game edukasi ini sudah beragam dan sesuai dengan jenis material yang terbakar, mendukung tujuan edukasi game ini.

Kata kunci: gim edukasi, penyebaran api, APAR, octree, cellular automata

ABSTRACT

Adi Christian

Undergraduate Thesis

Educational Game on Fire Handling Using Fire Spread Simulation with Octree and Cellular Automata Methods

Fire safety education is an important effort to minimize property loss and casualties during fire incidents. However, its implementation has not yet reached all segments of society. Therefore, a supporting educational medium that can be easily accessed anytime and anywhere is needed. One such medium that can help is an educational game.

This research aims to develop an educational game about indoor fire incidents. Players are placed in a fire emergency scenario and must take appropriate actions to handle the situation. The emphasized actions follow safety guidelines, namely attempting to extinguish the fire while it is still small, but evacuating immediately once the fire starts spreading to surrounding objects. The fire propagation process in this game is modeled using the Octree and Cellular Automata methods.

The study evaluation included testing with 30 respondents as well as fire spread simulations. The tests with the 30 respondents showed an increase in average scores and level completion speed during the second playthrough compared to the first. This indicates a potential improvement in the players' understanding of fire handling based on the type of the burning material. Meanwhile, the fire spread simulation demonstrated that the fire in this educational game spreads in a varied and material-appropriate manner, supporting the game's educational objectives.

Keywords: educational game, fire propagation, fire extinguisher, octree, cellular automata

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
LEMBAR DISCLAIMER PENGGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.1.1 Analisis Masalah/Urgensi.....	1
1.1.2 State-Of-The-Art/Related Research.....	2
1.1.3 Analisis Solusi.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
2. METODOLOGI PENELITIAN.....	7
2.1 Studi Literatur.....	8
2.1.1 Octree.....	8
2.1.2 Cellular Automata.....	9
2.1.3 Penyebaran Asap dan Api.....	10
2.1.4 Teori Segitiga Api.....	10
2.1.5 Fase Pertumbuhan Api.....	11
2.1.6 Air Flow / Arah Gerak Udara.....	15
2.1.7 Flashover.....	16
2.2 Pembuatan Game.....	17
2.3 Pengujian dan Analisis Program.....	17
2.4 Pengambilan Kesimpulan.....	18
2.5 Pembuatan Laporan.....	18
3. ANALISIS DAN DESAIN.....	19
3.1 Game Design Document.....	19

3.1.1	Gambaran Umum Game:.....	19
3.1.2	Pengalaman dan Edukasi yang Diberikan.....	19
3.1.3	Gameplay Loop, Kondisi Menang-Kalah, Fase, dan Misi.....	23
3.1.4	Sistem Lives dan Hitpoints.....	24
3.1.5	Jenis Level dan Lingkungannya.....	25
3.1.6	Alat Pemadam Kebakaran dan Kelas Benda Terbakar.....	37
3.1.7	Tingkat Kesulitan (Difficulty).....	38
3.1.8	Alur Main Menu Edukasi Kebakaran.....	39
3.1.9	Menu Tampilan Materi Edukasi.....	40
3.1.10	Controls.....	40
3.2	Desain Sistem Octree.....	41
3.3	Desain Sistem Cellular Automata.....	43
3.3.1	Desain Cellular Automata.....	43
3.3.2	Penjelasan State.....	44
3.3.3	Inisialisasi Octree Cellular Automata.....	46
3.3.4	Objek Simulasi dan Parameternya.....	47
3.3.5	Algoritma Penyebaran Api.....	53
3.4	Rancangan Pengujian.....	58
4.	PENGUJIAN.....	59
4.1	Pengujian Peningkatan Pemahaman.....	59
4.2	Pengujian Simulasi Penyebaran Api.....	62
4.2.1	Pengujian Area Terbakar Berdasarkan Material.....	62
4.2.1.1	Material wood.....	62
4.2.1.2	Material fabric.....	65
4.2.1.3	Material plastic_electric.....	68
4.2.1.4	Pembahasan.....	71
4.2.2	Perbandingan Octree Cellular Automata dengan Grid Cellular Automata.....	71
4.3	Uji Fungsionalitas pada Tiap Levelnya.....	77
4.3.1	Level Tutorial.....	77
4.3.2	Level 1.....	78
4.3.3	Level 2.....	79
4.3.4	Level 3.....	81
4.3.5	Level 4.....	82
4.3.6	Level 5.....	83
4.3.7	Pembahasan.....	84
5.	KESIMPULAN.....	84

5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	87
Daftar Referensi.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Topik infografis beserta rinciannya.....	20
Tabel 3.2 Tabel penjelasan alat memadamkan api dan spesifikasinya.....	38
Tabel 3.3 Tabel perbedaan tingkat kesulitan.....	39
Tabel 3.3 Tabel penjelasan controls dalam game edukasi yang dikembangkan.....	40
Tabel 3.4 Transition rule dari state Flammable menuju state lainnya.....	44
Tabel 3.5 Transition rule dari state Heating menuju state lainnya.....	45
Tabel 3.6 Transition rule dari state Igniting menuju state lainnya.....	45
Tabel 3.7 Transition rule dari state Burning menuju state lainnya.....	45
Tabel 3.8 Tabel penjelasan parameter objek simulasi.....	47
Tabel 4.1 Perolehan nilai serta waktu yang didapat pemain (bagian 1).....	59
Tabel 4.2 Perolehan nilai serta waktu yang didapat pemain (bagian 2).....	60
Tabel 4.3 Perolehan nilai serta waktu yang didapat pemain (bagian 3).....	61
Tabel 4.4 Hasil black-box testing pada level tutorial.....	77
Tabel 4.5 Hasil black-box testing pada level 1.....	78
Tabel 4.6 Hasil black-box testing pada level 2.....	79
Tabel 4.7 Hasil black-box testing pada level 3.....	81
Tabel 4.8 Hasil black-box testing pada level 4.....	82
Tabel 4.9 Hasil black-box testing pada level 5.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Metodologi Penelitian.....	8
Gambar 2.2 Visualisasi Octree dalam bentuk 3D dan dalam bentuk tree.....	9
Gambar 2.3 Visualisasi Teori Segitiga Api.....	11
Gambar 2.4 Visualisasi 4 fase pertumbuhan api Sumber: Lucherini, A., & Torero, J. L. (2023). Defining the fire decay and the cooling phase of post-flashover compartment fires. <i>Fire Safety Journal</i> , p. 2.....	12
Gambar 2.5 Heat release rate dari sofa Sumber: Moon, M. H., Kim, H. J., Min, S. G., Kim, S. C., & Park, W. J. (2021). Simulation of Indoor Fire Dynamics of Residential Buildings with Full-Scale Fire Test. <i>Sustainability</i> , 13(9), 4897.....	13
Gambar 2.6 Heat release rate dari kursi dan meja kayu Sumber: Moon, M. H., Kim, H. J., Min, S. G., Kim, S. C., & Park, W. J. (2021). Simulation of Indoor Fire Dynamics of Residential Buildings with Full-Scale Fire Test. <i>Sustainability</i> , 13(9), 4897.....	13
Gambar 2.7 Heat release rate dari tempat sampah plastik Sumber: Stroup, D. W., & Madrzykowski, D. (2003). Heat Release Rate Tests of Plastic Trash Containers.....	14
Gambar 2.8 Heat release rate dari monitor komputer berbahan plastik..... Sumber: Bundy, M., & Ohlemiller, T. (2004). Full-Scale Flammability Measures for Electronic Equipment. National Institute of Standards and Technology.....	14
Gambar 2.9 Heat release rate minyak goreng Sumber: Hamins, A., Kim, S. C., & Madrzykowski, D. (2018). Characterization of Stovetop Cooking Oil Fires. <i>Journal of Fire Sciences</i> , 36(3).....	15
Gambar 2.10 Ilustrasi air flow dalam gedung Sumber: He et al. (2024). Influence of external wind on fire characteristics and smoke dynamics in a stairwell adjacent to a room. <i>Case Studies in Thermal Engineering</i> , p. 9.....	16
Gambar 2.11 Ilustrasi flashover dalam ruangan, dimana terjadi kenaikan suhu yang signifikan dalam selisih waktu 30 detik Sumber: Thinnakornsutibutr et al. (2024). Early warning signals of flashover in compartment fires. <i>Fire Safety Journal</i> , p. 6.....	17
Gambar 3.1 Ilustrasi Level Tutorial.....	25
Gambar 3.2 Desain alur level Tutorial.....	27
Gambar 3.3 Ilustrasi Level 1.....	28
Gambar 3.4 Desain alur level 1.....	29
Gambar 3.5 Ilustrasi Level 2.....	29
Gambar 3.6 Desain alur level 2.....	31
Gambar 3.7 Ilustrasi Level 3.....	31
Gambar 3.8 Desain alur level 3.....	33
Gambar 3.9 Ilustrasi Level 4.....	33

Gambar 3.10 Desain alur level 4.....	35
Gambar 3.11 Ilustrasi Level 5.....	36
Gambar 3.12 Desain alur level 5.....	37
Gambar 3.13 Flowchart Divide (bagian 1).....	42
Gambar 3.14 Flowchart Divide (bagian 2).....	43
Gambar 3.15 Flowchart BurningTick (bagian 1).....	55
Gambar 3.16 Flowchart BurningTick (bagian 2).....	56
Gambar 3.17 Flowchart BurningTick (bagian 3).....	57
Gambar 3.18 Flowchart AvgTemperature().....	58
Gambar 4.1 Pengujian area terbakar benda material wood (time = 0 detik).....	63
Gambar 4.2 Pengujian area terbakar benda material wood (time = 30 detik).....	63
Gambar 4.3 Pengujian area terbakar benda material wood (time = 60 detik).....	64
Gambar 4.4 Pengujian area terbakar benda material wood (time = 70 detik).....	64
Gambar 4.5 Pengujian area terbakar benda material wood (time = 80 detik).....	65
Gambar 4.6 Pengujian area terbakar benda material fabric (time = 0 detik).....	66
Gambar 4.7 Pengujian area terbakar benda material fabric (time = 20 detik).....	66
Gambar 4.8 Pengujian area terbakar benda material fabric (time = 30 detik).....	67
Gambar 4.9 Pengujian area terbakar benda material fabric (time = 40 detik).....	67
Gambar 4.10 Pengujian area terbakar benda material fabric (time = 50 detik).....	68
Gambar 4.11 Pengujian area terbakar benda material plastic_electric (time = 0 detik).....	69
Gambar 4.12 Pengujian area terbakar benda material plastic_electric (time = 40 detik).....	69
Gambar 4.13 Pengujian area terbakar benda material plastic_electric (time = 100 detik).....	70
Gambar 4.14 Pengujian area terbakar benda material plastic_electric (time = 110 detik).....	70
Gambar 4.15 Pengujian area terbakar benda material plastic_electric (time = 120 detik).....	71
Gambar 4.16 Penyebaran api ketika waktu t = 0 detik pada: (A) Octree CA berukuran cell terkecil 0.5, (B) Grid CA berukuran cell 0.5, dan (C) Grid CA berukuran cell 1.....	72
Gambar 4.17 Penyebaran api ketika waktu t = 30 detik pada: (A) Octree berukuran cell terkecil 0.5, (B) Grid berukuran cell 0.5, dan (C) Grid berukuran cell 1.....	73
Gambar 4.18 Penyebaran api ketika waktu t = 60 detik pada: (A) Octree berukuran cell terkecil 0.5, (B) Grid berukuran cell 0.5, dan (C) Grid berukuran cell 1.....	74
Gambar 4.19 Penyebaran api ketika waktu t = 90 detik pada: (A) Octree berukuran cell terkecil 0.5, (B) Grid berukuran cell 0.5, dan (C) Grid berukuran cell 1.....	75
Gambar 4.20 Penyebaran api ketika waktu t = 120 detik pada: (A) Octree berukuran cell terkecil 0.5, (B) Grid berukuran cell 0.5, dan (C) Grid berukuran cell 1.....	76
Gambar 4.21 Penyebaran api ketika waktu t = 150 detik pada: (A) Octree berukuran cell terkecil 0.5 dan (B) Grid berukuran cell 0.5.....	76