

**PENGEMBANGAN *GAME* EDUKASI MITIGASI DAMPAK URBANISASI
PADA TATA KELOLA BANGUNAN DENGAN PENDEKATAN
ALGORITMA MOORA**

SKRIPSI

Oleh :
AKHMAD BADAWI
NIM. 210605110086



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**PENGEMBANGAN *GAME* EDUKASI MITIGASI DAMPAK URBANISASI
PADA TATA KELOLA BANGUNAN DENGAN PENDEKATAN
ALGORITMA MOORA**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh :
AKHMAD BADAWI
NIM. 210605110086

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN *GAME* EDUKASI MITIGASI DAMPAK URBANISASI PADA TATA KELOLA BANGUNAN DENGAN PENDEKATAN ALGORITMA MOORA

SKRIPSI

Oleh :
AKHMAD BADAWI
NIM. 210605110086

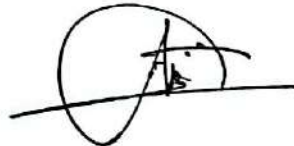
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 7 Mei 2025

Pembimbing I,



Ahmad Fahmi Karami, M.Kom
NIP. 19870909 202012 1 001

Pembimbing II,



Ajib Hanani, M. T
NIP. 19840731 202321 1 013

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. H. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN *GAME* EDUKASI MITIGASI DAMPAK URBANISASI PADA TATA KELOLA BANGUNAN DENGAN PENDEKATAN ALGORITMA MOORA

SKRIPSI

Oleh :
AKHMAD BADAWI
NIM. 210605110086

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 19 Mei 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Ir. Fresy Nugroho, ST., MT, IPM
NIP. 19710722 201101 1 001

Anggota Penguji I : Tri Mukti Lestari, M.Kom
NIP. 19911108 202012 2 005

Anggota Penguji II : Ahmad Fahmi Karami, M.Kom
NIP. 19870909 202012 1 001

Anggota Penguji III : Ajib Hanani, M. T
NIP. 19840731 202321 1 013

()
()
()
()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akhmad Badawi

NIM : 210605110086

Fakultas / Prodi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : Pengembangan *Game* Edukasi Mitigasi Dampak Urbanisasi
Pada Tata Kelola Bangunan Dengan Pendekatan Algoritma
Moora

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 19 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,



Akhmad Badawi

NIM.210605110086

MOTTO

... We have a responsibility that compels us to keep moving forward. ...

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala dengan segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam.

Penulis mempersembahkan penulisan karya ini kepada Bapak dan Ibu penulis, Bpk. Sutrisno Hadi dan Ibu Titin Sumarni. Terimakasih penulis ucapkan terhadap semua dukungan yang diberikan baik ilmu, materi, maupun doa di setiap harinya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan karya tulis ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada kakak perempuan penulis, Nafisatul Mar'ah yang memberikan dukungan dan semangat. Semoga ilmu yang didapat penulis dapat berguna dan berkah bagi penulis dan orang-orang disekitarnya.

Penulis juga mengucapkan terimakasih dan apresiasi yang sangat besar terhadap Bpk. Ahmad Fahmi Karami selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan penulisan skripsi ini. Penulis turut mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya terhadap pihak terkait yang membantu dalam penulisan ini termasuk Ridwan Jauhar Kafabihi selaku tim pengerjaan projek, teman-teman “ASTER”, teman-teman Prodi Teknik Informatika, dan pihak-pihak yang belum tersebut lainnya.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala nikmat, karunia, dan kasih sayang-Nya yang memudahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan *Game* Edukasi Mitigasi Dampak Urbanisasi Pada Tata Kelola Bangunan Dengan Pendekatan Algoritma MOORA”. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah kepada Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi wa Sallam. Penulis mengungkapkan apresiasi dan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan semangat hingga skripsi ini dapat diselesaikan. Ucapan ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ahmad Fahmi Karami, M.Kom selaku dosen pembimbing I dan Ajib Hanani, M. T selaku dosen pembimbing II yang telah memberi arahan penelitian kepada penulis.
5. Dr. Ir. Fresy Nugroho, ST., MT, IPM selaku dosen penguji I dan Tri Mukti Lestari, M.Kom, selaku dosen penguji II yang telah memberikan arahan perbaikan sehingga skripsi dapat diselesaikan dengan baik.

6. Segenap Dosen, Admin, Laboran dan Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan banyak dukungan dan bimbingan selama pengerjaan skripsi ini.
7. Ibu, Ayah, dan Kakak perempuan penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan materiil sehingga penulis dapat menuntaskan skripsi dengan baik dan lancar.
8. Serta semua pihak yang telah berkontribusi dan tidak dapat penulis sebutkan yang telah memberikan bantuan hingga karya ini dapat diselesaikan dengan baik.

Malang, 19 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terkait	4
2.2 Urbanisasi.....	8
2.3 Urban Heat Island (UHI).....	9
2.4 Game	10
2.5 Sistem Pendukung Keputusan (SPK).....	11
2.6 Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)	11
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	14
3.1 Desain Penelitian.....	14
3.2 Rancangan Game	14
3.2.1 Game Design Document (GDD).....	15
3.2.2 Gameplay	19
3.3 Perhitungan SPK MOORA	21
3.3.1 Penentuan Kriteria.....	21
3.3.2 Data Alternatif.....	23
3.3.3 Normalisasi	24
3.3.4 Optimasi	28
3.3.5 Perangkingan.....	32
3.4 Rancangan Pengujian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Implementasi Desain Sistem	35
4.2 Implementasi Tampilan User Interface	36
4.2.1 Tampilan Main Menu.....	36
4.2.2 Tampilan Menu Pemilihan Skenario.....	36
4.2.3 Tampilan Lingkungan Skenario 1	37

4.2.4 Tampilan Lingkungan Skenario 2	38
4.2.5 Tampilan Lingkungan Skenario 3	39
4.2.6 Tampilan Feedback NPC	39
4.2.7 Tampilan Hasil Performa	40
4.3 Implementasi SPK MOORA.....	42
4.4 Pengujian.....	45
4.4.1 Hasil Pengujian GUESS.....	45
4.4.2 Pengujian Algoritma MOORA	47
4.4.3 Feedback Pengembang Game	49
4.4.4 Feedback Akademisi	51
4.5 Integrasi dengan Islam	53
4.5.1 Muamalah Ma'a Allah	53
4.5.2 Muamalah Ma'a An-Nas.....	54
4.5.3 Muamalah Ma'al Bi'ah	56
KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Core Gameplay Loop	16
Gambar 3.3 Gameplay Lestari	20
Gambar 3.4 FSM NPC Lestari	21
Gambar 3.5 Skenario Masukan Nilai Kriteria oleh Pemain.....	28
Gambar 4.1 Tampilan Main Menu.....	36
Gambar 4.2 Tampilan Menu Pemilihan Skenario.....	37
Gambar 4.3 Tampilan Lingkungan Skenario 1	38
Gambar 4.4 Tampilan Lingkungan Skenario 2	38
Gambar 4.5 Tampilan Lingkungan Skenario 3	39
Gambar 4.6 Feedback NPC.....	40
Gambar 4.7 Tampilan Hasil Performa Kondisi Menang	41
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Performa Kondisi Kalah	41
Gambar 4.9 Tampilan Adjustment Priority.....	42
Gambar 4.10 Tampilan Hasil Perangkingan SPK.....	43
Gambar 4.11 Tampilan Deskriptif Objektif Mitigasi.....	43
Gambar 4.12 Memasukkan Bobot Skenario 4	49
Gambar 4.13 Hasil Perangkingan dari Skenario 4	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1 GDD	15
Tabel 3.2 StoryBoard	17
Tabel 3.3 Data Kriteria.....	22
Tabel 3.4 Konfigurasi Bobot Kriteria	23
Tabel 3.5 Data Alternatif Mitigasi	24
Tabel 3.6 Tabel Matriks Normalisasi	27
Tabel 3.7 Bobot Kriteria	28
Tabel 3.8 Matriks Pembobotan Nilai Normalisasi	31
Tabel 3.9 Nilai Optimasi Setiap Alternatif	32
Tabel 3.10 Perangkingan Alternatif Mitigasi.....	32
Tabel 3.11 Butir Pertanyaan GUESS	34
Tabel 4.1 Hardware Requirement	35
Tabel 4.2 Software Requirement.....	35
Tabel 4.3 Pseudocode Pengambilan Alternatif	44
Tabel 4.4 Hasil Pengujian GUESS	46
Tabel 4.5 Pengujian MOORA.....	48
Tabel 4.6 Feedback Ahli	50
Tabel 4.7 Feedback Akademisi	51

ABSTRAK

Badawi, Akhmad. 2025. **Pengembangan Game Edukasi Mitigasi Dampak Urbanisasi Pada Tata Kelola Bangunan Dengan Pendekatan Algoritma MOORA**. Skripsi. Prodi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Fahmi Karami, M.Kom (II) Ajib Hanani, M. T.

Kata kunci: *Decision Support System, Game Edukasi, Urban Heat Island*.

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) merupakan fenomena peningkatan suhu di kawasan pusat perkotaan berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Minimnya pengetahuan mengenai prinsip pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan menjadi penyebab utama munculnya fenomena UHI. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *game* sebagai sebuah sarana edukasi mengenai mitigasi UHI dengan mengintegrasikan algoritma MOORA sebagai alat bantu. Hasil penelitian didapatkan *game* edukasi yang mampu memberikan pengalaman interaktif kepada pengguna dalam memahami alternatif mitigasi UHI berbasis keputusan multi-kriteria. Pengujian menggunakan instrumen *Game User Experience Satisfaction Scale* (GUESS) terhadap 21 responden menghasilkan skor rata-rata sebesar 74% yang menunjukkan *game* sudah masuk kategori baik dalam memberikan pengalaman bermain. Penggunaan algoritma MOORA juga menunjukkan dapat membantu pemain mengevaluasi dan membandingkan alternatif mitigasi berdasarkan prioritas kriteria dampak, biaya, waktu, dan lahan. Secara keseluruhan, *game* yang dikembangkan telah dinilai layak digunakan sebagai sarana edukasi inovatif dalam meningkatkan pemahaman mitigasi UHI.

ABSTRACT

Badawi, Akhmad. 2025. **Development of an Educational Game for Mitigating the Impact of Urbanization on Building Management Using the MOORA Algorithm Approach.** Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Promoter: (I) Ahmad Fahmi Karami, M.Kom (II) Ajib Hanani, M. T.

Key words: *Decision Support System, Educational Game, Urban Heat Island.*

The Urban Heat Island (UHI) phenomenon refers to the increase in temperature in urban centers, which negatively impacts public health. The lack of knowledge regarding environmentally friendly infrastructure development principles is a major contributing factor to the emergence of UHI. This research aims to develop a game as an educational tool for UHI mitigation by integrating the MOORA algorithm as a decision-support aid. The results of the study produced an educational game that provides an interactive experience for users in understanding multi-criteria-based UHI mitigation alternatives. Testing using the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS) instrument on 21 respondents yielded an average score of 74%, indicating that the game falls into the good category in providing a playing experience. The use of the MOORA algorithm also proved effective in helping players evaluate and compare mitigation alternatives based on the prioritized criteria of impact, cost, time, and land. Overall, the developed game has been deemed feasible as an innovative educational tool to enhance understanding of UHI mitigation.

البحث مستخلص

بدوي، أحمد. 2025. تطوير لعبة تعليمية للتخفيف من تأثير التحضر على إدارة المباني باستخدام نهج خوارزمية (MOORA). البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. أحمد فهمي كرمي، ماجستير في الحاسوب؛ المشرف الثاني: د. أجيب هناني، ماجستير في التكنولوجيا.

الكلمات الرئيسية: نظام دعم قرار، لعبة تعليمية، تخفيف، جزيرة حرارية حضرية.

تشير ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (UHI) إلى ارتفاع درجة الحرارة في المراكز الحضرية، مما يؤثر سلبًا على الصحة العامة. ويعد نقص المعرفة بمبادئ تطوير البنية التحتية الصديقة للبيئة أحد العوامل الرئيسية المساهمة في ظهور ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية. تهدف هذه الدراسة إلى تطوير لعبة كأداة تعليمية للتخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية من خلال دمج خوارزمية (MOORA) كأداة مساعدة في اتخاذ القرار. أسفرت نتائج الدراسة عن إنتاج لعبة تعليمية توفر تجربة تفاعلية للمستخدمين في فهم بدائل التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية القائمة على معايير متعددة. أدى الاختبار باستخدام أداة مقياس رضا المستخدم عن تجربة اللعبة (GUESS) على ٢١ مشاركًا إلى الحصول على متوسط درجة ٧٤٪، مما يشير إلى أن اللعبة تندرج في فئة الجيدة في توفير تجربة لعب. كما أثبت استخدام خوارزمية (MOORA) فعاليتها في مساعدة اللاعبين على تقييم ومقارنة بدائل التخفيف بناءً على المعايير ذات الأولوية المتمثلة في التأثير والتكلفة والوقت والأرض. بشكل عام، تم اعتبار اللعبة المطورة أداة تعليمية مبتكرة قابلة للتطبيق لتعزيز فهم التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية الحارة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Urbanisasi adalah perpindahan penduduk dari pedesaan ke perkotaan yang meningkat dalam 50 tahun terakhir dan diperkirakan mencapai 83% pada 2050 (Januari et al., 2024). Peningkatan urbanisasi mendorong alih fungsi lahan vegetasi menjadi infrastruktur yang memicu fenomena *Urban Heat Island* (UHI). UHI adalah di mana suhu di daerah perkotaan lebih tinggi dari daerah disekitarnya (Ferdiansyah & Penggalih, 2022). UHI berdampak pada lingkungan seperti peningkatan gelombang panas, penurunan kualitas udara, serta pencemaran air dan tanah yang berakibat pada masalah kesehatan seperti dehidrasi, serangan panas, dan stroke. Mitigasi UHI dapat dilakukan melalui pengelolaan tata ruang meliputi ruang hijau, pemilihan material jalan yang mudah melepas panas, dan analisis tinggi bangunan untuk optimalisasi sirkulasi angin (Anindita et al., 2023). Di Indonesia, aturan tata kelola ruang diatur dalam UU Nomor 26 Tahun 2007, namun sering diabaikan sehingga muncul dampak lingkungan seperti UHI.

Dalam al qur'an surat *Ar-Rum* ayat 41 berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (QS. ArRum: 41)

Menurut Tafsir Wajiz, Allah menegaskan bahwa kerusakan di bumi terjadi karena manusia mempertuhankan hawa nafsu, menyimpang dari fitrahnya. Kerusakan di darat dan laut adalah akibat perbuatan manusia yang tidak selaras dengan tuntunan-Nya. Allah menghendaki mereka merasakan dampak perbuatannya agar kembali ke fitrah (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2016). Berdasarkan pemahaman ini, penelitian ini bertujuan mengembangkan *game* edukasi tentang mitigasi tata kelola bangunan untuk mengurangi UHI.

Game simulasi adalah jenis *game* yang memvisualisasikan aspek realitas dari kehidupan nyata (Insanittaqwa et al., 2014). *Game* ini cocok sebagai media edukasi mitigasi UHI karena memberikan gambaran langsung pada lingkungan nyata. Namun, pengguna tanpa pengetahuan dasar tata kelola ruang akan mengalami kesulitan dalam menyelesaikan skenario dalam.

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah alat ilmiah yang dibuat untuk membantu pengambilan sebuah keputusan tertentu (Hou et al., 2023). Salah satu algoritma SPK adalah MOORA (*Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis*) yang mengoptimalkan beberapa atribut yang saling bertentangan secara bersamaan dengan batasan tertentu (Attri & Grover, 2014). MOORA dalam *game* digunakan untuk menentukan pilihan aksi terbaik yang dapat dilakukan pengguna sehingga pengguna dapat lebih cepat memahami konsep *game*. Algoritma ini telah diuji dalam berbagai kasus, seperti pemilihan laptop (Hartatik & Safariatun, 2023), pupuk tanaman porang (Siregar et al., 2023), dan kinerja dosen (Arista, 2020). Maka, penelitian ini bermaksud mengembangkan *game* edukasi simulasi tata kelola ruang untuk mitigasi UHI dengan menerapkan SPK.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun *game* simulasi yang menerapkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dengan Algoritma MOORA sebagai sarana edukasi tata kelola ruang perkotaan?

1.3 Batasan Masalah

Pengembangan *game* simulasi UHI dengan implementasi Algoritma MOORA memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut sebagai berikut:

1. *Game* dikembangkan untuk platform *Desktop*.
2. *Game* dimainkan oleh *Single Player*.
3. Permasalahan UHI akan diimplementasikan dalam 3 skenario berbeda.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun *game* simulasi yang menerapkan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dengan Algoritma MOORA sebagai sarana edukasi yang efektif dalam tata kelola ruang perkotaan, sehingga dapat meningkatkan pemahaman pengguna tentang pentingnya perencanaan kota yang berkelanjutan untuk mitigasi dampak *Urban Heat Island* (UHI).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun sarana edukasi bagi setiap orang mengenai mitigasi tata kelola bangunan untuk menekan dampak UHI.
2. Sebagai alternatif platform edukasi terkait mitigasi dampak UHI.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Mitigasi UHI dilakukan dengan berbagai strategi di mana salah satunya adalah *Green Infrastructure* (GI). Strategi GI berfokus pada upaya penghijauan wilayah kota baik secara alami melalui tanaman atau menghijaukan infrastruktur dan dekorasi bangunan. Aspek lain yang diperhatikan dalam mitigasi UHI adalah urban material, *ratio* aspek, dan orientasi arah jalan. Pada *paper review* (Balany et al., 2020) GI telah terbukti menurunkan temperatur pada banyak penelitian terlebih dahulu dengan pohon dan rumput adalah faktor penurun temperatur yang paling signifikan. Hasil review tersebut dijadikan sebagai acuan mitigasi UHI dalam *game* simulasi yang akan dikembangkan.

Pada penelitian Fadilah tahun (2022) *game* simulasi dibuat dengan tujuan mengajarkan seseorang mengenai standar sekolah yang baik dari segi keamanan, kualitas, dan aspek lainnya. Perancangan berfokus pada penentuan aturan dalam *game* dengan menganalisa variabel yang mensimulasikan kejadian di kehidupan nyata. Hasil akhir yang didapat berupa kerja keseluruhan sistem *game* simulasi pembangunan sekolah yang bisa dijadikan acuan pengembangan lebih lanjut (Fadilah et al., 2022).

Pembangunan game pada riset yang dilakukan Saputra pada tahun 2022 dengan judul “*Rancang Bangun Game Edukasi Pengenalan Kebudayaan Indonesia Menggunakan Metode Game Development Life Cycle (GDLC) Berbasis*

Android” ditujukan untuk edukasi pengenalan kebudayaan indonesia. *Game* dikembangkan dengan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) untuk platform Android. *Game* dibangun hingga tahap *beta test* yang mendapat 83.7% respon puas dari 20 responden (Saputra et al., 2022).

Tarigan pada tahun (2023) mengimplementasikan SPK pada *game Valorant* dengan tujuan menentukan senjata terbaik dalam *game*. Perhitungan dilakukan dengan mengambil 5 kriteria yakni *damage*, *fire rate*, *range damage*, *magazine*, dan *recoil*. Hasil akhir yang didapat adalah senjata *Phantom* menjadi senjata paling bagus dengan nilai akhir 0,820 (Tarigan et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan Andri pada tahun (2023) SPK dengan metode MOORA digunakan untuk sistem pemilihan *supplier* terbaik pada perusahaan Semen Padang. Penelitian ini berhasil membangun sistem berupa perangkat lunak berbasis UML (*Unified Modeling Language*) dengan mengimplementasikan metode MOORA dengan harapan dapat membantu perusahaan memilih *supplier* terbaik (Andri & Sitanggang, 2023).

Riset yang dilakukan Irul (2022) mengimplementasikan metode MOORA pada studi kasus pemilihan bahan dalam pembuatan baju. Penelitian dilakukan dengan 25 alternatif dan 5 kriteria yakni harga (15%), kualitas bahan (25%), sesuai keinginan pelanggan (30%), ongkos pembuatan (15%) dan warna kain (15%). Hasil penelitian menentukan Katun Rami adalah alternatif bahan terbaik dengan s 0.271 skor (Irul, 2022).

Pada penelitian El Faritsi pada tahun (2022) SPK dengan metode MOORA diimplementasikan dalam permasalahan penentuan tenaga pengajar sesuai kriteria

LKP *Andalusia Information Technology Center* (AITC). Pada penelitian ini pemilihan guru dilakukan dengan 5 kriteria yakni Tes Pemrograman *Web* (30%), Tes Pemrograman *Mobile* (30%), Tes *Photoshop* (20%), Tes *Microsoft Office* (10%), dan Pendidikan Terakhir (10%). Penelitian ini menghasilkan aplikasi *Smart Assesment System* dengan integrasi dari SPK yang mengadopsi MOORA. Sistem tersebut ditujukan untuk mencetak tenaga pengajar yang sesuai standar AITC dengan tepat, efektif, transparan, dan efisien (El Faritsi et al., 2022).

Pada riset yang dilakukan oleh Prasetyo dan Amin tahun (2022), SPK dengan metode MOORA diimplementasikan pada konteks *game* yakni untuk pemilihan *hero tank game Mobile Legend* terbaik. Hasil akhir yang didapat menentukan Khufra sebagai tank terbaik dengan skor 10.87841. Sedangkan *tank* yang paling tidak direkomendasikan adalah Hilda dengan skor -2.4623 (Prasetyo & Amin, 2022).

Penelitian terdahulu yang telah disebutkan dapat diringkas dalam tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan
1.	Fadilah et al. (2022)	Analisa dan Perancangan <i>Software Game Simulasi Sekolah</i>	<i>Game Development Life Cycle</i> (GDLC)	<i>Game Strategi</i> Pembangunan Sekolah	Integrasi isu UHI dalam <i>game</i> edukasi simulasi dengan pendekatan berbasis sistem keputusan (MOORA)

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan
2.	Saputra et al. (2022)	Pembuatan <i>Game</i> Edukasi Pengenalan Kebudayaan Indonesia Menggunakan Metode <i>Game Development Life Cycle</i> (GDLC) Berbasis Android	<i>Game Development Life Cycle</i> (GDLC)	<i>Game</i> Pengenalan Kebudayaan Indonesia	Integrasi isu UHI dalam <i>game</i> edukasi simulasi dengan pendekatan berbasis sistem keputusan (MOORA)
3.	Tarigan et al. (2023)	Sistem Pendukung Keputusan untuk Pemilihan Senjata Paling Efektif dalam <i>Game Valorant</i>	SPK (<i>Simple Adaptive Weighting</i>)	<i>Phantom</i> menjadi senjata terbaik dengan nilai akhir 0,820	SPK sebagai alat pemahaman mitigasi UHI
4.	Andri & Sitanggang (2023)	Sistem Penunjang Keputusan (SPK) Pemilihan <i>Supplier</i> Terbaik Dengan Metode Moora	SPK (MOORA)	Sistem berbasis UML untuk menentukan <i>supplier</i> terbaik dengan SPK	Implementasi MOORA sebagai elemen <i>gameplay game</i> edukasi
5.	Irul (2022)	SPK Pemilihan Bahan Pembuatan Baju Menggunakan Metode Moora (<i>Multi Objective Optimization On The Basis Of Ratio Analysis</i>)	SPK (MOORA)	Katun Rami dengan s 0.271 skor	Implementasi MOORA sebagai elemen <i>gameplay game</i> edukasi
6.	El Faritsi et al. (2022)	Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Tenaga Pengajar Menggunakan Metode MOORA	SPK (MOORA)	Aplikasi <i>Smart Assessment System</i>	MOORA dalam media edukasi berbasis <i>game</i>

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan
7.	Prasetyo & Amin, (2022)	Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan <i>Hero Tank Mobile Legends</i> Terbaik dengan Metode Moora	SPK (MOORA)	<i>Hero Khufra</i> adalah tank terbaik dengan skor -2.4623	Implementasi MOORA sebagai elemen <i>gameplay game</i> edukasi

2.2 Urbanisasi

Urbanisasi adalah perpindahan masyarakat dari daerah pedesaan ke daerah kota (Fauzi & Abdullah, 2024). Harapan untuk meningkatkan taraf ekonomi merupakan faktor utama peningkatan urbanisasi. Dalam riset (Januari et al., 2024) mengutip (Mohan et al., 2010), United Nations Populations Fund pada tahun 2008 mengemukakan lebih dari 81% populasi dunia adalah penduduk kota. Diperkirakan persentase tersebut akan terus meningkat hingga 83% hingga tahun 2030.

Faktor utama pendorong tren urbanisasi adalah timpangnya pemerataan fasilitas milik perkotaan dan daerah pedesaan. Salah satu aspek pemerataan tersebut adalah lapangan pekerjaan, di mana kegiatan ekonomi berpusat di daerah perkotaan. Urbanisasi yang terus meningkat akan menyebabkan penumpukan populasi pada daerah sempit milik perkotaan. Hal tersebut akan berdampak pada sektor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Munculnya pengangguran, tergerusnya lahan hijau, dan meningkatnya kriminalitas adalah dampak buruk yang mungkin terjadi karena laju pertumbuhan urbanisasi.

2.3 *Urban Heat Island (UHI)*

UHI adalah sebuah fenomena di mana suhu daerah perkotaan lebih panas jika dibandingkan dengan suhu daerah non-perkotaan di sekitarnya (Zulkifar et al., 2022). Penyebab utama UHI adalah tergerusnya daerah vegetasi disebabkan pembangunan infrastruktur berkelanjutan karena dampak urbanisasi. Pembangunan infrastruktur menggunakan material “albedo rendah” seperti beton dan aspal menyebabkan perubahan permukaan yang lebih menyerap dan memantulkan panas matahari sehingga mengakibatkan peningkatan suhu secara signifikan.

Munculnya UHI akan menimbulkan permasalahan dalam banyak sektor terutama sektor kesehatan dan lingkungan. Peningkatan gelombang panas yang terjadi akan memunculkan serangan panas, dehidrasi, stroke dan permasalahan kesehatan lainnya. Dari sisi lingkungan, UHI akan meningkatkan konsumsi energi untuk pendingin dan mengurangi kualitas udara (Aghamohammadi & Santamouris, 2024). Dampak UHI tersebut dapat dikurangi dengan strategi mitigasi seperti berikut:

1. Menerapkan *Green Infrastructure* yakni meningkatkan vegetasi di daerah kota seperti penambahan pohon, rumput, *green roof*, *green wall*, dan lainnya (Balany et al., 2020).
2. Memperhatikan *Aspect Ratio* (AR) dalam pembangunan bangunan, yakni mengurangi bangunan dengan tinggi rendah dan lebar bangunan yang luas (*low aspect ratio*).

3. Memperhatikan urban material dalam pembangunan infrastruktur dengan meminimalisir penggunaan material albedo tinggi seperti penggunaan aspal pada jalan dan beton pada bangunan.
4. Mengatur *Water Body* seperti sungai, danau, dan kolam yang berperan dalam pendinginan suhu permukaan dengan meningkatkan penguapan (Jandaghian & Colombo, 2024).

2.4 *Game*

Pada dasarnya *game* dapat didefinisikan sebagai media hiburan yang dimainkan dalam waktu luang dengan tujuan untuk mendapatkan kesenangan (Kaban et al., 2022). Dalam dunia pendidikan, *game* dapat dimanfaatkan sebagai media belajar yang mengasah logika dan daya pikir di mana dapat memperkenalkan pelajaran agar lebih menarik, mudah diterima, dan mudah dimengerti (Darmanto & Sudarmilah, 2016). Sebuah *game* memiliki gaya, konten, dan *gameplay* yang dijadikan dasar pengelompokan genre *game*. Mengetahui definisi genre *game* dapat membantu dalam mengintegrasikan sebuah *game* untuk tujuan pengajaran. *Game* dapat dibedakan kedalam beberapa genre, meliputi:

1. *Simulation*, genre *game* yang berfokus mereplikasi dunia nyata. Genre ini akan bermanfaat dalam pengetahuan untuk melakukan sesuatu secara simulasi dalam kehidupan nyata. *Game* genre simulasi dibuat dengan realisasi semirip mungkin dengan kenyataan agar dapat memberikan pengalaman semirip mungkin dengan kenyataan. Contoh *game*-nya adalah *The Sims* dan *Microsoft Flight Simulator* (Novayani, 2019).

2. *Puzzle*, genre *game* yang konten utamanya adalah penyelesaian teka-teki. Fokus permainan adalah pemecahan *task* teka-teki oleh pemain. Contoh *game*-nya adalah *Sudoku* dan *Chess Online* (Novayani, 2019).

2.5 Sistem Pendukung Keputusan (SPK)

SPK atau bisa disebut dengan *Decision Support System* (DSS) adalah alat ilmiah yang dibuat untuk membantu pengambilan sebuah keputusan tertentu (Hou et al., 2023). Dalam riset (Manurung, 2018) yang mengutip Mandal & Sarkar (2012), SPK pertama kali dikenalkan oleh Michael S. Scott dengan istilah Management Decision System pada tahun 1970 yang didefinisikan sebagai sistem berbasis komputer yang membantu menyelesaikan permasalahan tidak terstruktur dengan memanfaatkan data dan model-model. SPK memberikan para pengambil keputusan sebuah lingkungan kerja yang menggabungkan pengetahuan, kreativitas, pengolahan informasi, inisiatif, dan penggabungan metode kualitatif dan kuantitatif dalam komunikasi antara manusia dan komputer. Adanya SPK akan membantu dalam proses analisa masalah, eksplorasi metode pengambilan keputusan, pengevaluasian, memprediksi dan optimasi dalam pengambilan sebuah keputusan.

2.6 *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA)

Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) adalah salah satu metode SPK yang pertama kali diperkenalkan pada 2006 oleh Brauers dan Zavadkas (Manurung, 2018). Metode MOORA pertama kali digunakan pada tahun 2003 oleh Brauers dalam pengambilan keputusan dengan multi-kriteria. Pendekatan MOORA didefinisikan sebagai proses mengoptimalkan dua atau lebih

atribut yang saling bertentangan secara bersamaan dengan batasan tertentu (Attri & Grover, 2014). Pengoptimalan secara simultan pada kriteria alternatif dengan memaksimalkan kriteria (*Benefit*) dan meminimalkan jenis kriteria (*Cost*).

Menurut (Prasetyo & Amin, 2022), 5 langkah utama MOORA, yakni:

1. Langkah pertama adalah menginput nilai kriteria yang disesuaikan dengan tujuan pengambilan keputusan.
2. Langkah kedua adalah pembuatan matrik keputusan. Matrik keputusan dibuat dengan menampilkan atribut bobot dari setiap alternatif yang ada.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{2n} \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Keterangan:

X = matriks keputusan

m = alternatif (baris)

n = kriteris (kolom)

3. Langkah ketiga adalah membuat matriks normalisasi dengan rasio X_{ij} akan menunjukkan ukuran ke I dari setiap alternatif yang ada pada kriteria ke j, m akan menampilkan semua jumlah alternatif dan di mana n merupakan jumlah kriteria.

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

X_{ij} = Nilai dari alternatif i pada kriteria j

i = 1, 2, 3, ..., m sebagai banyaknya alternatif. X^*

ij = Bilangan tidak berdimensi yang termasuk dalam interval [0,1]

4. Langkah keempat adalah menghitung nilai optimasi. Perhitungan optimasi dilakukan dengan mengalikan matriks normalisasi dengan matrik bobot kriteria W_j .

$$V_{ij} = X_{ij} * W_j \quad (2.3)$$

Keterangan:

V_{ij} = nilai normalisasi berbobot dari alternatif i pada kriteria j

X_{ij} = matriks normalisasi

W_j = matriks bobot kriteria

5. Langkah Kelima adalah perangkingan. Hasil nilai pemaksimalan optimasi kriteria benefit dikurangi dengan peminimalan optimasi kriteria cost. Hasil tersebut kemudian diurutkan dari yang terbesar sebagai pilihan alternatif terbaik.

$$Y_i = \sum_{j=1}^g X_{ij} - \sum_{j=g+1}^n X_{ij} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Y_i = nilai MOORA alternatif ke i

g = jumlah kriteria benefit

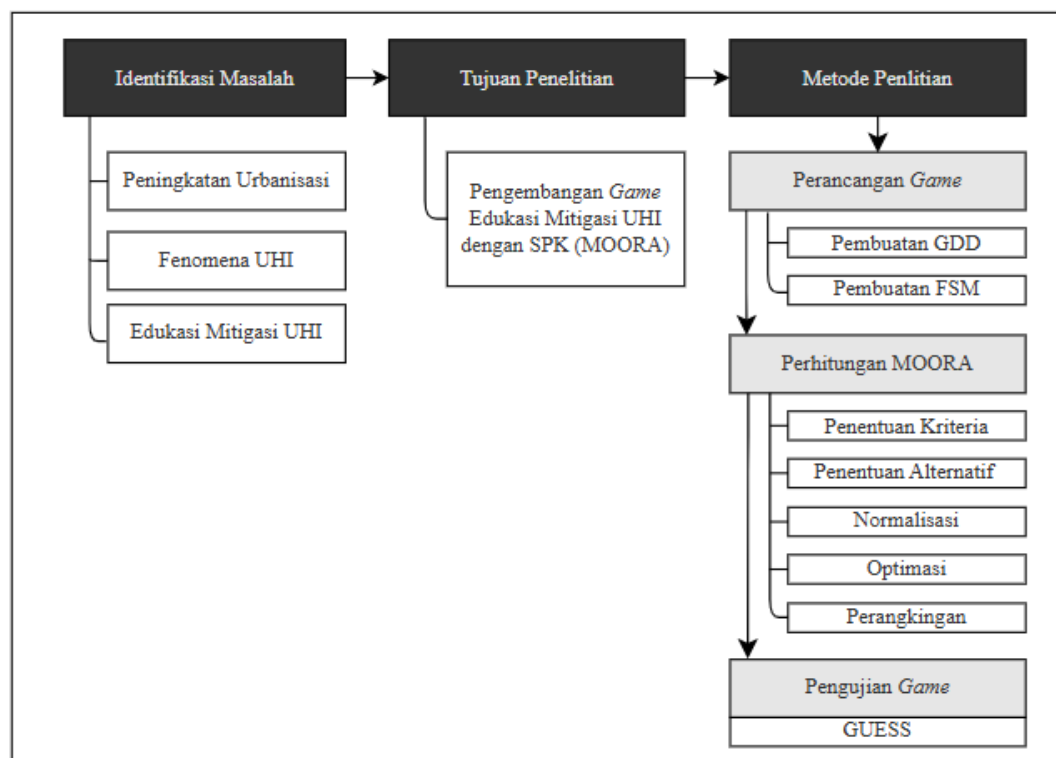
n = jumlah total kriteria

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara berurutan dan sistematis agar peneliti dapat lebih mudah dalam menentukan langkah selanjutnya sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Alur penelitian mengikuti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

3.2 Rancangan Game

Perancangan *game* dilakukan dengan melalui beberapa tahapan meliputi pembuatan *Game Design Document* (GDD) dan *Finite State Machine* (FSM). GDD berisi detail konten yang akan dimuat meliputi *Game Overview*, *Core Gameplay*, *Technical Design Concept*, *Art Design Concept*, dan *Game Direction References*.

Sedangkan FSM mencakup detail dari proses kontrol *game* yang dilakukan *player* untuk melewati setiap level dalam *game* (Kharisma Raya Kesuma, 2021).

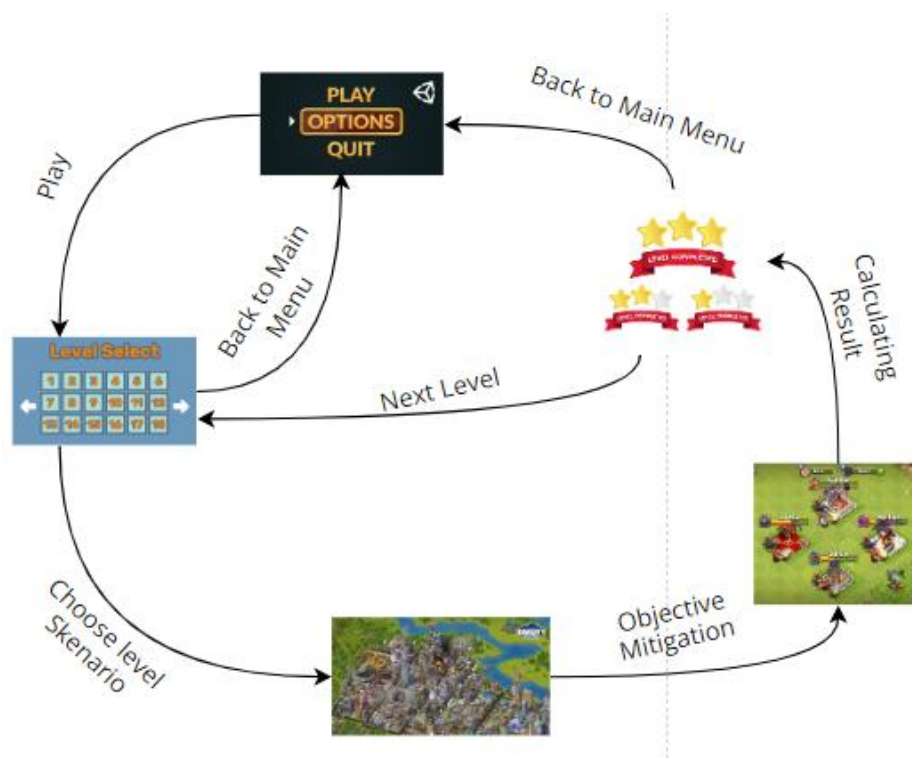
3.2.1 Game Design Document (GDD)

Pembuatan GDD dimulai dengan penentuan *Game Overview* yang berisi gambaran besar *game*. Kemudian dilanjutkan dengan *Core Gameplay* yang berisi *gameplay* utama yang bisa dilakukan *player*. Selanjutnya adalah penentuan *Technical Design Concept* yakni teknik kontrol dalam permainan seperti *player* kontrol dan camera control. Dilanjut dengan *Art Design Concept*, yakni referensi model *character* dan model *environment* dalam *game*. Terakhir adalah *Game Direction References*, berisi referensi *gameplay* yang akan diterapkan dari *game* lain. Hasil GDD Tabel 3.1.

Tabel 3.1 GDD

Game Overview	<i>Title</i>	Lestari
	Genre	<i>Education, Simulation, Puzzle</i>
	<i>Target Audience</i>	<i>Ages (15+)</i>
Core Gameplay	<i>Core Gameplay Loop</i>	Gambar 3.2
	<i>Character and Objective</i>	StakeHolder (<i>Player</i> harus berusaha menurunkan <i>score</i> game dengan melakukan beberapa upaya mitigasi urbanisasi dalam konsep tata kelola bangunan.)
Technical Design Concept	<i>How Move the Camera</i>	- Keyboard W = Kamera Bergerak ke Depan - Keyboard A = Kamera Bergerak ke Kiri - Keyboard D = Kamera Bergerak ke Kanan - Keyboard S = Kamera Bergerak ke Belakang - Mouse Scroll Up = Zoom In - Mouse Scroll Down = Zoom Out - Mouse Button 3 Drag = Rotasi Kamera
	<i>How to Move Character</i>	- Mouse Button 1 = Menggerakkan Karakter Ke Tujuan

	<i>How to Doing Mitigation</i>	- Mouse Button 0 = Detail Informasi Target Klik
Art Design Concept	<i>Realism Art Style</i>	Konsep art elemen visual yang dibuat untuk menyerupai atau meniru dunia nyata.
Game Direction	<i>UI Menu</i>	<i>Cities: Skylines</i>
	<i>Level Select Menu</i>	
	<i>Maintenance and Management</i>	
	<i>Help Menu</i>	
	<i>Player and Object Controll</i>	

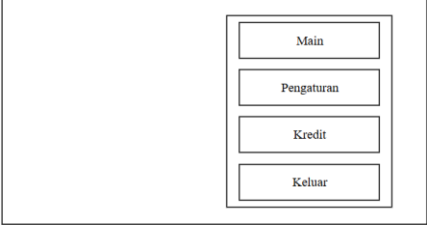
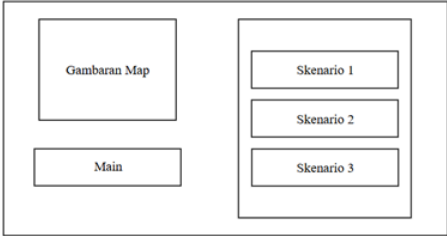


Gambar 3.2 Core Gameplay Loop

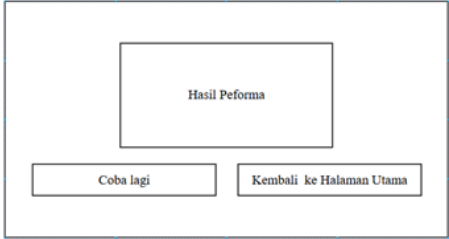
Gambar 3.2 menjelaskan *gameplay game* Lestari di mana dimulai dengan menampilkan menu utama. Pemain kemudian dapat memilih *level* skenario dari 3 *level* skenario yang tersedia. Setelahnya pemain bisa mulai melakukan *objective* dengan melakukan aksi mitigasi seperti membangun ruang hijau. Hasil performa pemain kemudian akan ditampilkan dalam bentuk *star*. Kemudian pemain dapat

memilih untuk melanjutkan ke skenario yang belum dikerjakan atau kembali ke menu utama. Detail permainan dibuat mengikuti *storyboard* Tabel 3.2.

Tabel 3.2 StoryBoard

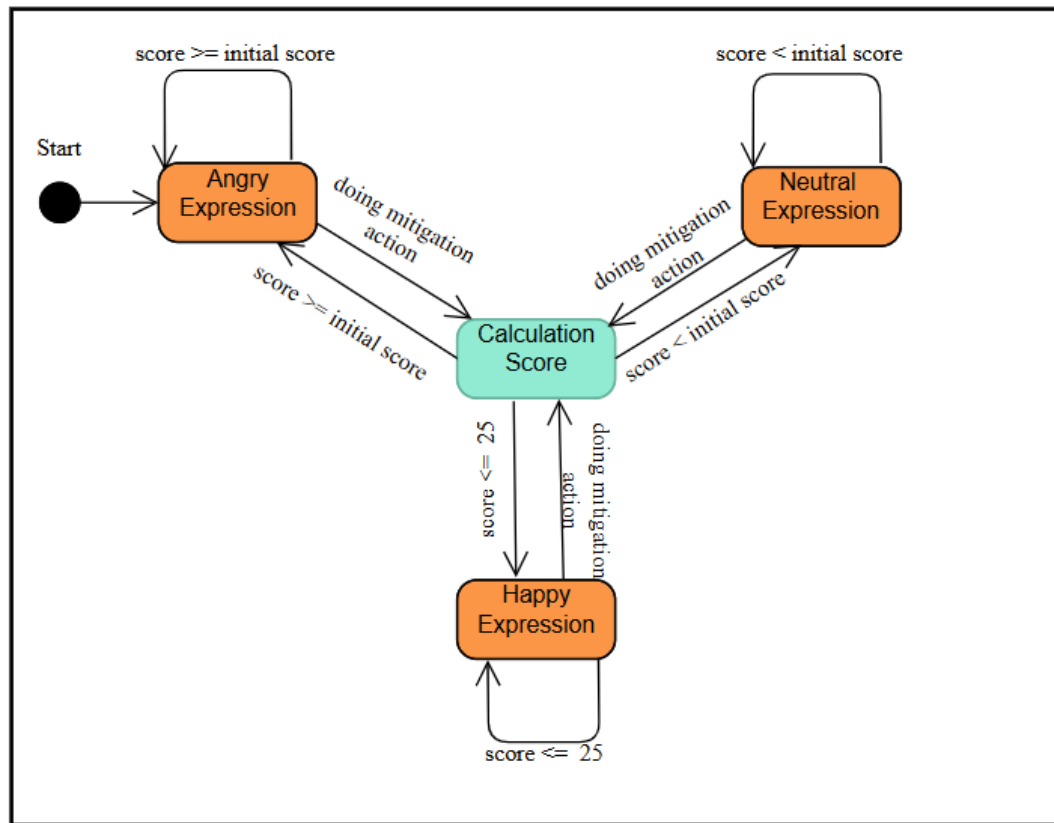
	Board	Keterangan
Menu Utama		- Main: Tombol untuk masuk permainan - Pengaturan: Tombol pengaturan - Kredit: Tombol kredit pengembang - Keluar: Tombol Keluar permainan
Menu Pilih Skenario		- Skenario 1: Tombol untuk memilih skenario 1. - Skenario 2: Tombol untuk memilih skenario 2. - Skenario 3: Tombol untuk memilih skenario level 3. - Gambaran Map: UI untuk menampilkan gambaran skenario - Main: Tombol untuk mulai permainan
Intro		- Penjelasan misi penurunan <i>score</i> dengan penataan ruang perkotaan dengan tujuan menyenangkan masyarakat kota
Skenario 1		- Skenario 1: kota yang begitu rapat dengan infrastruktur - UL (Uang Lestari): modal awal pemain untuk membangun infrastruktur (150,000) - Skor: skor awal (representasi suhu) 37 dan harus diturunkan hingga 21 - Waktu: waktu pengerjaan akan terus berjalan sebelum <i>score</i> $\leq$ 21

	Board	Keterangan
Skenario 2		- Skenario 2: kota dengan infrastruktur cukup padat - UL (Uang Lestari): modal awal pemain untuk membangun infrastruktur (125,000) - Skor: skor awal (representasi suhu) 30 dan harus diturunkan hingga 21 - Waktu: waktu pengerjaan akan terus berjalan sebelum $score \leq 21$
Skenario 3		- Skenario 3: kota dengan ruang hijau yang lumayan - UL (Uang Lestari): modal awal pemain untuk membangun infrastruktur (100,000) - Skor: modal awal (representasi suhu) 25 dan harus diturunkan hingga 21 - Waktu: waktu pengerjaan akan terus berjalan sebelum skor ≤ 21
Menu Bantuan		- Menu Bantuan: menu untuk membantu pemain memilih aksi penurunan skor terbaik - Aksi pilihan terbaik akan diurutkan sesuai dengan prioritas keinginan pemain

	Board	Keterangan
<i>Menu Result</i>		- Hasil Performa: rangkuman performa pemain dalam penyelesaian misi berdasarkan waktu pengerjaan dalam bentuk <i>star</i> $\leq 300s$ (bintang 3) 1301-599s (bintang 2) $\geq 600s$ (bintang 1) - Coba Lagi: mengulang permainan - Kembali ke Main Menu: kembali ke menu utama

3.2.2 *Gameplay*

Gameplay game Lestari dirancang pada Gambar 3.3. *Gameplay* dirancang untuk memberikan gambaran alur skenario yang disajikan kepada pemain. Awal permainan dimulai dengan menampilkan *game* menu yang berisi *play*, *option*, dan *quit*. Ketika *player* memilih *play* maka *player* akan disajikan pilihan map skenario yang bisa dimainkan. Ketika *player* sudah memilih maps maka *game* akan dimulai dengan menampilkan detail skenario permasalahan UHI yang telah didesain dalam *game*. Setelah memasuki skenario pemain bisa langsung melakukan aktivitas penyelesaian misi. Jika pemain merasa kesulitan pemain bisa meminta bantuan sistem dengan menekan tombol bantuan. Ketika pemain menekan tombol tersebut pemain akan diminta memasukkan nilai pembobotan kriteria yang digunakan untuk menentukan aktivitas yang paling sesuai dengan preferensi pemain dalam menyelesaikan misi. Selesai memasukkan nilai, SPK akan berjalan dan menampilkan alternatif aksi mitigasi terbaik. Jika *player* melakukan aktivitas dan berhasil menurunkan *score game* ke nilai tertentu maka *game* akan selesai. *Result*



Gambar 3.4 FSM NPC Lestari

3.3 Perhitungan SPK MOORA

Implementasi *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) digunakan sebagai metode SPK pada masalah upaya mitigasi UHI. Implementasi tersebut digunakan sebagai upaya edukasi kepada masyarakat dengan *game* sebagai media pembelajaran. Sehingga langkah perhitungan SPK MOORA dibuat sebagai berikut:

3.3.1 Penentuan Kriteria

Tujuan SPK dengan metode MOORA adalah edukasi mitigasi UHI dengan media *game*. Dengan tujuan utama tersebut kriteria yang dipilih disesuaikan dengan platform *game* di mana dibuat menjadi empat kriteria. Kriteria terpilih adalah

dampak, harga, durasi, dan lahan. Kriteria dampak dipilih untuk menilai efektivitas mitigasi terhadap pengaruh lingkungan, di mana semakin kecil dampak negatif yang diberikan semakin baik (Pauleit et al., 2005). Kriteria kedua adalah harga yang merepresentasikan harga pelaksanaan alternatif mitigasi di mana alternatif dengan biaya lebih rendah lebih optimal mengurangi beban ekonomi tanpa mengorbankan efektivitas (Tol, 2005). Kemudian ada kriteria durasi mensimulasikan lama penerapan mitigasi, di mana waktu lebih singkat lebih efektif dalam mengurangi dampak perubahan iklim dibanding proyek jangka panjang dengan tantangan implementasi (Meerow & Newell, 2017). Terakhir, kriteria lahan untuk menilai efisiensi penggunaan lahan, di mana semakin kecil lahan yang digunakan semakin baik karena meningkatkan efektivitas pemanfaatannya (Neuman, 2005). Data kriteria yang sudah ditetapkan selanjutnya dikategorikan kedalam sub-kriteria. Sub-kriteria adalah range nilai untuk masing-masing kategori kriteria Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Kriteria

No	Kode	Nama Kriteria	Sub-Kriteria	Tipe Kriteria
1	C1	Dampak	Rendah (<40)	Benefit
			Sedang (40-70)	
			Tinggi (>70)	
2	C2	Harga	>UL 70.000	Cost
			UL 30.000 - 70.000	
			<UL 30.000	
3	C3	Durasi	> 18- <i>month</i>	Cost
			10 - 18 <i>month</i>	
			< 10 <i>month</i>	
4	C4	Lahan	> 7 blok	Cost
			4-7 blok	
			1-3 blok	

Kriteria yang digunakan tidak diberikan bobot permanen dengan harapan *gameplay* yang dimainkan dapat bervariasi. Konsep pembobotan yang dinamis ini diharapkan mampu memberikan edukasi lebih banyak terhadap *player* untuk setiap aksi mitigasi yang dilakukan (Wartberga et al., 2020). Pembobotan akan dilakukan oleh *player* dengan mengatur nilai sehingga nilai kriteria tidak memiliki nilai *default* Tabel 3.4. Sistem pembobotan kriteria akan dibuat dengan cara normalisasi dinamis di mana nilai bobot setiap kriteria dihitung berdasarkan proporsi terhadap total nilai yang diberikan oleh pemain. Total bobot akan dipastikan tetap 100 sehingga alternatif yang muncul tetap sesuai preferensi.

Tabel 3.4 Konfigurasi Bobot Kriteria

Kode	Nama Kriteria	Range Bobot	Penyesuaian oleh Player	Hasil
C1	Dampak	1-100	Semakin tinggi bobotnya, semakin besar prioritas terhadap dampak lingkungan.	Memilih alternatif dengan dampak lebih tinggi.
C2	Harga	1-100	Jika bobot tinggi, pemain lebih memilih solusi yang lebih murah.	Alternatif dengan biaya lebih rendah diprioritaskan.
C3	Durasi	1-100	Jika bobot tinggi, solusi dengan waktu pembangunan lebih cepat lebih diprioritaskan.	Alternatif dengan durasi lebih pendek lebih dipilih.
C4	Lahan	1-100	Jika bobot tinggi, solusi dengan penggunaan lahan lebih sedikit lebih diprioritaskan.	Alternatif dengan lahan lebih kecil lebih dipilih.

3.3.2 Data Alternatif

Alternatif mitigasi UHI dalam *game* dibuat dengan mereferensi beberapa upaya mitigasi yang telah diterapkan di lingkungan nyata seperti *Green Infrastructure*, penggunaan urban material, penerapan *Aspect Ratio*, dan *Water Body* (Balany et al., 2020). Data alternatif yang akan disertakan dalam *game* Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data Alternatif Mitigasi

Kode	Nama Kriteria	C1	C2 (UL)	C3 (Bulan)	C4
A1	Hutan Kota	80	100.000	24	10
A2	Urban Garden	60	40.000	12	5
A3	Penanaman Pohon	75	25.000	8	2
A4	Danau Buatan	85	120.000	30	8
A5	Pelebaran Sungai	70	90.000	20	6
A6	Peninggian Bangunan	40	70.000	18	4
A7	Pengecatan Bangunan Warna Cerah	30	10.000	3	1
A8	Penanaman Rumput	50	15.000	6	2

3.3.3 Normalisasi

Alternatif yang telah dibuat kemudian dilakukan normalisasi mengikuti persamaan no 2.2 dengan nilai yang diambil dari Tabel 3.5.

a. Normalisasi Kriteria Dampak (C1)

Normalisasi kriteria dampak dilakukan dengan menghitung hasil dari akar kuadrat dari jumlah kuadrat seluruh nilai dalam kolom (C1). Hasil yang didapat kemudian digunakan untuk membagi nilai-nilai kriteria dampak di semua alternatif.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai normalisasi dari (A1,C1):

$$x_{A1,C1} = \frac{X_{A1,C1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^8 C_i^2}}$$

Normalisasi untuk alternatif A1 pada kriteria C1 dihitung dengan membagi nilai aktual A1,C1 dengan akar kuadrat dari jumlah kuadrat seluruh nilai dalam kolom C1. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$x_{A1,C1} = \frac{X_{A1,C1}}{\sqrt{(A1, C1)^2 + (A2, C2)^2 + (A3, C3)^2 + (A4, C4)^2 + (A5, C5)^2 + (A6, C6)^2 + (A7, C7)^2 + (A8, C8)^2}}$$

Persamaan yang telah didapat kemudian dimasukkan nilai aktual dari Tabel 3.5.

$$X_{11} = \frac{80}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,44$$

Langkah tersebut dilakukan terhadap semua nilai kriteria dampak pada setiap alternatif.

$$X_{21} = \frac{60}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,33$$

$$X_{31} = \frac{75}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,41$$

$$X_{41} = \frac{85}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,47$$

$$X_{51} = \frac{70}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,39$$

$$X_{61} = \frac{40}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,22$$

$$X_{71} = \frac{30}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,17$$

$$X_{81} = \frac{50}{\sqrt{80^2 + 60^2 + 75^2 + 85^2 + 70^2 + 40^2 + 30^2 + 50^2}} = 0,28$$

b. Normalisasi Kriteria Harga (C2)

Metode normalisasi yang sama diterapkan pada kolom kriteria harga (C2) dengan memperhatikan bahwa kriteria harga adalah tipe cost yang akan berdampak negatif pada evaluasi akhir.

$$X_{12} = \frac{100.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,50$$

$$X_{22} = \frac{45.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,20$$

$$X_{32} = \frac{35.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,13$$

$$X_{42} = \frac{120.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,60$$

$$X_{52} = \frac{90.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,45$$

$$X_{62} = \frac{70.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,35$$

$$X_{72} = \frac{10.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,05$$

$$X_{82} = \frac{15.000^2}{\sqrt{100.000^2 + 40.000^2 + 25.000^2 + 120.000^2 + 90.000^2 + 70.000^2 + 10.000^2 + 15.000^2}} = 0,08$$

c. Normalisasi Kriteria Durasi (C3)

Normalisasi pada kriteria durasi dilakukan dengan cara yang sama dengan kriteria harga yang diterapkan pada kolom (C3).

$$X_{13} = \frac{24}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,48$$

$$X_{23} = \frac{12}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,24$$

$$X_{33} = \frac{8}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,16$$

$$X_{43} = \frac{30}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,61$$

$$X_{53} = \frac{20}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,40$$

$$X_{63} = \frac{18}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,36$$

$$X_{73} = \frac{3}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,06$$

$$X_{83} = \frac{6}{\sqrt{24^2 + 12^2 + 8^2 + 30^2 + 20^2 + 18^2 + 3^2 + 6^2}} = 0,12$$

d. Normalisasi Kriteria Lahan (C4)

Pada kriteria lahan dilakukan metode yang sama dengan kriteria harga dan durasi yang diterapkan pada kolom (C4).

$$X_{14} = \frac{10}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,63$$

$$X_{24} = \frac{5}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,32$$

$$X_{34} = \frac{2}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,13$$

$$X_{44} = \frac{8}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,51$$

$$X_{54} = \frac{6}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,38$$

$$X_{64} = \frac{4}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,25$$

$$X_{74} = \frac{1}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,06$$

$$X_{84} = \frac{2}{\sqrt{10^2 + 5^2 + 2^2 + 8^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2 + 2^2}} = 0,13$$

Dari hasil perhitungan normalisasi yang telah dilakukan didapatkan matrik normalisasi Tabel 3.6. Matriks normalisasi yang didapat merupakan simplifikasi perhitungan yang dilakukan. Matriks ini menampilkan nilai normalisasi setiap kriteria dari masing-masing alternatif.

Tabel 3.6 Tabel Matriks Normalisasi

Kode	C1	C2	C3	C4
A1	0,44	0,50	0,48	0,63
A2	0,33	0,20	0,24	0,32
A3	0,41	0,13	0,16	0,13
A4	0,47	0,60	0,61	0,51

Kode	C1	C2	C3	C4
A5	0,39	0,45	0,40	0,38
A6	0,22	0,35	0,36	0,25
A7	0,17	0,05	0,06	0,06
A8	0,28	0,08	0,12	0,13

3.3.4 Optimasi

Perhitungan optimasi dilakukan dengan mengikuti rumus 2.3. Proses perhitungan akan mensimulasikan skenario pemain yang ingin memfokuskan aksi mitigasi pada dampak yang diberikan Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Skenario Masukan Nilai Kriteria oleh Pemain

Sistem kemudian akan mulai melakukan normalisasi nilai bobot yang dimasukkan oleh pemain Tabel 3.7 (Ezell et al., 2021). Nilai akhir bobot akan digunakan pembobotan nilai matriks normalisasi.

Tabel 3.7 Bobot Kriteria

Kode	Nama Kriteria	Nilai Slider	Perhitungan Bobot	Nilai Bobot
C1	Dampak	80	$\frac{80}{200}$	0,4

Kode	Nama Kriteria	Nilai Slider	Perhitungan Bobot	Nilai Bobot
C2	Harga	40	$\frac{40}{200}$	0,2
C3	Durasi	40	$\frac{40}{200}$	0,2
C4	Lahan	40	$\frac{40}{200}$	0,2

e. Pembobotan Kriteria Dampak (C1)

Pembobotan kriteria dampak, dilakukan dengan mengalikan nilai normalisasi kolom C1 pada Tabel 3.6 dengan bobot kriteria dampak pada Tabel 3.7. Proses ini diterapkan untuk semua kriteria pada setiap alternatif. Berikut adalah pembobotan untuk alternatif A1 pada kriteria C1:

$$V_{A1,C1} = \hat{X}_{A1,C1} * W_{C1}$$

Persamaan tersebut dimasukkan dengan nilai aktual menjadi.

$$X_{11} = 0,44 * 0,4 = 0,18$$

Proses ini diterapkan pada seluruh nilai dalam matriks normalisasi, di mana setiap elemen dikalikan dengan bobot kriteria yang sesuai untuk memperoleh nilai V_{ij} sebagai hasil pembobotan.

$$X_{21} = 0,33 * 0,4 = 0,13$$

$$X_{31} = 0,41 * 0,4 = 0,17$$

$$X_{41} = 0,47 * 0,4 = 0,19$$

$$X_{51} = 0,39 * 0,4 = 0,15$$

$$X_{61} = 0,22 * 0,4 = 0,09$$

$$X_{71} = 0,17 * 0,4 = 0,07$$

$$X_{81} = 0,28 * 0,4 = 0,11$$

f. Pembobotan Kriteria Harga (C2)

$$X_{12} = 0,50 * 0,2 = 0,10$$

$$X_{22} = 0,20 * 0,2 = 0,04$$

$$X_{32} = 0,13 * 0,2 = 0,03$$

$$X_{42} = 0,60 * 0,2 = 0,12$$

$$X_{52} = 0,45 * 0,2 = 0,09$$

$$X_{62} = 0,35 * 0,2 = 0,07$$

$$X_{72} = 0,05 * 0,2 = 0,01$$

$$X_{82} = 0,08 * 0,2 = 0,02$$

g. Pembobotan Kriteria Durasi (C3)

$$X_{13} = 0,48 * 0,2 = 0,10$$

$$X_{23} = 0,24 * 0,2 = 0,05$$

$$X_{33} = 0,16 * 0,2 = 0,03$$

$$X_{43} = 0,61 * 0,2 = 0,12$$

$$X_{53} = 0,40 * 0,2 = 0,08$$

$$X_{63} = 0,36 * 0,2 = 0,07$$

$$X_{73} = 0,06 * 0,2 = 0,01$$

$$X_{83} = 0,12 * 0,2 = 0,02$$

h. Pembobotan Kriteria Lahan (C4)

$$X_{14} = 0,63 * 0,2 = 0,13$$

$$X_{24} = 0,37 * 0,2 = 0,06$$

$$X_{34} = 0,13 * 0,2 = 0,03$$

$$X_{44} = 0,51 * 0,2 = 0,10$$

$$X_{54} = 0,38 * 0,2 = 0,08$$

$$X_{64} = 0,25 * 0,2 = 0,05$$

$$X_{74} = 0,06 * 0,2 = 0,01$$

$$X_{84} = 0,13 * 0,2 = 0,03$$

Hasil proses pembobotan yang telah dilakukan dapat disimplifikasi pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Matriks Pembobotan Nilai Normalisasi

Kode	C1	C2	C3	C4
A1	0,18	0,10	0,10	0,13
A2	0,13	0,04	0,05	0,06
A3	0,17	0,03	0,03	0,03
A4	0,19	0,12	0,12	0,10
A5	0,15	0,09	0,08	0,08
A6	0,09	0,07	0,07	0,05
A7	0,07	0,01	0,01	0,01
A8	0,11	0,02	0,02	0,03

Setelah melakukan pembobotan nilai normalisasi, langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi. Proses optimasi dilakukan dengan menjumlahkan nilai-nilai positif (keuntungan) dan mengurangi nilai-nilai negatif (kerugian). Hasil optimasi akan menunjukkan nilai dari setiap alternatif di mana alternatif dengan nilai tertinggi dianggap sebagai pilihan terbaik. Berikut adalah hasil optimasi yang telah dilakukan.

Tabel 3.9 Nilai Optimasi Setiap Alternatif

Kode	Kriteria		
	Max (Kriteria Benefit) (C1)	Min (Kriteria Cost) (C2+C3+C4)	Y (Max - Min)
A1	0,18	0,32	-0,15
A2	0,13	0,15	-0,02
A3	0,17	0,08	0,08
A4	0,19	0,34	-0,15
A5	0,15	0,25	-0,09
A6	0,09	0,19	-0,10
A7	0,07	0,03	0,03
A8	0,11	0,06	0,05

3.3.5 Perangkingan

Perangkingan dilakukan dengan melihat nilai optimasi yang telah didapatkan Tabel 3.9. Semakin besar nilai optimasi maka semakin baik alternatif tersebut. Hasil perangkingan yang didapat merupakan bentuk urutan aksi mitigasi terbaik yang dapat dilakukan pemain dalam sebuah *game* jika bobot kriteria yang dimasukkan sama seperti Tabel 3.7. Hasil perangkingan dapat berubah mengikuti bobot kriteria yang dimasukkan oleh pemain. Berikut adalah hasil perangkingan alternatif yang telah dilakukan mengikuti simulasi bobot pada Tabel 3.7.

Tabel 3.10 Perangkingan Alternatif Mitigasi

Kode	Nama Kriteria	Ranking
A1	Hutan Kota	7
A2	Urban Garden	4
A3	Penanaman Pohon	1
A4	Danau Buatan	8
A5	Pelebaran Sungai	5
A6	Peninggian Bangunan	6
A7	Pengecatan Bangunan Warna Cerah	3

Kode	Nama Kriteria	Ranking
A8	Penanaman Rumput	2

Mengikuti permisalan nilai bobot kriteria Tabel 3.7. Hasil perbandingan SPK dengan metode MOORA menunjukkan bahwa alternatif A3 yakni penanaman pohon menjadi alternatif terbaik dari 8 alternatif yang tersedia. Sedangkan danau buatan A4 dan hutan kota A1 menjadi opsi alternatif terburuk.. Dengan hasil tersebut pemain disarankan penanaman pohon untuk mitigasi dampak UHI dan mendapatkan *score* tertinggi dalam penyelesaian skenario *game*.

3.4 Rancangan Pengujian

Game Lestari yang telah selesai di kembangkan akan diuji dengan skala evaluasi *Game User Experience Satisfaction Scale* (GUESS). GUESS adalah skala evaluasi kuantitatif yang dipergunakan untuk mengukur tingkat kepuasan pemain dalam bermain *game* (Phan et al., 2016). *Game* akan dimainkan oleh pemain yang belum pernah memainkan *game* Lestari. Setelah bermain, pemain diarahkan untuk mengisi kuesioner. Kuesioner yang dibuat akan mengevaluasi 8 aspek dalam *game* mencakup *Usability/Playability*, *Narratives*, *Play Engrossment*, *Enjoyment*, *Creative Freedom*, *Audio Aesthetics*, *Personal Gratification*, dan *Visual Aesthetics*. Aspek *Social Connectivity* dalam GUESS tidak diikutsertakan karena tipe *game* merupakan *single player* bukan *multiplayer*. Pertanyaan dalam kuesioner akan dibuat mengikuti aturan GUESS-18, dimana skala penilaian Likert bernilai 1-7 (Keebler et al., 2020). Nilai 1 berarti "Sangat Tidak Setuju", diikuti oleh 2 ("Tidak Setuju") dan 3 ("Agak Tidak Setuju"), yang menunjukkan tingkat ketidaksetujuan dengan intensitas yang berbeda. Nilai 4 bersifat "Netral", menunjukkan ketidak

kecenderungan ke arah setuju maupun tidak. Sementara itu, nilai 5 ("Agak Setuju"), 6 ("Setuju"), dan 7 ("Sangat Setuju") menunjukkan tingkat persetujuan yang meningkat. Butir pertanyaan berjumlah 18 mengikuti isi pada paper rujukan Tabel 3.11. Hasil kuesioner kemudian akan analisa dari nilai rata-rata setiap pertanyaan. Semakin tinggi skor maka menunjukkan keunggulan *game*, semakin rendah maka akan menunjukkan kelemahan *game*.

Tabel 3.11 Butir Pertanyaan GUESS

Aspek.	Pertanyaan
<i>Usability/ Playability</i>	Saya pikir mudah untuk mempelajari cara bermain <i>game</i> ini.
	Saya merasa antarmuka <i>game</i> ini mudah dinavigasi.
<i>Narratives</i>	Saya terpesona dengan cerita <i>game</i> ini sejak awal.
	Saya menikmati fantasi atau cerita yang disajikan dalam <i>game</i> ini.
<i>Play Engrossment</i>	Saya merasa terlepas dari dunia luar saat bermain <i>game</i> ini.
	Saya tidak peduli dengan kejadian di dunia nyata saat bermain.
<i>Enjoyment</i>	Saya pikir <i>game</i> ini menyenangkan.
	Saya merasa bosan saat bermain <i>game</i> ini.
<i>Creativity Freedom</i>	Saya merasa <i>game</i> ini memungkinkan saya untuk berimajinasi.
	Saya merasa kreatif saat bermain <i>game</i> ini.
<i>Audio Aesthetics</i>	Saya menikmati efek suara dalam <i>game</i> ini.
	Saya merasa audio dalam <i>game</i> (misal: efek suara, musik) meningkatkan pengalaman bermain saya.
<i>Personal Gratification</i>	Saya ingin bermain sebaik mungkin selama permainan.
	Saya sangat fokus pada performa saya sendiri saat bermain <i>game</i> .
<i>Social Connectivity</i>	Saya merasa <i>game</i> ini mendukung interaksi sosial (misalnya: chat) antar pemain.
	Saya suka bermain <i>game</i> ini bersama pemain lain.
<i>Visual Aesthetics</i>	Saya menikmati grafis <i>game</i> ini.
	Saya merasa <i>game</i> ini menarik secara visual.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Desain Sistem

Bab 4 berisi penjelasan implementasi dari rancangan desain *game* yang dibuat meliputi implementasi *UI game*, implementasi SPK MOORA, dan pengujian *game* menggunakan *GUESS*. Berikut adalah spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan selama proses pengembangan.

Hardware dalam proses pengembangan ditunjukkan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hardware Requirement

No.	Hardware	Specification
1	Laptop	ASUS TuF FX504GE
2	Processor	Intel Core i7 8th Gen
3	RAM	16 GB
4	SSD	512 GB
5	Monitor	15 Inch
6	GPU	GTX 1050 Ti

Software dalam proses pengembangan meliputi sistem operasi, *game engine*, dan *text editor* ditunjukkan tabel 4.2.

Tabel 4.2 Software Requirement

No.	Software	Specification
1	Operating System	Windows 11 Home
2	Game Engine	Unity 2022.3.47f1
3	Text Editor	Microsoft Visual Studio 2022

4.2 Implementasi Tampilan User Interface

User Interface diimplementasikan mengikuti *storyboard* pada tabel 3.2.

Berikut adalah rincian hasil implementasi pada *game*.

4.2.1 Tampilan Main Menu

Tampilan menu utama ditujukan pada pemain ketika saat pemain membuka *game*. Menu utama berisi judul *game* dan 4 tombol navigasi meliputi *Play*, *Settings*, *Credit*, dan *Quit*. Tampilan menu utama Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Main Menu

Tombol *Play* digunakan untuk memulai permainan masuk ke pemilihan skenario, *Settings* untuk mengatur preferensi seperti volume dan bahasa, *Credit* berisi informasi pengembang *game*, dan *Quit* berfungsi untuk menutup permainan.

4.2.2 Tampilan Menu Pemilihan Skenario

Antarmuka pemilihan skenario dibagi menjadi dua bagian yang ditujukan untuk memberikan pemain gambaran lingkungan *game* yang akan dihadapi. Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tampilan Menu Pemilihan Skenario

Bagian *Stage Select* digunakan untuk pemilihan skenario yang bisa dipilih oleh pemain. Skenario yang dipilih akan diberikan deskripsi singkat beserta gambar yang merepresentasikan karakteristik wilayah. Tombol *next page* dan *previous page* dipergunakan untuk navigasi halaman pilihan skenario yang tersedia. Tombol *back* digunakan untuk kembali ke halaman menu utama. Tombol *Play* untuk masuk ke permainan utama dan *Close* untuk menutup deskripsi map yang terbuka.

4.2.3 Tampilan Lingkungan Skenario 1

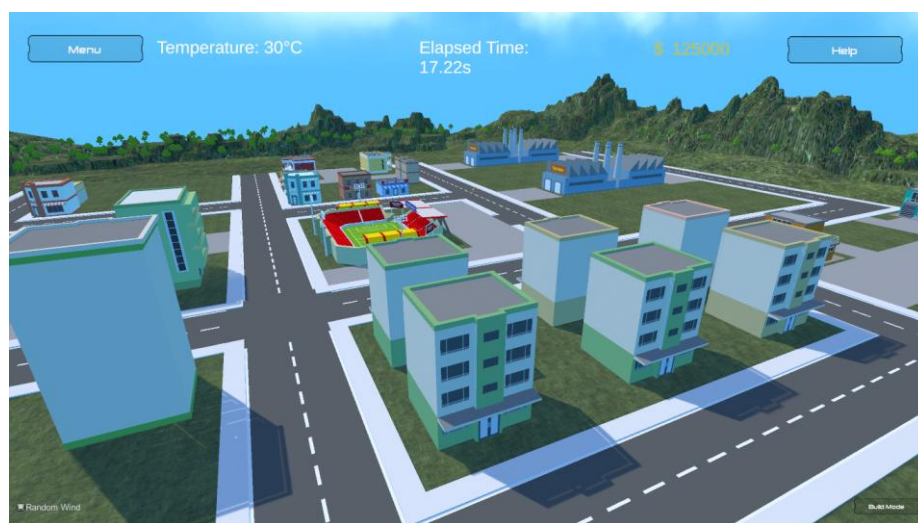
Lingkungan pada skenario 1 dibuat dalam kondisi yang padat dengan infrastruktur. Detail skenario 1 dibuat mengikuti *storyboard* pada Tabel 3.2, dimana nilai awal *objective* yang merepresentasikan nilai suhu adalah 37 dengan modal uang adalah 150.000. Pemain diharuskan menurunkan nilai dari *objective* hingga nilai 21 tanpa menghabiskan modal uang yang diberikan dengan waktu sesingkatnya.



Gambar 4.3 Tampilan Lingkungan Skenario 1

4.2.4 Tampilan Lingkungan Skenario 2

Skenario 2 merepresentasikan lingkungan dengan tingkat kerapatan infrastruktur yang tergolong baik, di mana ketersediaan lahan hijau masih relatif luas dan tersebar secara merata di antara bangunan infrastruktur yang ada. Pemain diharuskan menurunkan nilai *objective* dari 30 hingga nilai 21 tanpa menghabiskan modal 125.000 dengan waktu sesingkatnya.



Gambar 4.4 Tampilan Lingkungan Skenario 2

4.2.5 Tampilan Lingkungan Skenario 3

Lingkungan Skenario 3 dibuat dalam kondisi yang masih banyak lahan hijau. Pemain bisa memanfaatkan lahan tersebut untuk eksplorasi lebih lanjut dengan tujuan utama dalam menurunkan nilai *objective* dari 25 ke 21 dan memanfaatkan nilai modal semaksimal mungkin dan dalam waktu sesingkatnya.



Gambar 4.5 Tampilan Lingkungan Skenario 3

4.2.6 Tampilan *Feedback* NPC

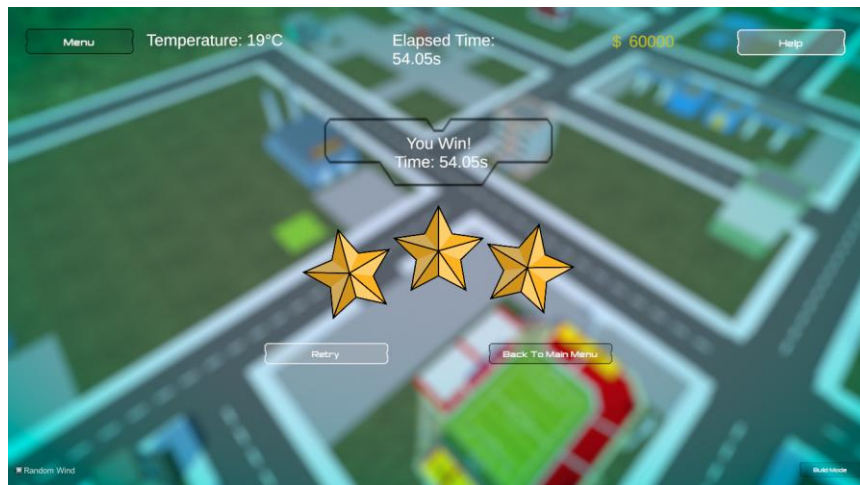
Saat permainan berlangsung pemain dapat mengecek progress yang telah dilakukan dengan melihat feedback dari NPC yang merepresentasikan penduduk kota. Kondisi NPC dibagi menjadi 3 *state* dimana “marah”, “netral”, dan “senang” mengikuti FSM Gambar 3.4. Respon dari NPC akan muncul dalam tampilan layar pemain secara berkala dalam interval 1 sampai 30 detik. Penerapan *interval* ditujukan untuk memberikan kesan NPC yang bervariasi dan tidak monoton dalam berdialog.



Gambar 4.6 Feedback NPC

4.2.7 Tampilan Hasil Performa

Hasil permainan yang dilakukan pemain dalam menyelesaikan skenario di rangkum dalam tampilan hasil performa. Informasi yang disajikan meliputi nilai akhir *objective*, waktu pengerjaan, dan nilai akhir uang yang dimiliki. Penilaian performa didasarkan pada nilai waktu pengerjaan mengikuti skenario Tabel. 3.1. dimana 3 bintang performa menandakan “sangat baik”, 2 bintang “cukup baik”, 1 bintang “kurang baik”. Kondisi menang kalah juga disertakan dengan melihat uang yang dimiliki pemain dimana jika uang pemain habis permainan akan berhenti yang menandakan pemain kalah mengikuti desain *gameplay* Gambar 3.3. *Gameplay* dalam bentuk seperti ini ditujukan untuk menambah nilai kesenangan dalam permainan agar pemain lebih tertantang dalam meraih hasil yang lebih baik. Pemain yang sudah melihat hasil penilaian bisa memilih untuk memulai ulang skenario yang sama menggunakan tombol *Retry* atau kembali ke menu utama dengan tombol *Back to Main Menu*.



Gambar 4.7 Tampilan Hasil Performa Kondisi Menang

Kondisi menang Gambar 4.7 ditunjukkan ketika pemain bisa menurunkan nilai suhu menuju kurang dari 21 dengan menyisakan uang modal yang diberikan dari awal permainan. Ketika pemain mencoba menurunkan suhu namun tidak sengaja menghabiskan modal maka permainan akan berhenti. Sistem kemudian akan menampilkan tampilan *report* kekalahan pemain Gambar 4.8.



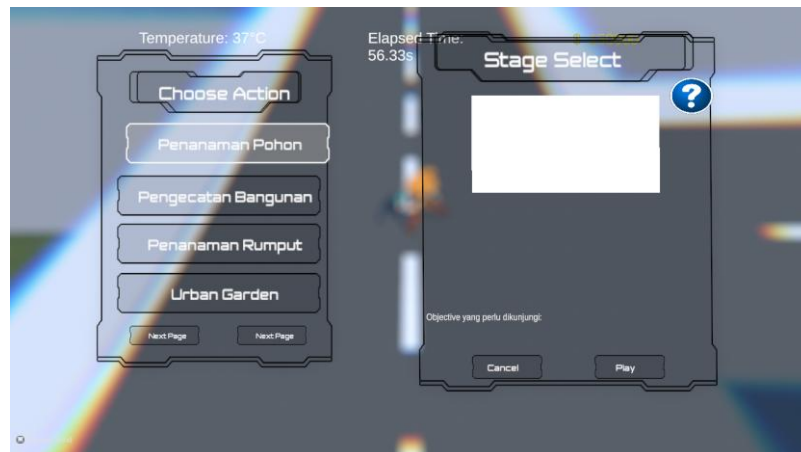
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Performa Kondisi Kalah

4.3 Implementasi SPK MOORA

Implementasi metode SPK MOORA dalam game *Lestari* berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan yang membantu pemain dalam memilih penyelesaian objektif yang optimal. Sistem akan meminta pemain menentukan prioritas terhadap empat aspek utama, yaitu dampak, harga penyelesaian, waktu pengerjaan, dan area yang dibutuhkan. Keempat aspek ini kemudian dijadikan sebagai kriteria dalam perhitungan metode MOORA untuk melakukan perankingan terhadap sejumlah alternatif penyelesaian objektif yang tersedia dalam game. Proses penghitungan dilakukan secara dinamis berdasarkan bobot yang ditentukan pemain, sehingga memungkinkan hasil perankingan berubah sesuai strategi yang diterapkan.

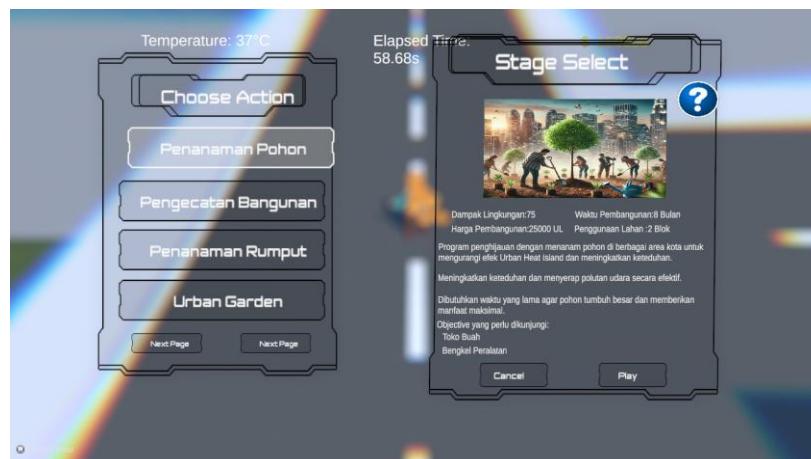


Gambar 4.9 Tampilan Adjustment Priority



Gambar 4.10 Tampilan Hasil Perangkingan SPK

Hasil perangkingan yang didapat pada Gambar 4.9 dapat dipilih oleh pemain. Alternatif yang terpilih kemudian akan digambarkan melalui ilustrasi disertai deskripsi yang memberikan nilai edukasi pada pemain. Sistem juga memperlihatkan misi yang harus diselesaikan untuk objektif yang ingin dipilih Gambar 4.10.



Gambar 4.11 Tampilan Deskriptif Objektif Mitigasi

Tahap pertama dimulai dengan pemanggilan seluruh data alternatif yang tersedia dari sistem *game* melalui kelas *ObjectiveManager*. Data alternatif ini berisi nilai dari setiap objektif berdasarkan empat kriteria meliputi dampak, biaya, waktu,

dan area. Alternatif yang sudah dimuat kemudian dirangking melalui fungsi *CalculateMOORARating*. Fungsi ini menerima input berupa bobot prioritas dari pemain, kemudian menghitung nilai total kuadrat dari masing-masing kriteria sebagai dasar normalisasi. Setiap nilai alternatif dinormalisasi dan dikalikan dengan bobot yang diberikan yang menghasilkan skor berbobot untuk setiap kriteria. Nilai kriteria benefit (dampak) dijumlahkan, sedangkan nilai dari ketiga kriteria cost (biaya, waktu, dan area) juga dijumlahkan lalu dikurangkan dari total benefit sehingga menghasilkan skor akhir MOORA untuk tiap alternatif. Alternatif-alternatif tersebut kemudian diurutkan berdasarkan skor akhir secara menurun, menghasilkan perangkingan objektif terbaik sesuai preferensi pemain.

Tabel 4.3 Pseudocode Pengambilan Alternatif

```

Start:
  Ambil daftar alternatif dari ObjectiveManager

Function CalculateMOORARating(bobot):
  Inisialisasi array total kuadrat [4 elemen] untuk normalisasi

  // Langkah 1: Hitung total kuadrat untuk setiap kriteria
  Untuk setiap alternatif:
    total[0] += (Efek)^2    // Kriteria benefit
    total[1] += (Biaya)^2   // Kriteria cost
    total[2] += (Waktu)^2   // Kriteria cost
    total[3] += (Luas)^2    // Kriteria cost

  // Langkah 2: Normalisasi dan pembobotan
  Untuk setiap alternatif:
    Buat daftar nilai ter-normalisasi dan berbobot:
      norm[0] = (Efek / √total[0]) × bobot[0]
      norm[1] = (Biaya / √total[1]) × bobot[1]
      norm[2] = (Waktu / √total[2]) × bobot[2]
      norm[3] = (Luas / √total[3]) × bobot[3]
    Tambahkan norm ke daftar rating ter-normalisasi

  // Langkah 3: Hitung nilai MOORA
  Untuk setiap alternatif:
    nilai = norm[0] - (norm[1] + norm[2] + norm[3])
    Simpan nilai ke daftar SPK_MOORA_Rating

  // Langkah 4: Urutkan alternatif berdasarkan nilai MOORA

```

Pasangkan setiap alternatif dengan nilai rating-nya
 Urutkan berdasarkan nilai tertinggi ke terendah
 Simpan urutan alternatif ke `orderedAlternative`

4.4 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi hasil dari *game* Lestari yang telah dikembangkan. Metode pengujian menggunakan *Game User Experience Satisfaction Scale* (GUESS) yang merupakan instrumen pengukuran terstandar untuk menilai pengalaman pengguna dalam bermain *game* dari berbagai aspek. Aspek yang dinilai mencakup *Usability*, *Enjoyment*, *Creativity Freedom*, dan *Personal Gratification*. Pengujian *game* juga melibatkan responden yang memiliki latar belakang atau pengalaman dalam bidang pengembangan *game*. Masukkan tersebut diperuntukkan untuk pengembangan *game* lebih lanjut dari perspektif ahli dan tidak termasuk dalam pengujian GUESS.

4.4.1 Hasil Pengujian GUESS

Pengujian GUESS dilakukan dengan menyebarkan *link* download *game* dan kuesioner pada mahasiswa perkuliahan di area kota Malang melalui WhatsApp. Dari sebaran tersebut responden yang didapat adalah 21 pengguna baru yang memainkan *game* kemudian memberikan respon melalui kuesioner yang disusun berdasarkan indikator pertanyaan dalam metode GUESS Tabel 3.11. Hasil dari respon tersebut kemudian diolah untuk memperoleh skor rata-rata dari empat aspek GUESS yang diuji. Berikut hasil pengujian GUESS dari *game* Lestari Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian GUESS

No	Aspek GUESS	Rata-Rata Skor
1	<i>Usability</i>	5,69
2	<i>Narratives</i>	5,50
3	<i>Play Engrossment</i>	4,69
4	<i>Enjoyment</i>	4,88
5	<i>Creativity Freedom</i>	5,67
6	<i>Audio Aesthetics</i>	5,93
7	<i>Personal Gratification</i>	5,67
8	<i>Visual Aesthetics</i>	5,62
Total Rata-Rata		43,64

Hasil pengujian menunjukkan delapan aspek GUESS yang diuji mendapatkan total rata-rata 43,649. Nilai total rata-rata yang didapat kemudian diproses mengikuti persamaan 4.1.

$$\frac{\text{Nilai Aktual} - \text{Nilai Minimum}}{\text{Nilai Maksimum} - \text{Nilai Minimum}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Hasil proses perhitungan persamaan 4.1.

$$\frac{43,64 - 8}{56 - 8} \times 100\% = 74\%$$

Proses perhitungan mendapatkan nilai 74% yang mengindikasikan bahwa *game* sudah baik dalam memberikan pengalaman bermain bagi pengguna (Ariando et al., 2025). Aspek dengan skor tertinggi adalah *Audio Aesthetic* sebesar 5,93. Hal ini menunjukkan bahwa pemain merasa menikmati alur cerita yang disajikan dengan dukungan audio yang baik dalam pengalaman bermain. Sementara aspek *Play Engrossment* memiliki skor terendah sebesar 4,69 namun masih dalam

kategori cukup baik. Secara keseluruhan, hasil pengujian GUESS menunjukkan *game* telah berhasil menunjang harapan pengguna dari segi pengalaman bermain.

4.4.2 Pengujian Algoritma MOORA

Pengujian algoritma MOORA dilakukan dengan menguji coba pada beberapa skenario variasi bobot yang mungkin dimasukkan oleh pemain. Pengujian ini ditujukan untuk mengevaluasi bagaimana variasi preferensi pemain dalam mengatur dampak (C1), biaya (C2), waktu (C3), dan lahan (C4) dapat mempengaruhi hasil akhir perangkingan aksi. Hasil perangkingan akan menentukan di *page* mana alternatif akan ditampilkan. Halaman penampilan alternatif dibagi menjadi dua *page* yang masing-masing memiliki empat alternatif. *Page* pertama diisi oleh alternatif dengan rangking 1 sampai 4 dan rangking 5 sampai 8 berada di *page* kedua secara berurutan. Setiap alternatif memiliki kesempatan dipilih oleh pemain, namun alternatif di *page* pertama memiliki kesempatan lebih baik untuk dipilih karena *page* pertama adalah tampilan awal hasil perangkingan. Tahapan ini dilakukan dengan memberikan preferensi bobot terbaik agar setiap alternatif bisa menempati peringkat terbaiknya sehingga dapat muncul di *page* pertama dan memiliki kemungkinan dimainkan lebih tinggi Tabel 4.5.

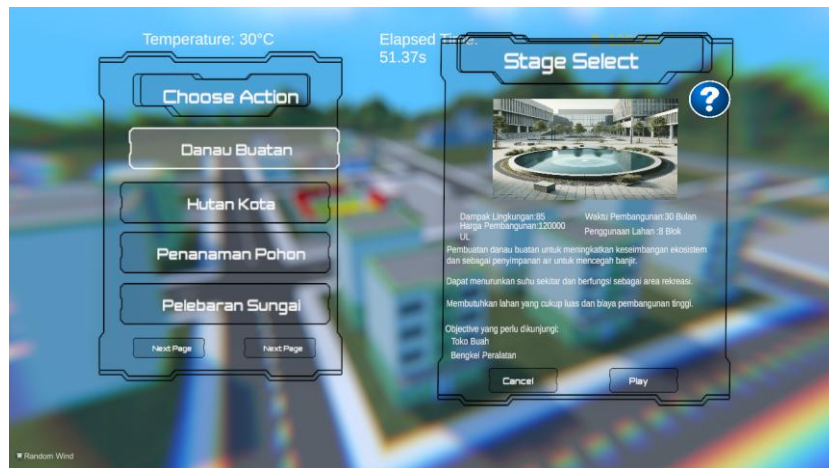
Tabel 4.5 Pengujian MOORA

Alternatif Prioritas	Preferensi Bobot				Hasil
	C1	C2	C3	C4	
A1 (Hutan Kota)	100	1	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 2</i>
A2 (Urban Garden)	100	50	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 3</i>
A3 (Penanaman Pohon)	100	50	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 1</i>
A4 (Danau Buatan)	100	1	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 1</i>
A5 (Pelebaran Sungai)	70	5	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 4</i>
A6 (Peninggian Bangunan)	2	5	1	18	<i>Page 1 - Rangkaian 4</i>
A7 (Pengecatan Bangunan Warna Cemerah)	1	100	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 1</i>
A8 (Penanaman Rumput)	25	75	1	1	<i>Page 1 - Rangkaian 1</i>

Delapan pengujian tersebut menggambarkan bahwa variasi bobot masukkan dari pemain dapat mempengaruhi hasil aksi yang dipilihkan oleh sistem SPK. Ketika pemain fokus pada dampak maka danau buatan akan muncul sebagai alternatif terbaik. Hal tersebut berlaku sebaliknya dimana ketika pemain ingin menjadikan danau buatan sebagai alternatif terbaik pemain bisa memasukkan preferensi bobot kriteria mengikuti alternatif prioritas A4 Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Memasukkan Bobot Skenario A4



Gambar 4.13 Hasil Perangkingan dari Skenario A4

4.4.3 *Feedback Pengembang Game*

Pengujian dari sudut pandang pengembang dilakukan dengan menguji *game* oleh 5 orang ahli yang memiliki pengalaman. Kualifikasi dari penguji adalah memiliki pengalaman dalam proses pengembangan *game* yang memenangi perlombaan tingkat nasional atau memiliki pengalaman langsung dalam studio *game*. Para penguji memberikan masukan yang mencakup aspek *UI*, *UX*, *gameplay*, dan mekanisme teknis. Berikut adalah beberapa masukan yang diberikan. Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Feedback Ahli

Ahli	Pertanyaan	FeedBack				
		UI	Gameplay	Audio	UX	Edukasi
R1	Bagaimana penilaian terhadap pengalaman bermain game ini, mencakup gameplay, mekanisme, UX, desain visual-audio, dan efektivitas edukatifnya?	UI baik, tapi beberapa elemen masih tumpang tindih.	Alur gameplay dan perilaku pemain belum jelas.	Audio hanya <i>BGM</i> , kurang variasi.	Perbaiki animasi dan sinkronisasi gerakan pemain.	Tambahkan fitur seperti utility coin dan petunjuk visual.
R2		UI menarik, tapi sedikit membingungkan	-	-	Sederhanakan UI untuk kenyamanan pengguna.	-
R3	Sertakan kelebihan, kendala, serta saran pengembangan kedepannya.	Latar transparan di menu utama mengurangi keterbacaan.	Arah permainan kurang jelas, mekanik sulit dipahami.	Slider volume tidak berfungsi dengan baik.	Font terlalu formal, perlu yang lebih kasual.	Perbaiki panduan visual dan interaktif untuk pemain.
R4		UI tidak optimal di berbagai ukuran layar	Tidak ada objektif jelas, sulit menentukan menang/kalah	Volume terlalu keras, slider tidak berfungsi.	Penempatan UI sudah baik, tapi indikator suhu perlu diperjelas.	Edukasi baik, namun perlu lebih banyak interaksi yang mendidik.
R5		UI futuristik kurang cocok dengan tema <i>game</i> .	Mekanik rumit dan kurang jelas di tutorial.	-	Tutorial kurang memadai, menyulitkan pemain baru.	Sederhanakan mekanik dan perbaiki tutorial.

Hasil masukan dari para *game developer* secara umum mengatakan bahwa *game* Lesatari memiliki konsep yang menarik dan UI yang cukup baik namun perlu banyak perbaikan dari segi teknis dan pengalaman pengguna. Beberapa catatan penting meliputi, alur *gameplay* yang masih abstrak dan membingungkan, kurangnya kejelasan tujuan permainan, serta mekanik yang belum intuitif. Catatan lain responden mengkritisi UI yang kadang tidak responsif atau membingungkan, audio yang belum optimal, dan kurangnya indikator interaktif dalam permainan.

Beberapa saran pengembangan meliputi penambahan NPC patrol, implementasi *occlusion camera*, perbaikan sistem animasi karakter, dan peningkatan aspek edukatif agar lebih terasa melalui interaksi *gameplay*.

4.4.4 Feedback Akademisi

Pengujian *game* sebagai sarana edukasi dilakukan dengan meminta masukan dari ahli bidang yang relevan dengan tema *game* yakni pendidikan dan arsitektur. Proses pengujian dilakukan dengan cara mendemonstrasikan *gameplay* kepada ahli yang setelahnya masukan yang diberikan akan dicatat. *FeedBack* akademisi Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Feedback Akademisi

Ahli	Background Pendidikan	Pertanyaan	Masukan
R1	S2 - Perancangan Kota, Prodi Arsitektur	Apakah konsep UHI dalam game sudah representatif menggambarkan permasalahan nyata? Serta, apakah aksi mitigasi yang disajikan cukup jelas dan informatif sebagai pengenalan upaya pengurangan dampak UHI?	- Pengenalan konsep UHI sudah cukup baik. - Perhatikan <i>flow game</i> karena cukup kompleks apakah sudah sesuai dengan alur berpikir target <i>audience</i> nya. - Pemilihan alternatif sudah sesuai dengan tujuan pengenalan mitigasi UHI, perlu detail lebih lanjut jika masuk lebih detail ke perhitungan penurunan suhunya. - Perlu diperhatikan penambahan fitur tambahan seperti pembangunan bangunan secara langsung akan menambah kompleksitas <i>game</i> dan perlu pengembangan lebih lanjut.
R2	S1 - Pendidikan	Apakah <i>game</i> ini sudah efektif dari sisi edukasi dalam menyampaikan materi tentang <i>Urban</i>	- Materi sudah cukup jelas disampaikan melalui narasi, ilustrasi, dan simulasi.

Ahli	Background Pendidikan	Pertanyaan	Masukan
		<i>Heat Island</i> (UHI) mencakup kejelasan penyajian materi, interaktivitas, dan kemampuan <i>game</i> dalam membangun pemahaman serta minat belajar pemain terhadap topik mitigasi UHI?	Bermain <i>game</i> ini memungkinkan pelajar untuk memahami mitigasi dari fenomena <i>Urban Heat Island</i> (UHI). - Rancangan <i>game</i> sudah interaktif dan mendukung pembelajaran, serta sesuai dengan tujuan belajar. Dengan bermain <i>game</i> simulasi, siswa dapat menumbuhkan pemahaman mengenai penyebab UHI dan cara mengatasinya. - Pengoperasian <i>game</i> tergolong mudah, karena terdapat video tutorial yang membantu pemain dalam melakukan aktivitas di dalam <i>game</i>, sehingga pemain dapat dengan mudah memahami cara bermain. - <i>Game</i> ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang aktif, inovatif, dan berbasis masalah. Hal ini menjadikan pembelajaran lebih berpusat pada siswa, mengingat perkembangan teknologi yang dapat meningkatkan mutu pembelajaran di kelas.

Hasil pengujian dengan akademisi Tabel 4.7, didapatkan bahwa *game* yang dikembangkan sudah cukup berhasil menyampaikan konsep pengenalan mitigasi UHI yang menjadi tujuan utama penelitian. Penyampaian dinilai cukup baik dari segi materi yang disampaikan melalui narasi, ilustrasi, dan simulasi yang dimuat sesuai dengan hasil pengujian GUESS dimana *narratives* merupakan aspek yang memiliki nilai cukup tinggi 5,50. Akademisi bidang arsitektur menyoroti kesesuaian alur *game* yang harus disesuaikan dengan alur berpikir dari target

audience serta mempertimbangkan beberapa fitur yang dapat menambah kompleksitas permainan. Akademisi bidang pendidikan memberi penilaian bahwa *game* sudah dapat menjadi sarana pendidikan inovatif dapat digunakan dalam pembelajaran. Secara keseluruhan kedua akademisi sepakat bahwa *game* sudah cukup relevan dan bermanfaat untuk menjadi sarana edukasi mengenai mitigasi UHI.

4.5 Integrasi dengan Islam

Penelitian yang dilakukan memiliki integrasi dengan konsep *muamalah* dalam islam. Integrasi *muamalah* tidak hanya mencakup hubungan antar manusia, tetapi juga hubungan manusia dengan Allah (*muamalah ma'a Allah*), dengan sesama manusia (*muamalah ma'an nas*), dan dengan lingkungan (*muamalah ma'al bi'ah*). Ketiga aspek ini menjadi dasar nilai dalam pengambilan keputusan dalam *game* edukasi mitigasi *Urban Heat Island* (UHI). Pemain diberikan gambaran untuk bertindak sebagai *khalifah* yang bertanggung jawab atas bumi, menjaga kesejahteraan masyarakat, serta melestarikan lingkungan sebagai bagian dari *amanah* dan bentuk ibadah kepada Allah.

4.5.1 *Muamalah Ma'a Allah*

Muamalah ma'a Allah adalah bentuk hubungan manusia dengan Allah yang tercermin dalam sikap tanggung jawab sebagai *khalifah* di bumi. Dalam konteks ini, menjaga lingkungan menjadi bagian dari ibadah karena bumi adalah *amanah* dari Allah yang harus dijaga, sebagaimana ditegaskan dalam QS. *Al-Baqarah*: 205.

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

“Apabila berpaling (dari engkau atau berkuasa), dia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi serta merusak tanam-tanaman dan ternak. Allah tidak menyukai kerusakan.” (QS. Al-Baqarah: 205)

Tafsir wajiz, “Dan di antara perbuatannya ialah apabila dia berpaling dari engkau, tidak lagi bersama engkau, dia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi, melakukan berbagai kejahatan seperti merusak tanam-tanaman, dan membunuh binatang ternak, kepunyaan orang-orang yang beriman, sedang Allah tidak menyukai hamba-Nya berbuat kerusakan di muka bumi” (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2016).

Dalam tafsir wajiz dijelaskan bahwa Allah tidak menyukai hambanya yang berbuat kerusakan di dunia. Jika dikaitkan dengan penelitian ini maka nilai tersebut menjadi dasar penting bahwa tindakan yang merusak lingkungan, seperti eksploitasi lahan tanpa kontrol, pengurangan ruang hijau, dan pembangunan yang tidak berkelanjutan yang menyebabkan fenomena *Urban Heat Island* (UHI), merupakan bentuk kerusakan yang tidak disukai oleh Allah. Oleh karena itu, *game* edukasi yang dikembangkan bertujuan untuk menanamkan kesadaran kepada pemain agar mengambil keputusan yang mencerminkan tanggung jawab sebagai khalifah di bumi, yaitu dengan menjaga keseimbangan lingkungan dan menghindari kerusakan, sebagaimana dilarang dalam ayat tersebut.

4.5.2 Muamalah Ma'a An-Nas

Muamalah ma'a an-nas adalah konsep hubungan sosial dalam Islam yang menekankan pada keadilan, tolong-menolong, dan tidak saling merugikan. Konsep ini diajarkan islam salah satunya melalui *QS. Ali 'imran: 104*.

وَلْتَكُنْ مِنْكُمْ أُمَّةٌ يَدْعُونَ إِلَى الْخَيْرِ وَيَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَيَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَأُولَٰئِكَ هُمُ الْمُفْلِحُونَ

“Hendaklah ada di antara kamu segolongan orang yang menyeru kepada kebajikan, menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar. Mereka itulah orang-orang yang beruntung.” (QS.Ali ‘imran: 104)

Dalam tafsir wajiz dijelaskan, “Pada ayat ini Allah memerintahkan orang mukmin agar mengajak manusia kepada kebaikan, menyuruh perbuatan makruf, dan mencegah perbuatan mungkar. Dan hendaklah di antara kamu, orang mukmin, ada segolongan orang yang secara terus-menerus menyeru kepada kebajikan yaitu petunjuk-petunjuk Allah, menyuruh (berbuat) yang *makruf* yaitu akhlak, perilaku dan nilai-nilai luhur dan adat istiadat yang berkembang di masyarakat yang tidak bertentangan dengan nilai-nilai agama, dan mencegah dari yang mungkar, yaitu sesuatu yang dipandang buruk dan diingkari oleh akal sehat. Sungguh mereka yang menjalankan ketiga hal tersebut mempunyai kedudukan tinggi di hadapan Allah dan mereka itulah orang-orang yang beruntung karena mendapatkan keselamatan di dunia dan akhirat.” (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2016).

Penjelasan tafsir tersebut sesuai dengan tujuan penelitian ini dimana pengembangan game ditujukan untuk menyerukan perbuatan baik yakni untuk menjaga lingkungan. *Game* yang dikembangkan juga mengajak pemain untuk menjauhi kemungkaran tentang perilaku abai terhadap lingkungan yang berdampak pada sosial. Dengan demikian, *game* ini menjadi media edukatif yang sejalan dengan nilai dakwah sosial dalam Islam, yaitu membentuk generasi yang peduli, bertanggung jawab, dan aktif dalam menjaga bumi sebagai amanah dari Allah.

4.5.3 *Muamalah Ma'al Bi'ah*

Muamalah ma'al bi'ah adalah hubungan manusia dengan lingkungan yang menekankan tanggung jawab untuk menjaga dan melestarikan alam sebagai ciptaan Allah. Salah satu ayat yang berkaitan adalah QS. *Al-A'raf*: 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَقَطْمًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

“Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.” (QS. Al-A'raf: 56.)

Tafsir wajiz, “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diciptakan dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut sehingga kamu lebih khushyuk dan terdorong untuk menaati-Nya, dan penuh harap terhadap anugerah-Nya dan pengabulan doamu. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan” (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, 2016). Penjelasan dalam tafsir sesuai dengan konsep penelitian yang diangkat, dimana tujuannya adalah mencegah kerusakan lingkungan dan mendorong pelestarian alam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir *game* yang mengimplementasikan SPK MOORA sebagai sarana edukasi mitigasi UHI. Implementasi MOORA membantu pemain mengevaluasi dan membandingkan alternatif mitigasi berdasarkan prioritas kriteria dampak, biaya, waktu, dan lahan. Hal tersebut didapat dari hasil uji MOORA yang menunjukkan variasi bobot masukan pemain, dapat mempengaruhi pilihan aksi mitigasi oleh sistem sehingga pemain bisa menganalisa perbedaannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *game* efektif dalam menyajikan evaluasi alternatif secara interaktif, mendukung pemahaman strategi mitigasi UHI secara optimal.

Pengujian *Game User Experience Satisfaction Scale* (GUESS) mendapatkan skor 74% dimana aspek *Audio Aesthetic* memperoleh skor tertinggi (5,93) yang menunjukkan edukasi dalam *game* didukung baik dengan kualitas audio yang mendukung sehingga lebih mudah diterima. Konsep *game* dinilai menarik, namun masih memiliki banyak ruang perbaikan dan pengembangan pada aspek teknis seperti *flow* narasi yang masih kompleks.

Konsep edukasi dalam *game* dinilai sudah relevan dan efektif dalam menyampaikan konsep mitigasi UHI serta berpotensi menjadi media pembelajaran inovatif. Secara keseluruhan *game* yang dikembangkan telah memenuhi tujuan sebagai sarana edukasi mitigasi UHI berbasis SPK MOORA dan memiliki potensi

untuk dikembangkan lebih lanjut. Pengembangan yang paling disoroti adalah adanya pengembangan untuk *device mobile* sehingga dapat mencakup target *audience* yang lebih banyak.

5.2 Saran

Proses pengujian yang dilakukan menghasilkan beberapa saran pengembangan lanjutan dari penelitian ini mencakup hal berikut:

1. Menyederhanakan alur permainan yang berfokus pada alur berpikir target audiens sehingga memudahkan pemain dalam memahami tujuan permainan.
2. Mengoptimalkan tutorial agar lebih membantu pemain baru lebih cepat memahami konsep permainan.
3. Pengembangan menuju platform *mobile* yang lebih umum digunakan oleh masyarakat Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghamohammadi, N., & Santamouris, M. (2024). *Mitigation and Adaptation of Urban Overheating: The Impact of Warmer Cities on Climate, Energy, Health, Environmental Quality, Economy, and Quality of Life*. Elsevier.
- Andri, R. H., & Sitanggang, D. P. (2023). Sistem Penunjang Keputusan (SPK) Pemilihan Supplier Terbaik Dengan Metode MOORA. *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 2(3), 79–84.
- Anindita, R., Martono, E., & Nurjani, E. (2023). Urban cooling island vs urban heat island, who is the winner? Study of the green spaces effect in coolingdown of urban heat in Kapanewon Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 468, 10012.
- Ariando, A. P., Atmaja, P. W., & Aditiawan, F. P. (2025). Pengembangan Gim Edukasi Sebagai Media Pelatihan Pencegahan Dan Penanggulangan Kebakaran Berbasis Augmented Reality Dan Escape Room. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(3), 4202–4210.
- Arista, R. D. (2020). MOORA sebagai Sistem Pendukung Keputusan dalam Mengukur Tingkat Kinerja Dosen. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 104–110.
- Attri, R., & Grover, S. (2014). Decision making over the production system life cycle: MOORA method. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 5(3), 320–328.
- Balany, F., Ng, A. W. M., Muttill, N., Muthukumaran, S., & Wong, M. S. (2020). Green Infrastructure as an Urban Heat Island Mitigation Strategy—A Review. *WATER*, 12(12), 3577.
- Darmanto, B., & Sudarmilah, E. (2016). Game Edukasi Dampak Pergaulan Bebas. *Protek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 3(2), 51–56.
- El Faritsi, D. M., Saripurna, D., & Mariami, I. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Tenaga Pengajar Menggunakan Metode MOORA. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 1(4), 239–249.
- Ezell, B., Lynch, C. J., & Hester, P. T. (2021). Methods for Weighting Decisions to Assist Modelers and Decision Analysts: A Review of Ratio Assignment and Approximate Techniques. *Applied Sciences*, 11(21), 10397.
- Fadilah, M. F. F., Hafidhah, L., Addkhil, M. H., & Yaqin, M. A. (2022). Analisa dan Perancangan Software Game Simulasi Sekolah. *Journal Automation Computer Information System*, 2(1), 39–47.
- Fauzi, M. R., & Abdullah, M. N. A. (2024). Dampak Urbanisasi Terhadap Peningkatan Kawasan Kumuh Di Kota Bandung. *SABANA: Jurnal Sosiologi, Antropologi, Dan Budaya Nusantara*, 3(1), 33–38.
- Ferdiansyah, E., & Penggalih, W. R. (2022). Identifikasi Urban Heat Island dan Faktor yang Mempengaruhinya Menggunakan Google Earth Engine. *The Climate of Tropical Indonesia Maritime Continent Journal*, 1(1), 5–11.

- Hartatik, H., & Safariatun, N. (2023). Penerapan Algoritma MOORA Dalam Pembelian Laptop Sesuai Kebutuhan Pengguna. *Journal Automation Computer Information System*, 3(1), 27–36.
- Hou, R., Ye, X., Zaki, H. B. O., & Omar, N. A. B. (2023). Marketing Decision Support System Based on Data Mining Technology. *NATO Advanced Science Institutes Series E: Applied Sciences*, 13(7), 4315.
- Insanittaqwa, V. F., Kuswardayan, I., & Sunaryono, D. (2014). Game Edukasi “Simulasi Haji” Menggunakan Ren’Py pada Perangkat Android untuk Simulasi Perjalanan Ibadah Haji. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), A52–A57.
- Irul, I. (2022). SPK Pemilihan Bahan Pembuatan Baju Menggunakan Metode Moora (Multi Objective Optimization On The Basis Of Ratio Analysis). *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Dan Sistem Informasi (JUKTISI)*, 1(2), 65–74.
- Jandaghian, Z., & Colombo, A. (2024). The Role of Water Bodies in Climate Regulation: Insights from Recent Studies on Urban Heat Island Mitigation. *Buildings*, 14(9), 2945.
- Januari, A. D., Rusdayanti, N., Kardian, S., & Shara, S. (2024). Urbanisasi Jakarta dan dampaknya terhadap sosial ekonomi dan lingkungan. *Sustainable Transportation and Urban Mobility*, 1(1). <https://journal-iasssf.com/index.php/STUM/article/view/448>
- Kaban, R., Sari, S. N., Naim, M. A., & Surbakti, A. B. (2022). Perancangan game Arcade “The Adventures in Maze.” *MEANS (Media Informasi Analisa Dan Sistem)*, 137–143.
- Keebler, J. R., Shelstad, W. J., Smith, D. C., Chaparro, B. S., & Phan, M. H. (2020). Validation of the GUESS-18: A Short Version of the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS). *Journal of Usability Studies*, 16(1), 49.
- Kharisma Raya Kesuma, A. (2021). Rancang Bangun Game Edukasi Pengenalan Huruf Hijaiyah Berbasis Android Menggunakan Metode Fsm. *JEMS: A Journal of Emergency Medical Services*, 1(1). <http://edukasimu.org/index.php/edukasimu/article/view/1>
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. (2016). *Tafsir Wajiz* (Jilid 1 - 2). Kementerian Agama Republik Indonesia. <https://pustakalajnah.kemenag.go.id/detail/127>
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an. (2016). *Tafsir Wajiz* (Jilid 2 - 2). Kementerian Agama Republik Indonesia. <https://pustakalajnah.kemenag.go.id/detail/134>
- Manurung, S. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Guru Dan Pegawai Terbaik Menggunakan Metode Moora. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(1), 701–706.
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2017). Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*, 159, 62–75.
- Neuman, M. (2005). The Compact City Fallacy. *Journal of Planning Education and Research*. <https://doi.org/10.1177/0739456X04270466>
- Novayani, W. (2019). Game Genre for History Education Game based on Pedagogy and Learning Content. *Jurnal Komputer Terapan*, 5(2), 54–63.
- Pauleit, S., Ennos, R., & Golding, Y. (2005). Modeling the environmental impacts of urban

land use and land cover change—a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 295–310.

Phan, M. H., Keebler, J. R., & Chaparro, B. S. (2016). The Development and Validation of the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS). *Human Factors*. <https://doi.org/10.1177/0018720816669646>

Prasetyo, A. A., & Amin, F. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Hero Tank Mobile Legends Terbaik dengan Metode Moora. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(2), 1291.

Saputra, A. A., Putra, F. N., & Yusron, R. D. R. (2022). Rancang Bangun Game Edukasi Pengenalan Kebudayaan Indonesia Menggunakan Metode Game Development Life Cycle (GDLC) Berbasis Android. *Journal Automation Computer Information System*, 2(1), 66–73.

Siregar, F. A., Hutagalung, F. S., & Basri, M. (2023). Perbandingan Algoritma MOORA dan Profile Matching pada Sistem Pemilihan Pupuk untuk Tanaman Porang. *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, 5(1), 150–159.

Tarigan, I., Ramadhan, H. F., Ardhana, R., Damanik, S. T., & Niska, D. Y. (2023). Sistem Pendukung Keputusan untuk Pemilihan Senjata Paling Efektif pada Game Valorant. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 22(2), 257–262.

Tol, R. S. J. (2005). The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. *Energy Policy*, 33(16), 2064–2074.

Wartberga, L., Kristonb, L., & Thomasiusc, R. (2020). Internet gaming disorder and problematic social media use in a representative sample of German adolescents: Prevalence estimates, comorbid depressive symptoms and related psychosocial aspects. *Computers in Human Behavior*, 103, 31–36.

Zulkifar, M. F., Virgianto, R. H., Guswanto, & Kartika, Q. A. (2022). Pengaruh Urban Heat Island terhadap Kenyamanan di Jakarta dan Sekitarnya Tahun 1993-2018. *The Climate of Tropical Indonesia Maritime Continent Journal*, 1(1), 34–58.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Wawancara Expert Akademisi

Kegiatan	Dokumentasi
Konsultasi kesesuaian konsep mitigasi UHI dengan Bpk. M. Imam Faqihuddin, M.T.	
Konsultasi kesesuaian <i>Game</i> sebagai sarana pendidikan dengan Yuhana Faradila Muzam Roudloh S.Pd. dalam bidang	