

**PENENTUAN STRATEGI MITIGASI *URBAN HEAT ISLAND* (UHI)
MENGUNAKAN METODE *SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING*
(SAW) PADA *GAME HELP THE CITY***

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD ABEL FIRMANSYAH PRATAMA
NIM. 200605110103



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**PENENTUAN STRATEGI MITIGASI *URBAN HEAT ISLAND* (UHI)
MENGUNAKAN METODE *SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING*
(SAW) PADA *GAME HELP THE CITY***

SKRIPSI

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

Oleh :

MUHAMMAD ABEL FIRMANSYAH PRATAMA
NIM. 200605110103

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENENTUAN STRATEGI MITIGASI *URBAN HEAT ISLAND* (UHI)
MENGUNAKAN METODE *SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING*
(SAW) PADA *GAME HELP THE CITY***

SKRIPSI

Oleh :
MUHAMMAD ABEL FIRMANSYAH PRATAMA
NIM. 200605110103

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 9 Desember 2024

Pembimbing I,



Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T
NIP. 19830616 20110 1 004

Pembimbing II,

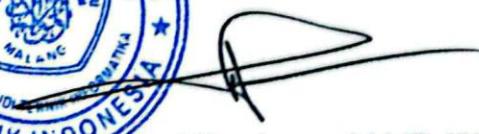


Hani Nurhayati, M. T
NIP. 19780625 200801 2 006

Mengetahui,

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

HALAMAN PENGESAHAN

**PENENTUAN STRATEGI MITIGASI *URBAN HEAT ISLAND* (UHI)
MENGUNAKAN METODE *SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING*
(SAW) PADA *GAME HELP THE CITY***

SKRIPSI

Oleh :
MUHAMMAD ABEL FIRMANSYAH PRATAMA
NIM. 200605110103

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 10 Desember 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. M. Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

Anggota Penguji I : Roro Inda Melani, M.T, M.Sc
NIP. 19780925 200501 2 008

Anggota Penguji II : Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T
NIP. 19830616 201101 1 004

Anggota Penguji III : Hani Nurhayati, M.T
NIP. 19780625 200801 2 006

()
()
()
()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. I. Kachrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Abel Firmansyah Pratama
NIM : 200605110103
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Penentuan Strategi Mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) Pada *Game Help The City*

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 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Abel Firmansyah Pratama
NIM.200605110103

MOTTO

“Perbaiki Sholatmu, maka Allah akan memperbaiki hidupmu”

“Barangsiapa bersungguh-sungguh, maka dia akan berhasil”

"Doa adalah senjata paling ampuh bagi seorang mukmin."

"Keberhasilan tidak datang kepada mereka yang menunggu, tetapi kepada mereka yang pergi mencarinya."

“Aku tidak peduli akan jadi apa aku di masa depan. Apakah aku akan berhasil ataupun gagal. Tapi yang pasti, apa yang aku lakukan sekarang akan membentukku di masa depan.”

“Die Juden sind unser Unglück!”

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Puji Syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta’ala, Shalawat serta Salam selalu dipanjatkan kepada Baginda Nabiyullah wa Rasulullah Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam”

Dengan bangga dan Syukur Alhamdulillah, skripsi ini Saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang tak pernah lelah sehari pun untuk selalu mendukung dan mendoakan saya agar diberikan kemudahan, keberkahan, dan kesuksesan dalam menggapai cita-cita.

Semoga Allah Subhanahu Wa Ta’ala mengampuni kedua orang tua saya, menyayangi, dan mengasihi mereka sebagaimana mereka mengasihi dan mendidik saya semenjak dari kecil. Aamiin Allahumma Aamiin.

Banyak terima kasih juga kepada diri saya sendiri yang telah bersabar dan terus berusaha dengan maksimal dan terus berusaha melampaui batas diri. Saya bangga dan bersyukur atas diri saya, jasmani saya yang Allah berikan, dan kesehatan Rohani yang Allah anugerahkan.

Teruntuk diri saya, kelak bacalah kembali halaman persembahan skripsi ini yang kamu tulis pada tahun 2024, ingat perjalananmu belum usai, teruslah berusaha dengan maksimal, lampau batasan maksimalmu. Teruslah berkarya, berinovasi, dan jangan lupa menjadi pribadi yang bermanfaat bagi sesama. Jangan lupakan ataupun tinggalkan Sholatmu, dzikirmu, sholawatmu. Maksimalkan usaha dunia dan akhirat. *I TRUST YOU ABEL FIRMANSYAH, NEVER GIVE UP AND KEEP BEYOND!*

-Terimakasih Untuk Semuanya-

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan menyelesaikan penelitian Skripsi yang berjudul **Penentuan Strategi Mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) Pada *Game Help The City*** dengan baik.

Dalam penulisan dan penelitian Skripsi ini, penulis menyadari banyak pihak yang terlibat dalam proses membimbing penulisan dan juga memberikan semangat dan dukungan moril atau materiil. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. 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. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak dukungan dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.
5. Hani Nurhayati, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak dukungan dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.

6. Dr. M. Faisal, M. T selaku Ketua Penguji yang telah memberikan banyak saran dan juga dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Roro Inda Melani, M.T, M.Sc selaku dosen penguji II yang telah menguji serta memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini
8. Seluruh Dosen dan Jajaran Staf Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan banyak bantuan dalam skripsi ini.
9. Seluruh staf admin dan laboran Teknik Informatika yang telah bersedia membantu penulis dalam menyelesaikan permasalahan administratif selama di perkuliahan.
10. Kedua orang tua khususnya Ibunda tercinta saya, Ibu Ji'ronah, keluarga serta seluruh kerabat yang senantiasa memberikan, kasih sayang, doa dan dukungan semangat kepada penulis.
11. Terkhusus kepada saudari Savira Mawaddah Annur, yang telah sabar mendampingi, memberikan semangat dan doa, serta menjadi inspirasi dalam kehidupan penulis.
12. Terkhusus Almarhum Helmi Noor Hafidh sahabat saya, yang telah menjadi penyemangat, rekan seperjuangan, motivasi berjuang, dan inspirasi dari setiap senyuman yang dia tebar setiap harinya yang selalu membuat saya semangat dan bahagia.
13. Mamba, kucing hitam peliharaan saya yang telah menjadi *support system* dan mental *support* saya setiap hari.
14. Teman-teman Pemuda Sinarmas dan teman-teman Teknik Informatika angkatan 20 "INTEGER" yang telah memberikan banyak bantuan baik

material maupun dukungan intelektual, semangat, serta motivasi dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, termasuk responden yang telah memberikan kontribusi, saran, dan dukungan dalam perjalanan penulisan skripsi ini.

Malang, 19 Desember 2024

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN..... | iv |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| ABSTRAK | xv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| البحث مستخلص | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.4 Batasan Masalah | 6 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 6 |
| BAB II STUDI PUSTAKA..... | 8 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 8 |
| 2.2 Mitigasi <i>Urban Heat Island</i> | 12 |
| 2.3 <i>Serious Game</i> | 13 |
| 2.4 <i>Decision Support System</i> | 14 |
| BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI..... | 17 |
| 3.1 Deskripsi dan Perancangan <i>Game Help The City</i> | 17 |
| 3.1.1 Deskripsi <i>Game</i> | 17 |
| 3.1.2 Finite State Machine (FSM)..... | 18 |
| 3.1.3 Perancangan Antarmuka <i>Game</i> | 19 |
| 3.1.4 Desain Sistem | 24 |
| 3.2 Rancangan Perhitungan <i>Simple Additive Weighting (SAW)</i> | 25 |
| 3.2.1 Alternatif..... | 27 |
| 3.2.2 Kriteria..... | 27 |
| 3.2.3 Matriks Keputusan..... | 31 |
| 3.2.4 Normalisasi Data..... | 32 |
| 3.2.5 Perangkingan Alternatif Terbaik..... | 32 |
| 3.3 Rencana Pengujian Sistem | 33 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 36 |
| 4.1 Implementasi Sistem..... | 36 |
| 4.1.1 Implementasi Perhitungan Metode | 36 |
| 4.2 Pengujian Sistem..... | 40 |
| 4.2.1 Uji Coba <i>Game</i> | 40 |
| 4.2.2 Hasil Uji Coba Metode SAW | 46 |
| 4.3 Pengujian <i>Usability</i> | 49 |
| 4.3.1 Analisa <i>Usability</i> | 51 |
| 4.3.2 Analisa Demografi | 59 |
| 4.3.3 Skor <i>System Usability Scale (SUS)</i> | 62 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4 Integrasi Sains Dalam Islam | 64 |
| 4.4.1 Muamalah Ma' Allah (Hubungan Dengan Allah) | 65 |
| 4.4.2 Muamalah Ma' Annas (Hubungan Dengan Sesama Manusia) | 66 |
| 4.4.3 Muamalah Ma' Alam (Hubungan Dengan Alam) | 67 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 69 |
| 5.1 Kesimpulan | 69 |
| 5.2 Saran | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 3.1 Perancangan <i>Game</i> menggunakan <i>Finite State Machine</i> (FSM) | 18 |
| Gambar 3.2 Tampilan <i>Menu</i> utama <i>Game</i> | 20 |
| Gambar 3.3 Tampilan Kota dalam <i>Unity</i> | 20 |
| Gambar 3.4 Tampilan <i>Non Playable Character</i> (NPC) | 21 |
| Gambar 3.5 Tampilan Informasi | 22 |
| Gambar 3.6 Tampilan <i>Input</i> Kriteria | 22 |
| Gambar 3.7 Tampilan Hasil Mitigasi UHI | 23 |
| Gambar 3.8 Tampilan Visualisasi Mitigasi | 24 |
| Gambar 3.9 Blok Diagram Sistem | 24 |
| Gambar 3.10 Blok Diagram <i>Simple Additive Weighting</i> (SAW)..... | 26 |
| Gambar 3.11 Parameter Nilai Total Skor Sistem <i>Usability Scale</i> (SUS) | 34 |
| Gambar 4. 1 Tampilan Main Menu | 41 |
| Gambar 4.2 Tampilan <i>Input</i> Kriteria | 41 |
| Gambar 4. 3 Uji coba mitigasi program parkir hijau | 41 |
| Gambar 4. 4 Visualisasi mitigasi program parkir hijau..... | 42 |
| Gambar 4. 5 Uji coba mitigasi penggunaan material reflektif..... | 43 |
| Gambar 4. 6 Visualisasi mitigasi penggunaan material reflektif | 43 |
| Gambar 4. 7 Uji coba mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung..... | 44 |
| Gambar 4. 8 Visualisasi mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung | 44 |
| Gambar 4. 9 Uji coba mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan | 45 |
| Gambar 4. 10 Visualisasi mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan..... | 45 |
| Gambar 4. 11 Grafik nilai <i>Learnability</i> | 53 |
| Gambar 4. 12 Grafik nilai <i>Efficiency</i> | 54 |
| Gambar 4. 13 Grafik nilai <i>Integration</i> | 55 |
| Gambar 4. 14 Grafik nilai <i>Error</i> | 56 |
| Gambar 4. 15 Grafik nilai <i>Satisfaction</i> | 57 |
| Gambar 4. 16 Grafik hasil kuesioner SUS | 58 |
| Gambar 4. 17 Usia responden | 59 |
| Gambar 4. 18 Pengalaman bermain <i>game</i> responden | 60 |
| Gambar 4. 19 Lama waktu bermain <i>game</i> dalam satu hari responden | 61 |
| Gambar 4. 20 peningkatan suhu panas di wilayah tempat tinggal responden..... | 61 |
| Gambar 4. 21 Hasil skor SUS | 63 |
| Gambar 4. 22 Nilai persentil hasil skor SUS | 63 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu | 8 |
| Tabel 3. 1 Tabel Alternatif..... | 27 |
| Tabel 3. 2 Tabel Kriteria..... | 28 |
| Tabel 3. 3 Tabel Receiver Operating Characteristic (ROC) | 29 |
| Tabel 3. 4 Sub Kriteria Suhu Permukaan | 29 |
| Tabel 3. 5 Sub Kriteria Kepadatan Penduduk | 30 |
| Tabel 3. 6 Sub Kriteria Penggunaan Kendaraan Bermotor | 31 |
| Tabel 3. 7 Sub Kriteria Tutupan Lahan Terbangun | 31 |
| Tabel 3. 8 Tabel matriks keputusan..... | 32 |
| Tabel 3. 9 Tabel Normalisasi matriks keputusan..... | 32 |
| Tabel 3. 10 Tabel Perangkingan Alternatif..... | 32 |
| Tabel 3. 11 Instrumen Pengujian <i>System Usability Scale</i> (SUS) | 33 |
| Tabel 4. 1 Pembobotan Rank Order Centroid (ROC) | 37 |
| Tabel 4. 2 <i>Input</i> matriks keputusan | 38 |
| Tabel 4. 3 Normalisasi matriks keputusan | 38 |
| Tabel 4. 4 Skor normalisasi terbobot | 39 |
| Tabel 4. 5 Hasil perangkingan alternatif | 39 |
| Tabel 4. 6 Tabel Percobaan Tiap <i>Input</i> Kriteria | 47 |
| Tabel 4. 7 Pertanyaan untuk responden | 50 |
| Tabel 4. 8 Skala penilaian <i>usability</i> | 52 |
| Tabel 4. 9 Pengukuran <i>usability</i> | 62 |
| Tabel 4. 10 Hasil skor SUS | 64 |

ABSTRAK

Abel, Muhammad. 2024. **Penentuan Strategi Mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) Pada *Game Help The City***. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T (II) Hani Nurhayati, M.T

Kata kunci: Serious Game, Urban Heat Island, *Simple Additive Weighting*, System Usability Scale.

Penelitian ini dilakukan dalam penentuan skenario Serious Game *Help The City* menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW). Penentuan skenario ini ditentukan berdasarkan pada *inputField* yang terdiri dari kepadatan penduduk, pengguna kendaraan bermotor, tutupan lahan terbangun, dan suhu permukaan. Implementasi metode *Simple Additive Weighting* (SAW) terdapat pada input kriteria yang akan dikonversi ke skala 1-3 oleh sistem. Terdapat 81 percobaan kemungkinan inputan, dari setiap inputan tersebut memiliki nilai yang berbeda-beda. Terdapat 21 *input* untuk mitigasi program parkir hijau, 20 *input* untuk mitigasi penggunaan material reflektif, 20 *input* untuk mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung, dan 20 *input* untuk mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan. Terdapat 4 skenario atau output yaitu program parkir hijau, penggunaan material reflektif, Penanaman pohon di sekitar gedung, Penanaman pohon di sepanjang jalan. Selanjutnya, dilakukan pengujian usability pada 35 responden menggunakan System Usability Scale (SUS) dengan skor keseluruhan dari evaluasi adalah 75. Hasil akhir skor yang didapatkan berdasarkan skala penerimaan termasuk ke dalam kategori layak untuk digunakan.

ABSTRACT

Abel, Muhammad. 2024. **Determination of Urban Heat Island (UHI) Mitigation Strategy Using *Simple Additive Weighting* (SAW) Method in *Help The City Game***. Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T (II) Hani Nurhayati, M.T

This research was conducted in determining the Serious Game *Help The City* scenario using the *Simple Additive Weighting* (SAW) method. The determination of this scenario is determined based on input fields consisting of population density, motor vehicle users, built-up land cover, and surface temperature. The implementation of the *Simple Additive Weighting* (SAW) method is in the input criteria which will be converted to a scale of 1-3 by the system. There are 81 trials of possible inputs, each of which has a different value. There are 21 inputs for mitigating green parking programs, 20 inputs for mitigating the use of reflective materials, 20 inputs for mitigating tree planting around buildings, and 20 inputs for mitigating tree planting along roads. There are 4 scenarios or outputs, namely the green parking program, the use of reflective materials, planting trees around the building, planting trees along the road. Furthermore, usability testing was conducted on 35 respondents using the System Usability Scale (SUS) with an overall score of 75. The final score obtained based on the acceptance scale is included in the category feasible for use.

Key words: Serious Game, Urban Heat Island, *Simple Additive Weighting*, System Usability Scale.

البحث مستخلص

أبيل, محمد. 2024. تحديد استراتيجية تخفيف الجزيرة الحرارية الحضرية باستخدام طريقة الترجيح الإضافي البسيط في لعبة مساعدة المدينة الأطروحة. برنامج دراسة هندسة المعلوماتية, كلية العلوم والتكنولوجيا, جامعة مولانا مالك إبراهيم لإسلامية الحكومية. المستشار (الأول) د. حنيفة مفتش العارف (الثاني) هاني نورهاياتي، ماجستير (الثاني) هاني نورهاياتي، ماجستير

الكلمات الرئيسية: لعبة جادة، جزيرة الحرارة الحضرية، الترجيح الإضافي البسيط، مقياس قابلية استخدام

تم تحديد (SAW) أُجري هذا البحث في تحديد سيناريو لعبة "ساعد المدينة" الجادة باستخدام طريقة الترجيح الإضافي البسيط هذا السيناريو بناءً على حقول المدخلات التي تتكون من الكثافة السكانية ومستخدامي المركبات الآلية والغطاء الأرضي المبنية ودرجة في معايير المدخلات التي سيتم تحويلها إلى مقياس من 1-3 (SAW) حرارة السطح. يتمثل تطبيق طريقة الترجيح الإضافي البسيط بواسطة النظام. هناك 81 تجربة للمدخلات الممكنة، لكل منها قيمة مختلفة. هناك 21 مدخلاً للتخفيف من برامج مواقف السيارات الخضراء، و20 مدخلاً للتخفيف من استخدام المواد العاكسة، و20 مدخلاً للتخفيف من زراعة الأشجار حول المباني، و20 مدخلاً للتخفيف من زراعة الأشجار على طول الطرق. هناك 4 سيناريوهات أو مخرجات، وهي برنامج مواقف السيارات الخضراء، واستخدام المواد العاكسة، وزراعة الأشجار حول المبني، وزراعة الأشجار على طول الطريق. وعلاوة على ذلك، تم إجراء اختبار قابلية الاستخدام بدرجة إجمالية قدرها 75. تم تضمين الدرجة النهائية التي تم (SUS) على 35 مشاركاً باستخدام مقياس قابلية استخدام النظام. "الحصول عليها بناءً على مقياس القبول في فئة "ممكن الاستخدام".

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota metropolitan merupakan pusat kehidupan bagi jutaan orang, tempat di mana berbagai aktivitas sosial, ekonomi, dan budaya terpusat. Dengan terus bertambahnya populasi yang semakin padat, kota-kota metropolitan menjadi sasaran urbanisasi. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan fungsi lahan dari lahan vegetasi menjadi lahan terbangun untuk memenuhi kebutuhan penduduknya yang seiring bertambah(Darlina et al., 2018).

Kota-kota Indonesia, sebagai kota metropolitan, menghadapi berbagai masalah. Ini termasuk peningkatan kepadatan bangunan, polusi kendaraan bermotor, dan gedung tinggi dan bertingkat, terutama di pusat kota. Suhu permukaan di pusat perkotaan jauh lebih tinggi dibandingkan di pinggiran kota karena masalah ini. Fenomena Kota Panas Urban dikenal sebagai perbedaan suhu yang signifikan antara pinggiran kota dan pusat kota.

Urban Heat Island (selanjutnya akan disebut UHI) adalah kondisi di mana suhu rata-rata perkotaan meningkat secara signifikan dibandingkan dengan wilayah sekitarnya (Manik Tumiar Katarina & Syaikat Syarifah, 2015). Hal ini disebabkan oleh panas yang diserap oleh struktur perkotaan dan aktivitas antropogenik(Azahra, 2023).

UHI dicirikan seperti suatu pulau dengan permukaan udara bersuhu tinggi yang terkonsentrasi di wilayah perkotaan, khususnya di pusat kota dan ditandai

dengan penurunan perbedaan suhu di daerah sekitarnya terutama di pinggiran kota. Suhu di sekitarnya meningkat karena dominasi material buatan yang menampung panas (heat storage) di wilayah kota (Badriyah, 2014 dalam Darlina et al., 2018).

Mitigasi adalah strategi untuk memerangi perubahan iklim yang mana manfaat mitigasi akan terlihat setelah beberapa dekade, langkah-langkah mitigasi dapat memberikan manfaat global bagi masyarakat baik secara loka maupun global (Hritonenko & Yatsenko, 2022). Mitigasi diperlukan sebab peningkatan suhu di daerah perkotaan dapat memberikan dampak negatif, seperti polusi udara akibat banyaknya kendaraan bermotor ataupun pembakaran sampah dan pembakaran untuk membuka lahan, serta peningkatan konsumsi energi terutama pada penggunaan pendingin ruangan (Rosleine & Irfani, 2020).

Maka dari itu perlu dirancang strategi penentuan mitigasi UHI untuk meminimalisir dampak yang akan terjadi dan memberikan manfaat kedepannya. Berbagai alternatif mitigasi dapat digunakan seperti penggunaan *green roof*, *green wall*, *green parking*, *reflective roof*, *reflective wall*, penanaman pohon di sekitar bangunan atau di sepanjang jalan, serta penggunaan material albedo tinggi.

Seiring dengan penelitian efek UHI, banyak penelitian *Urban Cool Island* (UCI) yang menekankan mitigasi UHI dengan perancangan yang efektif dan menyarankan bahwa penerapan hutan kota dapat membentuk efek UCI, Taman merupakan contoh bagian penting dari hutan kota yang dapat membantu mengurangi efek UHI (Wang et al., 2018). Penanaman pohon merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk memitigasi UHI karena dapat membantu mendinginkan lingkungan melalui naungan dan pengeluaran uap air melalui

proses evapotranspirasi. Selain itu penggunaan material berbahan albedo tinggi juga merupakan strategi yang dapat mengurangi UHI (Sodoudi et al., 2014).

Serious Game merupakan sistem yang dirancang khusus untuk tujuan edukasi dan pelatihan dengan memanfaatkan teknologi simulasi dan visualisasi (Supriana et al., 2017). Dalam Sistem Penentuan Strategi Mitigasi *Urban Heat Island*, penggunaan *Serious Game* dapat memberikan panduan mitigasi UHI yang sesuai dengan kriteria permasalahan yang ada pada suatu daerah tersebut. Namun, dibutuhkan suatu metode sistem pendukung keputusan yang dapat menentukan jenis mitigasi yang tepat saat menggunakan sistem ini.

Saat mengembangkan Sistem Penentuan Strategi Mitigasi *Urban Heat Island*, penting untuk memilih suatu metode yang dapat menentukan jenis mitigasi UHI yang tepat dan akurat. *Simple Additive Weighting* (selanjutnya akan disebut SAW) merupakan metode dengan teknik analisis multi kriteria yang efektif dalam mengidentifikasi alternatif berdasarkan kriteria yang berbeda.

Metode Simple Additive Weighting (SAW) digunakan untuk menentukan mitigasi UHI perkotaan yang tepat. Metode Simple Additive Weighting (SAW) adalah salah satu metode penyelesaian masalah yang sering disebut sebagai metode penjumlahan berbobot. SAW dianggap penting untuk membuat model pengambilan keputusan sehingga keputusan yang dibuat adalah keputusan yang tepat dan akurat. (Rizki Ramadhan & Fitriyani, 2022).

Pada dasarnya, UHI adalah fenomena yang telah banyak dipelajari oleh para pengkaji iklim di seluruh dunia, termasuk mereka yang berbasis di Indonesia. Fenomena UHI ditandai dengan suhu yang meningkat di pusat kota dibandingkan

dengan wilayah sekitarnya. Salah satu dampak perubahan iklim adalah fenomena UHI. Karena itu, sebagai manusia, kita harus memerhatikan alam dan menjaga keseimbangannya. QS. Ar-Rum ayat 41, yang 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. ar-Rum: 41).

Dalam surah tersebut menjelaskan bahwa kerusakan alam disebabkan oleh perbuatan dan kelalaian manusia itu sendiri. Hal ini akibat dari ketidakpedulian manusia terhadap keseimbangan alam sehingga memicu terjadinya perubahan iklim seperti pemanasan global dan salah satu dampaknya adalah UHI yang terjadi di perkotaan.

Seperti yang kita ketahui bahwa upaya mitigasi UHI merupakan salah satu bentuk dalam tolong menolong sesama manusia. Hal ini juga tercantum pada kitab suci Al-Qur’an pada QS. Az-Zuhurf: 32. Allah berfirman,

أَهُمْ يَفْسِقُونَ رَحْمَتُ رَبِّكَ نَحْنُ فَسَمْنَا بَيْنَهُمْ مَعِيشَتَهُمْ فِي الْحَيَاةِ الدُّنْيَا وَرَفَعْنَا بَعْضَهُمْ فَوْقَ بَعْضٍ دَرَجَاتٍ لِيَتَّخِذَ بَعْضُهُمْ بَعْضًا سُخْرِيًّا وَرَحْمَتُ رَبِّكَ خَيْرٌ مِّمَّا يَجْمَعُونَ

“Apakah mereka yang membagi-bagi rahmat Tuhanmu? Kami lah yang menentukan penghidupan mereka dalam kehidupan dunia dan Kami telah meninggikan sebagian mereka atas sebagian yang lain beberapa derajat, agar sebagian mereka dapat memanfaatkan sebagian yang lain. Rahmat Tuhanmu lebih baik dari apa yang mereka kumpulkan” (QS. Az Zuhrif: 32).

Seperti kita ketahui dalam tafsir tersebut menjelaskan bahwa Tolong menolong dalam kebaikan dan Taqwa merupakan satu kewajiban, dan sebaliknya kita dilarang untuk tidak saling tolong menolong. Tolong menolong merupakan

wujud dari loyalitas seorang Muslim kepada muslim yang lain. Pada penelitian ini yang pastinya berguna untuk dapat saling tolong menolong kepada seluruh masyarakat, di dalam *game* nantinya terdapat informasi yang mana dapat membantu masyarakat maupun pemerintah agar dapat mengetahui informasi UHI dan mitigasi.

Maka dari itu dengan menggabungkan konsep mitigasi UHI, *Serious Game*, dan metode *Simple Additive Weighting* (SAW), penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem penentuan mitigasi yang terbaik untuk mengatasi permasalahan UHI yang ada di kota-kota di Indonesia. Sistem ini akan mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber dan akan diolah menggunakan metode SAW untuk menghitung bobot relatif dari berbagai faktor dan menyampaikan informasi kepada masyarakat melalui *Serious Game* yang edukatif dan menarik. Wujud dari loyalitas seorang muslim kepada muslim yang lain.

Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi yang sangat penting dalam upaya meningkatkan kesadaran masyarakat hingga pihak yang berwenang dalam mengatasi permasalahan UHI yang ada di perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang sebelumnya, masalah utama dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan mitigasi UHI terbaik dengan *Serious Game* dengan metode *Simple Additive Weighting*(SAW).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk memilih strategi mitigasi *Urban Heat Island* yang efektif

menggunakan metode *Simple Additive Weighting*(SAW). Sistem ini akan membantu pengambil keputusan dalam memilih alternatif strategi yang paling sesuai dengan kondisi suatu wilayah.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian ini berfokus pada penggunaan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dalam menentukan strategi mitigasi UHI.
2. Kriteria yang digunakan dalam pemilihan keputusan hanya mencakup suhu permukaan, kepadatan penduduk, penggunaan kendaraan bermotor, dan luas tutupan lahan yang mana sebagai nilai benefit.
3. Alternatif yang dipilih adalah Program parkir hijau, penggunaan material reflektif, penanaman pohon di sekitar gedung, dan penanaman pohon di sepanjang jalan.
4. Data yang digunakan pada mode demo dalam *game* berdasarkan pada artikel CNN News yang mana terdapat 9 kota yang terdampak UHI di Indonesia yakni, kawasan Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, Medan, Surabaya, Makassar, dan Bandung.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi pemerintah kota setempat dan masyarakat dalam memilih strategi mitigasi UHI yang tepat dan paling efektif. Selain itu Sistem yang dikembangkan ini diharapkan

dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan terkait perencanaan dan mitigasi yang ada di kota.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang penggunaan metode DSS *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk mitigasi UHI dan *Serious game* yang berkaitan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, penelitian tersebut akan digunakan sebagai referensi guna memperdalam pemahaman serta membandingkannya dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

| No. | Peneliti | Judul Penelitian | Metode | Hasil Penelitian |
|-----|--------------------------------------|---|---|--|
| 1 | Darlina dkk., 2018 | Analisis Fenomena Urban Heat Island Serta Mitigasinya (Studi Kasus : Kota Semarang) | Algoritma LST, Klasifikasi Sederhana, dan Regresi Sederhana | Analisis regresi menunjukkan bahwa rapat vegetasi memiliki korelasi negatif dengan suhu permukaan, sedangkan luas wilayah terbangun, lahan terbuka, dan kepadatan penduduk menunjukkan korelasi positif Faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan suhu permukaan adalah rapat vegetasi, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 89,80%. Diikuti oleh kepadatan penduduk (54,28%), luas wilayah terbangun (53,93%), dan lahan terbuka (3,48%) |
| 2 | Ibrahim, A., & Surya, R. A., 2019 | The Implementation of <i>Simple Additive Weighting</i> (SAW) Method in Decision Support System for the Best School Selection in Jambi | <i>Simple Additive Weighting</i> (SAW) | Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode SAW dalam sistem pendukung keputusan untuk pemilihan sekolah terbaik di Jambi dapat membantu mengatasi tantangan |

| No. | Peneliti | Judul Penelitian | Metode | Hasil Penelitian |
|-----|-----------------------|---|---|---|
| | | | | dalam memilih sekolah yang memenuhi kriteria terbaik. Selain itu sistem ini juga dapat memudahkan identifikasi kekurangan sekolah, sehingga memungkinkan pihak terkait untuk melakukan perbaikan yang diperlukan |
| 3 | Werbin, Z, dkk., 2020 | A tree-planting decision support tool for urban heat mitigation | Heat Vulnerability Indeks (HVI), Development of Right Place, Right Tree-Boston Web Application | Aplikasi ini menggunakan Heat Vulnerability Indeks (HVI) untuk mengidentifikasi wilayah prioritas dalam mitigasi efek UHI perkotaan, serta menyediakan peta suhu permukaan tanah pada siang hari di musim panas agar dapat memilih lokasi penanaman yang tepat. |
| 4 | Jinda dkk., 2022 | A Decision-Making Framework to Support Urban Heat Mitigation by Local Governments | Ontology-Based Knowledge Representation, Genetic Algorithm-Based Multi-Objective Optimization, Sensitivity Analysis (SA) | Mengembangkan kerangka kerja sistem pengambilan keputusan otomatis untuk mitigasi UHI menggunakan <i>Artificial Intelligence</i> (AI) untuk mengotomatiskan proses pengambilan keputusan, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi strategi mitigasi panas kota. |
| 5 | Hidalgo García, 2023 | Evaluation and Analysis of the Effectiveness of the Main Mitigation Measures against Surface Urban Heat Islands in Different Local Climate Zones through Remote Sensing | ANOVA, Algoritma LST, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Construction Index (NDBI), Proportion of Vegetation (PV) | Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa area padat dan industri di kota Granada memiliki suhu yang lebih tinggi serta vegetasi dan albedo yang lebih rendah dibandingkan dengan area terbuka. Peningkatan vegetasi terbukti lebih efektif dalam mengurangi SUHI di area terbuka, sementara peningkatan |

| No. | Peneliti | Judul Penelitian | Metode | Hasil Penelitian |
|-----|----------|------------------|--------|---|
| | | | | albedo lebih efektif di area tertutup atau padat. |

Dalam jurnal yang berjudul Analisis Fenomena Urban Heat Island Serta Mitigasinya (Studi Kasus : Kota Semarang), penelitian tentang analisis fenomena UHI serta mitigasinya. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *Land Surface Temperature* (LST) dan klasifikasi terbimbing (*Supervised*). Hasil suhu permukaan akan dikorelasikan dengan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk menggunakan uji regresi sederhana (Darlina et al., 2018). Tetapi dalam jurnal ini membahas mitigasi UHI berbasis regresi sederhana menggunakan algoritma LST, sehingga terdapat perbedaan penelitian yang mana di sini saya akan menggunakan metode DSS dengan menggunakan *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk menentukan mitigasi *Urban Heat Island*.

Dalam jurnal yang berjudul *The Implementation of Simple Additive Weighting(SAW) Method in Decision Support System for the Best School Selection in Jambi*, penelitian ini membahas implementasi metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dalam sistem pendukung keputusan untuk memilih sekolah terbaik di Jambi. Sistem ini dirancang untuk mempermudah proses pemilihan dengan memberikan bobot pada setiap kriteria, seperti kondisi bangunan dan fasilitas sekolah, serta melakukan perankingan untuk menentukan sekolah yang layak menjadi terbaik (Ibrahim & Surya, 2019). Hasilnya, sistem ini mampu menyederhanakan pengolahan data, menghasilkan informasi yang efisien, dan membantu mengidentifikasi kekurangan sekolah untuk perbaikan lebih lanjut. Metode SAW

terbukti efektif untuk pengambilan keputusan berbasis data dengan kalkulasi yang sederhana dan cepat

Selanjutnya jurnal yang berjudul *A tree-planting decision support tool for urban heat mitigation*, Penelitian ini mengembangkan aplikasi web interaktif bernama *RightPlace, RightTree – Boston* untuk mendukung pengambilan keputusan terkait penanaman pohon guna mitigasi panas perkotaan. Aplikasi ini menggunakan *Heat Vulnerability Index* (HVI) untuk mengidentifikasi wilayah prioritas dalam penanaman pohon, berdasarkan data sosiodemografis, karakteristik tutupan lahan, dan suhu permukaan tanah (Werbin et al., 2020). Aplikasi ini dirancang untuk membantu pemerintah kota dan masyarakat memperluas atau mempertahankan kanopi pohon perkotaan dengan memberikan data dan rekomendasi berbasis wilayah.

Selanjutnya jurnal yang berjudul *A Decision-Making Framework to Support Urban Heat Mitigation by Local Governments*, penelitian ini meneliti tentang banyaknya jumlah strategi mitigasi panas perkotaan dan kinerja mitigasi yang berbeda-beda di berbagai wilayah perkotaan yang mana hal tersebut menjadi tantangan tersendiri bagi pengambilan keputusan berbasis kecerdasan buatan yang dapat memberikan mitigasi UHI optimal bagi pemerintah dalam konteks perkotaan (Jinda et al., 2022). Namun, Pada penelitian ini mengembangkan prototipe implementasi dan menerapkan kerangka kerja tersebut. Sehingga terdapat perbedaan penelitian yang mana di sini saya menggunakan *Serious Game* untuk menentukan mitigasi UHI.

Selanjutnya jurnal yang berjudul *Evaluation and Analysis of the Effectiveness of the Main Mitigation Measures against Surface Urban Heat Islands in Different Local Climate Zones through Remote Sensing*, penelitian ini menganalisis efektivitas strategi mitigasi terhadap efek *Surface Urban Heat Island* (SUHI) antara tahun 2002 dan 2022 di berbagai *Local Climate Zones* (LCZs) di Granada, Spanyol. Dengan menggunakan citra satelit Landsat 5 dan 8, penelitian ini mengukur evolusi suhu permukaan lahan (*Land Surface Temperature/LST*) serta SUHI dan menghubungkannya dengan variabel-variabel seperti indeks vegetasi normalisasi (*NDVI*), proporsi vegetasi, indeks bangunan normalisasi (*NDBI*), dan albedo (Hidalgo García, 2023). Hasil menunjukkan bahwa area padat dan industri memiliki suhu lebih tinggi dengan vegetasi dan albedo lebih rendah, sedangkan area terbuka memiliki suhu lebih rendah dengan vegetasi dan albedo lebih tinggi. Langkah mitigasi menunjukkan efisiensi yang serupa, namun peningkatan vegetasi di area terbuka lebih efektif dibandingkan di area tertutup, di mana peningkatan albedo lebih efisien. Studi ini memberikan wawasan untuk penerapan langkah mitigasi yang lebih efisien berdasarkan jenis LCZ di berbagai kota.

2.2 Mitigasi *Urban Heat Island*

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) adalah fenomena yang ditandai dengan meningkatnya suhu di wilayah pusat kota dibandingkan dengan wilayah di sekitarnya. Berdasarkan beberapa penelitian, diketahui bahwa fenomena UHI adalah salah satu sumber utama peningkatan suhu bumi atau pemanasan global, dan akan terus meningkat seiring dengan tingkat urbanisasi dan pertumbuhan kota (Maru, 2015).

Seperti yang terlihat pada beberapa kota besar di Indonesia, urbanisasi dan pembangunan yang berkelanjutan menghasilkan peningkatan jumlah penduduk dan laju pembangunan. Hal ini menghasilkan fenomena UHI di wilayah tersebut. Studi Urban Heat Island telah dilakukan secara ekstensif di jalan di banyak kota besar di seluruh dunia, seperti New York, Tokyo, Singapura, Kuala Lumpur, Nanjing, Jakarta, Surabaya, dan kota-kota lainnya. Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan bahwa fenomena UHI telah terjadi di wilayah tersebut.

Masalah ini telah menjadi isu dan masalah bagi lokasi yang terdampak UHI, sehingga memerlukan usaha untuk menanganinya ataupun untuk mengurangi dengan cara yang tepat. Maka dari itu diperlukanlah langkah-langkah untuk melakukan mitigasi, seperti *Green Wall*, *Green Roofs*, *Greening Parking Lots*, *Vegetation around Building*, *Reflective roofs*, *Reflective Wall*, *High-albedo pavement* (Mélissa Giguère, 2000).

2.3 Serious Game

Serious Game mengalami perkembangan yang cukup besar dan menjadi subjek diskusi para peneliti. Hal ini disebabkan fakta bahwa serious game memiliki kemampuan untuk menggabungkan elemen edukasi, wahana berlatih, dan hiburan sekaligus. Akibatnya, serious game menjadi topik pilihan untuk mendukung proses belajar yang menyenangkan, efektif, dan efektif (Nugroho et al., 2021).

Konsep *serious game* yaitu dengan mengutamakan tujuan khusus dari *game* yang diciptakan tanpa menghilangkan sisi kesenangan, tujuan khusus tersebut adalah untuk pembelajaran, pelatihan, ataupun visualisasi. Selain sisi interaktif,

serious game juga memiliki sisi *immersive* sehingga pemain akan dapat menikmati alur permainan yang dibuat (Adisusilo, 2020).

Maka dari itu *serious game* merupakan permainan yang tidak hanya dimainkan untuk kesenangan diri sendiri, tetapi juga mendapat pengetahuan atau tambahan wawasan dari permainannya.

2.4 Decision Support System

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) atau *Decision Support System* (DSS) merupakan sebuah sistem yang membantu manusia dalam mengambil suatu keputusan menggunakan perhitungan komputer agar mendapatkan keputusan yang sesuai dengan yang diinginkan. Sistem Pendukung Keputusan bukanlah sistem yang memiliki nilai kebenaran secara mutlak, tapi hanya sebagai perantara atau media untuk merekomendasikan sebuah opsi atau beberapa opsi terbaik melalui hasil kalkulasi dari data yang dimiliki yang dijadikan sebagai acuan dalam mengambil keputusan. Terdapat banyak metode untuk membuat Sistem Pendukung Keputusan ini, seperti metode Fuzzy Logics, Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Analytical Hierarchy Process (AHP) dan *Simple Additive Weighting* (SAW), dan Profile Matching (PM).

Metode *Simple Additive Weighting* (Selanjutnya akan disebut SAW) adalah sebuah metode penyelesaian masalah yang dikenal juga dengan istilah metode penjumlahan berbobot. Metode SAW memerlukan proses normalisasi matriks keputusan (x) ke suatu skala yang dapat dibandingkan dengan semua rating alternative yang ada (Yevita Nursyanti, 2022).

Metode SAW dipilih karena mampu menyeleksi alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan. Kriteria-kriteria ini bersifat dinamis dan dapat diubah sesuai keinginan penggunanya. Penelitian ini akan menggunakan metode SAW karena tingkat akurasi metode ini lebih tinggi dibanding metode-metode lainnya berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya. Berikut merupakan langkah-langkah dari penggunaan metode SAW:

1. Menentukan kriteria-kriteria yang akan dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan, yaitu C_i .
2. Menentukan rating kecocokan setiap alternatif pada setiap kriteria.
3. Membuat matriks keputusan berdasarkan kriteria (C_i).
4. Melakukan Normalisasi matriks berdasarkan persamaan yang disesuaikan dengan jenis atribut untuk memperoleh matriks ternormalisasi R.

Berikut rumus yang digunakan untuk melakukan normalisasi atribut:

$$r_{ij} = \left\{ \frac{\frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})}}{\frac{x_{ij}}{\min_i(x_{ij})}} \right\} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- r_{ij} : nilai rating kinerja ternormalisasi
 x_{ij} : nilai atribut yang dimiliki dari setiap kriteria
 $\max_i(x_{ij})$: nilai atribut yang dimiliki dari setiap kriteria
 $\min_i(x_{ij})$: nilai terkecil dari setiap kriteria

5. Hasil akhir diperoleh dari proses perangkangan yaitu penjumlahan dari perkalian matriks ternormalisasi R dengan vektor bobot

$$v_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- v_i : Ranking untuk setiap alternatif
 w_i : Nilai bobot dari setiap kriteria
 r_{ij} : Nilai rating kinerja ternormalisasi

6. Alternatif terbaik akan dipilih ketika mendapat nilai tertinggi.

Dibandingkan dengan model pengambilan keputusan lainnya, model SAW memiliki kelebihan dalam melakukan penilaian secara lebih tepat berdasarkan nilai kriteria dan bobot preferensi yang sudah ditentukan. Selain itu, karena proses perangkaian dilakukan setelah menentukan nilai bobot untuk setiap atribut, model SAW juga dapat memilih opsi terbaik dari sejumlah opsi yang tersedia.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Deskripsi dan Perancangan *Game Help The City*

Pada tahapan ini akan menjelaskan proses desain dan implementasi *game Help The City* yang dirancang untuk memberikan pengalaman edukasi dan hiburan kepada pemain. *Game Help The City* dibuat agar mampu memberikan pemahaman tentang fenomena *Urban Heat Island* (UHI) serta upaya mitigasinya.

Game ini akan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) sebagai mekanisme pengambilan keputusan yang didasarkan pada kriteria yang telah ditentukan yang relevan dengan UHI. Proses pengembangan meliputi perancangan *game* dengan menggunakan *Finite State Machine* (FSM), perancangan antarmuka, desain sistem, rancangan perhitungan SAW, dan rancangan pengujian sistem. Dengan demikian, *game* ini diharapkan mampu menjadi media edukasi yang efektif sekaligus menyenangkan bagi pemain.

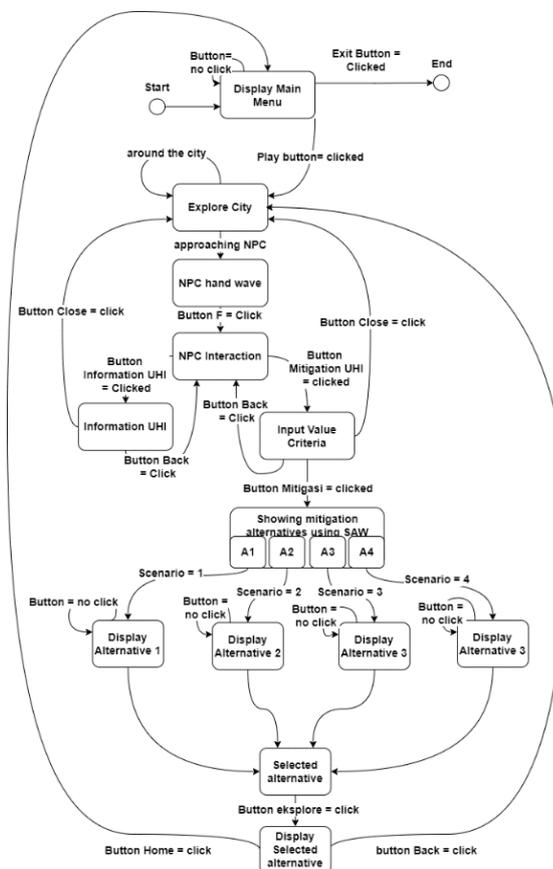
3.1.1 Deskripsi *Game*

Game “Help The City” merupakan *game* 3-dimensi dan juga merupakan *game* edukasi untuk menentukan mitigasi UHI terbaik yang dimainkan secara *offline* dan juga *single player*. Konsep pengembangan *game* ini adalah edukasi dan hiburan, di mana pemain akan berkeliling di suatu daerah kota sembari melihat kondisi di daerah tersebut. Nantinya pemain akan bertemu NPC untuk mendapatkan informasi tentang apa itu UHI dan upaya mitigasi yang bisa dilakukan. Untuk mendapatkan informasi mengenai pengertian UHI, pemain bisa menuju NPC dan

berinteraksi dengan NPC, lalu pemain bisa memilih opsi “informasi UHI” yang disediakan oleh NPC ketika sedang berinteraksi, jika pemain ingin mengetahui upaya mitigasi UHI, pemain bisa memilih opsi “mitigasi UHI” yang disediakan juga oleh NPC. Nantinya pemain akan ditampilkan *input* kriteria UHI yang akan di hitung menggunakan metode *Simple Additive Weighting*(SAW), setelah itu NPC akan menampilkan hasil mitigasinya kepada pemain.

3.1.2 Finite State Machine (FSM)

Finite State Machine (FSM) memodelkan perilaku sistem atau objek dengan beberapa mode atau kondisi yang ditentukan, dengan mode transisi berubah sesuai dengan keadaan. Berikut merupakan perancangan FSM dalam *game*:



Gambar 3.1 Perancangan *Game* menggunakan *Finite State Machine* (FSM)

Perancangan *game* merujuk pada aspek yang menguraikan aturan umum dalam perjalanan permainan, yang dimulai dari awal permainan, pengumpulan data melalui interaksi pemain dengan NPC, penentuan skenario berdasarkan metode *Simple Additive Weighting* (SAW), pelaksanaan skenario dan alternatif yang dipilih.

Dalam permainan, akan ada tampilan menu utama yang muncul saat permainan dijalankan, kemudian sistem akan memulai permainan pada sebuah kota. Pada kota tersebut akan ada NPC yang bertugas sebagai penyampai informasi mengenai pengetahuan dasar seputar UHI dan pemilihan mitigasinya. Pada saat pemain bertemu NPC untuk mencari tahu informasi mengenai mitigasinya, maka NPC akan memunculkan *input* kriteria kepada pemain yang mana hasil dari *input* tersebut akan di proses dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW).

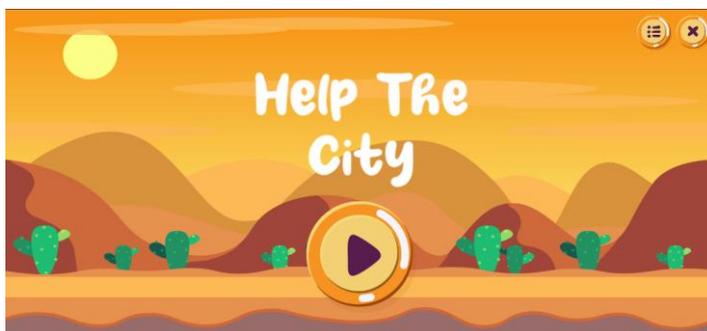
3.1.3 Perancangan Antarmuka *Game*

Bagian ini menjelaskan rancangan antarmuka pengguna dalam *game Help The City* yang berfokus pada penentuan mitigasi Urban Heat Island (UHI). Antarmuka dirancang untuk memberikan pengalaman bermain yang interaktif, informatif, dan intuitif sehingga memudahkan pemain memahami konsep UHI serta memilih strategi mitigasi yang tepat. Berikut adalah rincian dari masing-masing tampilan yang dirancang dalam *game*:

a. Tampilan Menu Utama *Game*

Tampilan ini merupakan layar awal yang dilihat oleh pemain ketika membuka *game*. Menu utama menyediakan akses ke berbagai fitur *game*, seperti memulai permainan, melihat informasi, atau keluar dari *game*. Desain menu utama

dibuat menarik dan sederhana, dengan tombol-tombol navigasi yang jelas untuk memudahkan pemain memahami alur permainan sejak awal.

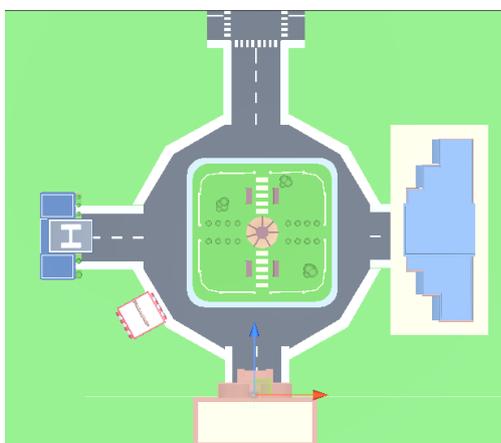


Gambar 3.2 Tampilan *Menu* utama *Game*

Pada saat kita memasuki *game*, pemain akan diberikan tampilan main menu yang terdiri dari tombol *Play*, *Quit*, dan *Drop Option*.

b. Tampilan Peta Kota

Tampilan ini berisi peta kota virtual yang menjadi area eksplorasi pemain dalam *game*. Peta kota dirancang untuk merepresentasikan area urban dengan berbagai elemen penting seperti jalan, bangunan, dan ruang terbuka hijau. Pemain dapat memilih lokasi tertentu di peta untuk memulai interaksi dengan NPC atau menyelesaikan misi yang terkait dengan mitigasi UHI.



Gambar 3.3 Tampilan Kota dalam *Unity*

Setelah menekan tombol *Play*, pemain akan dipersilahkan untuk berkeliling di kota dan mencari NPC.

c. Tampilan NPC

NPC (Non-Playable Character) menjadi salah satu elemen penting dalam game untuk memberikan informasi, tantangan, atau petunjuk kepada pemain. Tampilan NPC dirancang agar karakter terlihat ekspresif dan informatif, sehingga interaksi terasa hidup dan menarik. Dialog dengan NPC akan membantu pemain memahami situasi UHI di area tertentu dan memberi arahan untuk langkah mitigasi.

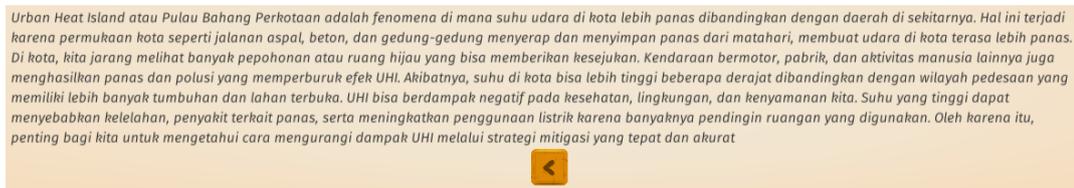


Gambar 3.4 Tampilan *Non Playable Character* (NPC)

Ketika pemain sedang berkeliling kota, pemain akan bertemu NPC yang akan memberikan informasi dasar tentang UHI dan akan membantu menentukan mitigasi UHI.

d. Tampilan Informasi

Tampilan ini menyajikan data dan fakta terkait UHI serta dampaknya pada lingkungan perkotaan. Informasi dirancang ringkas, sehingga pemain dapat memahami konsep-konsep kompleks dengan mudah. Tampilan ini juga menjadi rujukan pemain sebelum menentukan langkah mitigasi yang sesuai.



Gambar 3.5 Tampilan Informasi

Ketika pemain berinteraksi dengan NPC, maka akan muncul Informasi yang akan memberikan informasi mengenai keadaan UHI kota tersebut.

e. Tampilan *Input* Kriteria

Tampilan ini memungkinkan pemain untuk memasukkan data kriteria yang akan digunakan dalam metode SAW untuk menentukan strategi mitigasi UHI. Antarmuka ini mencakup elemen *button* dan field input untuk memasukkan nilai-nilai seperti suhu permukaan, kepadatan penduduk, penggunaan kendaraan bermotor, dan tutupan lahan terbangun.

Gambar 3.6 Tampilan *Input* Kriteria

Tampilan *Input* kriteria, pemain dapat mengatur keadaan yang diinginkan, setelah pemain menekan tombol “mitigasi” akan muncul mitigasi UHI yang telah di proses oleh sistem keputusan yang menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW).

f. Tampilan Penentuan Mitigasi

Setelah pemain memasukkan kriteria, tampilan ini menunjukkan proses penentuan strategi mitigasi berdasarkan metode SAW. Hasilnya berupa alternatif mitigasi yang ditampilkan secara visual, lengkap dengan penjelasan singkat. Tampilan ini bertujuan membantu pemain memahami alasan di balik pemilihan strategi tertentu.



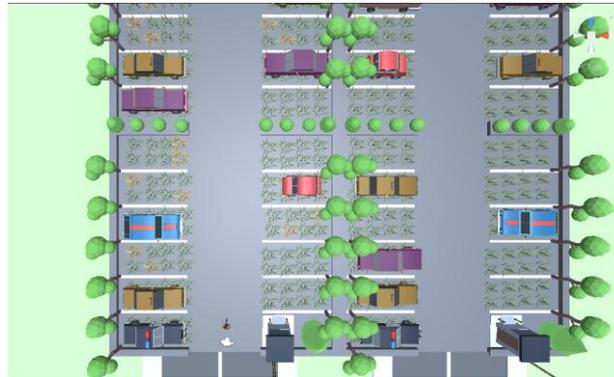
Gambar 3.7 Tampilan Hasil Mitigasi UHI

Setelah pemain menentukan nilai kriteria pada *input* kriteria maka selanjutnya akan muncul hasil mitigasi *Urban Heat Island* (UHI). Dalam tampilan mitigasi ini pemain juga akan mendapat misi yang dapat diselesaikan dengan menekan tombol “Menuju Misi” dan setiap hasil mitigasi memiliki misi yang berbeda pula.

g. Tampilan Visualisasi Mitigasi

Tampilan ini menyajikan hasil akhir dari proses mitigasi dalam bentuk visual 3D yang menarik. Pemain dapat melihat gambaran strategi mitigasi yang

dipilih, seperti gambar area dengan pohon yang ditanam atau penggunaan material reflektif pada bangunan.



Gambar 3.8 Tampilan Visualisasi Mitigasi

Setelah pemain menekan “Menuju Misi” pemain akan di arahkan ke visualisasi hasil mitigasi terpilih dan pemain bisa menyelesaikan misi yang diberikan pada tahap ini.

3.1.4 Desain Sistem

Untuk merencanakan dan mengatur komponen yang akan digunakan dalam suatu sistem, desain sistem mencakup pemilihan komponen, konfigurasi, dan interaksi antar komponen untuk mencapai tujuan sistem. Berikut diagram blok yang berkaitan dengan desain rancangan sistem game:



Gambar 3.9 Blok Diagram Sistem

Dalam langkah awal, blok diagram sistem metode Simple Additive Weighting (SAW) menjelaskan bahwa data set dari setiap alternatif pada kriteria diambil dan kemudian dihitung menggunakan perhitungan metode SAW dari data set tersebut. Menghitung matriks keputusan ternormalisasi adalah langkah pertama. Menghitung matriks keputusan ternormalisasi berbobot adalah langkah kedua. Pada langkah ini, bobot kriteria input user akan dihitung. Pada langkah ketiga, nilai preferensi setiap alternatif harus dihitung. Nilai-nilai ini dihitung dari yang terendah hingga yang tertinggi. Alternatif terbaik akan memiliki nilai tertinggi.

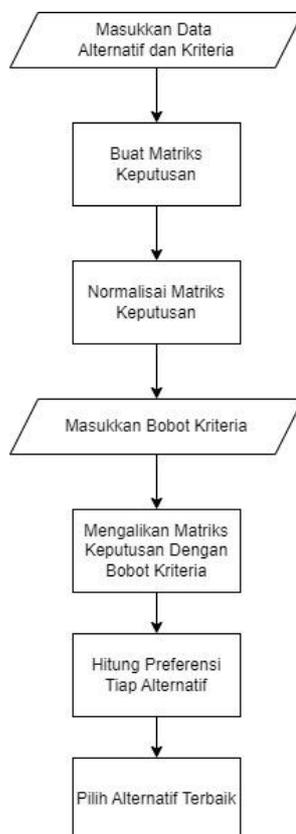
Adapun penjelasan tiap blok pada Blok Diagram Sistem sebagai berikut:

1. Main Menu: Layar utama yang menyediakan akses menuju sistem.
2. *input* Kriteria: Fitur bagi pengguna untuk menyesuaikan nilai setiap kriteria sesuai dengan preferensi pengguna.
3. Matriks Keputusan Ternormalisasi: Tabel yang berisi nilai-nilai alternatif yang telah dinormalisasi berdasarkan kriteria yang telah ditentukan
4. Preferensi Tiap Alternatif: Hasil Perhitungan preferensi dari setiap alternatif berdasarkan nilai matriks keputusan dan bobot kriteria
5. Nilai Preferensi: total nilai preferensi untuk setiap alternatif yang digunakan untuk menentukan peringkat alternatif
6. Hasil Rekomendasi: Menentukan alternatif terbaik dari semua alternatif yang ada yang direkomendasikan oleh sistem berdasarkan perhitungan preferensi.

3.2 Rancangan Perhitungan *Simple Additive Weighting* (SAW)

Pada perhitungan pemilihan alternatif terbaik menggunakan *Simple Additive Weighting* (SAW) diperlukan data alternatif dan kriteria untuk dijadikan acuan

dalam menentukan pilihan terbaik. Adapun blok diagram perhitungan *Simple Additive Weighting* (SAW) sebagai berikut:



Gambar 3.10 Blok Diagram *Simple Additive Weighting* (SAW)

Adapun penjelasan tiap blok pada Blok Diagram *Simple Additive Weighting* (SAW):

1. Masukkan Data Alternatif dan Kriteria: Memasukkan data terkait alternatif dan kriteria serta nilai alternatif terhadap kriteria.
2. Buat Matriks Keputusan: Membentuk matriks yang berisi nilai-nilai dari setiap alternatif terhadap setiap kriteria.
3. Normalisasi Matriks Keputusan: Menjadikan nilai-nilai dalam matriks berada pada skala yang sama

4. Masukkan Bobot Kriteria: Masukkan nilai bobot untuk setiap kriteria sesuai tingkat kepentingannya.
5. Mengalikan Matriks Keputusan Dengan Bobot Kriteria: Mengalikan setiap nilai normalisasi dengan bobot kriteria yang sesuai.
6. Hitung Preferensi Tiap Alternatif: Menjumlahkan semua nilai hasil perkalian untuk setiap alternatif.
7. Pilih Alternatif Terbaik: Menentukan alternatif terbaik dari preferensi yang memiliki nilai tertinggi sebagai alternatif terbaik.

3.2.1 Alternatif

Data alternatif untuk keputusan mitigasi UHI yang sedang dievaluasi sebagai bagian dari proses pengambilan keputusan. Maka dari itu dipilihlah empat alternatif, yaitu Program parkir hijau, Program Penanaman Pohon di Sepanjang Jalan, Program Penanaman Pohon di Sekitar Gedung, Penggunaan Material Reflektif.

Tabel 3. 1 Tabel Alternatif

| Kode Alternatif | Keterangan |
|-----------------|--|
| A1 | Program parkir hijau |
| A2 | Penggunaan Material Reflektif |
| A3 | Program Penanaman Pohon di Sekitar Gedung |
| A4 | Program Penanaman Pohon di Sepanjang Jalan |

3.2.2 Kriteria

Kriteria merupakan faktor atau aspek yang digunakan untuk mengevaluasi alternatif dalam suatu proses pengambilan keputusan pada sistem penentuan mitigasi UHI. Kriteria berfungsi untuk membantu pengambil keputusan dalam memilih alternatif solusi yang terbaik. Berikut kriterianya:

Tabel 3. 2 Tabel Kriteria

| Kode Kriteria | Nama Kriteria | Jenis Kriteria |
|---------------|-------------------------------|----------------|
| C1 | Suhu permukaan | Benefit |
| C2 | Kepadatan penduduk | Benefit |
| C3 | Penggunaan kendaraan bermotor | Benefit |
| C4 | Tutupan lahan Terbangun | Benefit |

Setelah data kriteria terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan dengan menggunakan metode perhitungan *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Dengan menghitung bobot kriteria berdasarkan jumlah nilai kriteria dari matriks perbandingan berpasangan.

Metode perhitungan *Receiver Operating Characteristic* (ROC) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengukur kinerja pada model klasifikasi. Metode ini akan menyajikan analisis dari kemampuan sistem untuk membedakan antara dua kelas atau kondisi (Ahnan et al., 2023). *Receiver Operating Characteristic* (ROC) digunakan untuk menghasilkan nilai bobot dari tiap-tiap kriteria. Penentuan bobot menggunakan metode *Receiver Operating Characteristic* (ROC) akan menitik beratkan terhadap prioritas pada setiap kriteria. Dalam hal ini, kriteria ke-1 lebih penting dari kriteria ke-2, begitu juga kriteria ke-2 merupakan prioritas yang lebih utama dari kriteria ke-3, dan seterusnya hingga kriteria ke-n (Damanik & Utomo, 2020). Rumus yang digunakan untuk perhitungan ROC sebagai berikut (Nabila et al., 2019):

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{k=j}^n \frac{1}{k} \quad (3.1)$$

Keterangan:

w_j : Bobot kriteria ke-j

n : Banyaknya kriteria

Tabel 3. 3 Tabel Receiver Operating Characteristic (ROC)

| Kode Kriteria | Nama Kriteria | ROC | Bobot |
|---------------|-------------------------------|--|---------------|
| C1 | Suhu Permukaan | $\frac{1}{4} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right)$ | 0.5208 |
| C2 | Kepadatan Penduduk | $\frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right)$ | 0.2708 |
| C3 | Penggunaan kendaraan bermotor | $\frac{1}{4} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right)$ | 0.1458 |
| C4 | Tutupan Lahan Hijau | $\frac{1}{4} \left(\frac{1}{4} \right)$ | 0.0625 |

Informasi kriteria yang menjadi *input* bagi pemain, sebagai berikut:

a. Suhu Permukaan

Salah satu faktor yang menyebabkan fenomena UHI adalah suhu permukaan, yang lebih tinggi di daerah perkotaan daripada di daerah pinggiran kota atau pedesaan. Efek UHI terjadi karena area hijau yang berkurang sebagai akibat dari pembukaan lahan di perkotaan, yang mengakibatkan pengurangan area hijau (Limas et al., 2014). Pada tahun 2005, Environmental Protection Agency (EPA) menyatakan bahwa dampak ini merupakan masalah utama bagi setiap kota berkembang di seluruh dunia sebagai akibat dari pemanasan global.

Meningkatnya suhu permukaan dapat disebabkan oleh faktor alam selain ulah manusia. Menurut Rene Kraningtyas dari BMKG Kota Semarang dalam Nasional Tempo (2013), aktivitas badai Francisco di antara perairan Laut Cina Selatan dan Laut Filipina juga berkontribusi pada peningkatan suhu permukaan. Badai tropis menyebabkan banyak uap air di Indonesia. Saat memasuki musim kemarau, suhu permukaan juga dapat meningkat (Darlina et al., 2018).

Tabel 3. 4 Sub Kriteria Suhu Permukaan

| Sub Kriteria | | Skala Nilai |
|------------------------|-----------|-------------|
| Tingkat Suhu Permukaan | Deskripsi | |
| 20-27 | Rendah | 1 |
| 28-33 | Sedang | 2 |
| >33 | Tinggi | 3 |

b. Kepadatan Penduduk

Meningkatnya populasi dan pembangunan kota akan memengaruhi penggunaan energi yang mana pada akhirnya akan memengaruhi kualitas perkotaan juga. Tren dari aktivitas urbanisasi menjadi sumber penambahan penduduk terbesar. Dengan meningkatnya jumlah populasi pada suatu daerah maka akan memengaruhi penggunaan lahan dan akan memengaruhi ketersediaan lahan terbuka (Kurniati, Ayu Candra, 2015). Tak hanya itu, dengan meningkatnya kepadatan penduduk maka akan sebanding dengan dampak kepada meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan listrik di Kawasan kota (Maru, 2015).

Tabel 3. 5 Sub Kriteria Kepadatan Penduduk

| Sub Kriteria | | Skala Nilai |
|--|-----------|-------------|
| Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²) | Deskripsi | |
| < 12000 jiwa/km ² | Rendah | 1 |
| 12001 – 18000 jiwa/km ² | Sedang | 2 |
| > 18000 jiwa/km ² | Tinggi | 3 |

c. Penggunaan Kendaraan Bermotor

Transportasi, industri, dan sampah adalah beberapa aktivitas manusia yang menghasilkan karbon dioksida yang mencemari udara. Menurut Master Plan Hutan Kota DKI Jakarta yang dirilis oleh Dinas Kelautan dan Pertanian DKI Jakarta pada tahun 2012, emisi CO₂ total di wilayah DKI Jakarta adalah 38.633.492 ton per tahun. Ini terdiri dari emisi kendaraan bermotor roda dua 6.860.264 ton per tahun, kendaraan roda empat 2.716.139 ton per tahun, industri 621.944 ton per tahun, dan pernapasan manusia 3.989.891 ton per tahun (Rushayati & Hermawan, 2013).

Tingginya CO₂ akan memengaruhi keseimbangan energi, karena gas ini memiliki sifat mengabsorpsi radiasi gelombang Panjang yang dipancarkan

permukaan bumi sehingga radiasi tersebut terperangkap di troposfer. Hal ini yang mengakibatkan efek gas rumah kaca dan peningkatan suhu udara di sekitar.

Tabel 3. 6 Sub Kriteria Penggunaan Kendaraan Bermotor

| Sub Kriteria | | Skala Nilai |
|--------------------------------------|-----------|-------------|
| Penggunaan Kendaraan Bermotor (unit) | Deskripsi | |
| < 1000000 | Rendah | 1 |
| 1000001 – 2000000 | Sedang | 2 |
| > 2000000 | Tinggi | 3 |

d. Tutupan Lahan Terbangun

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka akan memengaruhi luasan lahan yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan dan aktivitas di suatu kota, seperti perkantoran, industri, perumahan, pertokoan, Gedung, dan jalan raya. Bertambahnya jumlah penduduk di suatu kota berbanding lurus dengan berkurangnya jumlah tutupan lahan yang beralih fungsi dari lahan luas terbuka menjadi lahan terbangun (Sendi Akhmad Al Mukmin, Arwan Putra Wijaya, 2019).

Tabel 3. 7 Sub Kriteria Tutupan Lahan Terbangun

| Sub Kriteria | | Skala Nilai |
|------------------------------|-----------|-------------|
| Persentase tutupan lahan(ha) | Deskripsi | |
| < 6000 | Rendah | 1 |
| 6001 – 15000 | Sedang | 2 |
| > 15000 | Tinggi | 3 |

3.2.3 Matriks Keputusan

Matriks keputusan untuk setiap alternatif dapat dibuat berdasarkan skala penilaian tingkat kepentingan tiap kriteria. Kriteria ditetapkan sebagai dasar matriks keputusan, dan skala penilaian tertentu digunakan untuk menilai setiap alternatif. Di bawah ini adalah data kriteria untuk masing-masing status UHI dan alternatif status UHI dalam *game*.

Tabel 3. 8 Tabel matriks keputusan

| A \ C | C1 | C2 | C3 | C4 |
|-------|----|----|----|----|
| A1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| A2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| A3 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| A4 | 1 | 3 | 2 | 1 |

3.2.4 Normalisasi Data

Setelah didapatkan nilai matriks keputusan, normalisasi dilakukan dengan membagi setiap kriteria dengan nilai maksimum pada kolom tersebut dengan menggunakan persamaan 2.1 sehingga diperoleh nilai persamaan sebagai berikut.

Tabel 3. 9 Tabel Normalisasi matriks keputusan

| A \ C | C1 | C2 | C3 | C4 |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| A1 | 0,333333 | 0,666667 | 0,333333 | 0,666667 |
| A2 | 1 | 0,333333 | 1 | 0,666667 |
| A3 | 0,666667 | 0,666667 | 0,666667 | 1 |
| A4 | 0,333333 | 1 | 0,666667 | 0,333333 |

3.2.5 Perangkingan Alternatif Terbaik

Dengan mengalikan setiap normalisasi dengan bobot kriteria yang sesuai, maka akan didapat nilai preferensi dari setiap alternatif. Kemudian dirangking nilai preferensi tertinggi yang nantinya akan menjadi pilihan untuk mitigasi UHI.

Tabel 3. 10 Tabel Perangkingan Alternatif

| A \ C | C1 | C2 | C3 | C4 | Total | Rangking |
|-------|--------|----------|--------|----------|----------|----------|
| A1 | 0,1736 | 0,180533 | 0,0486 | 0,041667 | 0,4444 | 4 |
| A2 | 0,5208 | 0,090267 | 0,1458 | 0,041667 | 0,798533 | 1 |
| A3 | 0,3472 | 0,180533 | 0,0972 | 0,0625 | 0,687433 | 2 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|----------|----------|----------|
| A | C1 | C2 | C3 | C4 | Total | Rangking |
| C | | | | | | |
| A4 | 0,1736 | 0,2708 | 0,0972 | 0,020833 | 0,562433 | 3 |

3.3 Rencana Pengujian Sistem

Untuk melaksanakan rencana uji coba, metode Simple Additive Weighting (SAW) diterapkan. Metode kuesioner Sistem Usability Scale (SUS) digunakan untuk mengumpulkan data dari populasi yang bermain game "Help The City". Pengujian usability digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan responden setelah pengujian, yang dilakukan dengan memberikan mereka tugas yang dilakukan dalam game "Help The City". Sistem Usability Scale (SUS) terdiri dari sepuluh instrumen pertanyaan sebagai berikut:

Tabel 3. 11 Instrumen Pengujian *System Usability Scale* (SUS)

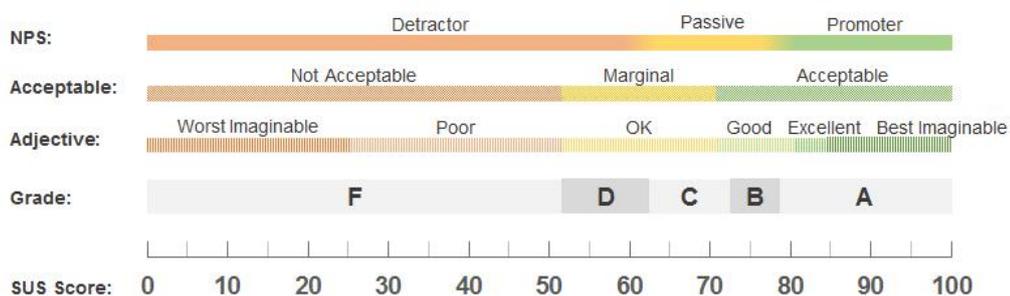
| No. | Pertanyaan |
|-----|---|
| 1 | Saya merasa <i>game</i> penentuan mitigasi <i>Urban Heat Island</i> dengan menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> ini mudah untuk dipelajari dan dimainkan. |
| 2 | Saya merasa <i>game</i> penentuan mitigasi <i>Urban Heat Island</i> dengan menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> ini membutuhkan banyak waktu untuk memahami cara kerja fitur mitigasi UHI dalam <i>game</i> ini. |
| 3 | Saya merasa tugas mitigasi UHI dalam <i>game</i> ini dapat diselesaikan dengan efisien. |
| 4 | Saya merasa <i>game</i> ini mengharuskan terlalu banyak langkah untuk menyelesaikan tugas mitigasi UHI. |
| 5 | Saya merasa fitur mitigasi UHI menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> dalam <i>game</i> ini terintegrasi dengan baik. |
| 6 | Saya merasa beberapa fitur mitigasi UHI menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> dalam <i>game</i> ini tampak tidak konsisten. |
| 7 | Saya merasa proses mengidentifikasi kesalahan dalam memilih strategi mitigasi UHI membantu saya memahami <i>game</i> lebih baik. |
| 8 | Saya merasa kesalahan yang saya buat saat menggunakan fitur mitigasi UHI menghambat progres dalam <i>game</i> . |
| 9 | Saya merasa pengalaman menggunakan <i>game</i> mitigasi UHI dengan metode <i>Simple Additive Weighting</i> ini memuaskan. |
| 10 | Saya merasa pengalaman menggunakan <i>game</i> mitigasi UHI dengan metode <i>Simple Additive Weighting</i> tidak memenuhi kebutuhan saya. |

Responden diberi pilihan dari skala 1 hingga 5 untuk menjawab pertanyaan berdasarkan seberapa banyak mereka setuju dengan setiap pernyataan terkait

aplikasi atau fitur yang diuji. Nilai 1 menunjukkan sangat tidak setuju, sedangkan nilai 5 menunjukkan sangat setuju dengan pernyataan tersebut.

Tabel 3.12 berisi kumpulan pertanyaan yang akan digunakan untuk mengukur tingkat usability metode Simple Additive Weighting (SAW) dengan menggunakan metode Sistem Usability Scale (SUS). Tabel ini sangat penting untuk proses pengujian karena pertanyaan-pertanyaannya dirancang untuk mengetahui sejauh mana metode SAW dapat memberikan pengalaman bermain yang luar biasa kepada pemain.

Selanjutnya, data dari kuesioner dikumpulkan pada langkah kedua. Selanjutnya, langkah ketiga adalah perhitungan skor. Nilai skor dari setiap jawaban pada kuesioner diperlukan untuk menghasilkan skor akhir dari Sistem Usability Scale (SUS). Setiap pertanyaan menghasilkan skor antara 0 dan 4. Pertanyaan 1, 3, 5, 7, dan 9 memiliki perhitungan skor yang mengurangi skor responden dengan angka tetap 1. Pertanyaan 2, 4, 6, 8, dan 10 menuntut pengurangan skor dari angka tetap 5 dengan skor yang dihasilkan dari jawaban pertanyaan.



Gambar 3.11 Parameter Nilai Total Skor Sistem *Usability Scale* (SUS)

Hasil uji SUS dibagi menjadi empat kuartil, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.11. Akan memiliki skor antara 70 dan 100 sebagai hasil pengujian yang

dianggap baik. Produk dengan skor di atas 70 pada Sistem Usability Scale (SUS) akan masuk dalam kuartil ketiga, yang menunjukkan bahwa produk tersebut memiliki tingkat usability yang baik. Produk dengan skor di atas 80 dianggap sebagai produk yang lebih unggul atau lebih baik lagi dari segi usability. Namun, produk dengan skor di bawah 60 pada kuartil pertama dianggap tidak dapat diterima dan dianggap memiliki tingkat usability yang rendah. Setelah perhitungan nilai skor selesai, uji coba berakhir dengan analisis hasil. Pada titik ini, analisis akan dilakukan dan kesimpulan akan dibuat mengenai tingkat usability yang diperoleh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Untuk menerapkan sistem, menu input kriteria bar digunakan, dan untuk mengetahui hasil mitigasi, tombol mitigasi ditekan. Metode Simple Additive Weighting (SAW) digunakan. Pada titik ini, perhitungan yang dilakukan pada bab sebelumnya akan diterapkan untuk memenuhi persyaratan. Selanjutnya, pemrograman akan dilakukan sesuai dengan desain yang telah dirancang.

4.1.1 Implementasi Perhitungan Metode

Perhitungan Simple Additive Weighting (SAW) akan dilakukan pada Unity dengan pemrograman C#. Nilai kriteria, juga dikenal sebagai input kriteria, dimasukkan sebagai langkah pertama. Nilai ini awalnya berasal dari data dasar dan kemudian dikonversi menjadi skala penilaian, yang kemudian diproses sebagai inputan. Selanjutnya, metode Rank Order Centroid (ROC) akan digunakan untuk menghitung berat setiap kriteria.

Pseudocode 4.1 bobot kriteria

```
double w1 = 0.5208; // bobot suhu permukaan
double w2 = 0.2708; // bobot kepadatan penduduk
double w3 = 0.1458; // bobot kendaraan bermotor
double w4 = 0.0625; // bobot tutupan lahan
```

Untuk pembobotannya saya menggunakan *Ms.Excel* untuk melakukan perhitungannya. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari *Rank Order Centroid* (ROC) maka selanjutnya akan di implementasikan di program C# di *Unity* yang ada

pada *Pseudocode* 4.1. Pada tabel (di bawah ini) merupakan hasil perhitungan dari *Rank Order Centroid* (ROC) yang dilakukan di *Ms.Excel*.

Tabel 4. 1 Pembobotan Rank Order Centroid (ROC)

| Kode Kriteria | Nama Kriteria | ROC | Bobot |
|---------------|-------------------------------|--|--------|
| C1 | Suhu Permukaan | $\frac{1}{4}(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})$ | 0.5208 |
| C2 | Kepadatan Penduduk | $\frac{1}{4}(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4})$ | 0.2708 |
| C3 | Penggunaan kendaraan bermotor | $\frac{1}{4}(\frac{1}{3} + \frac{1}{4})$ | 0.1458 |
| C4 | Tutupan Lahan Hijau | $\frac{1}{4}(\frac{1}{4})$ | 0.0625 |

4.1.1.1 Implementasi Perhitungan *Simple Additive Weighting* (SAW)

a. Pengumpulan Nilai *Input* Kriteria

Pseudocode 4. 2 *Input* Kriteria

```
// Ambil nilai input dari pengguna
double suhu = double.Parse(inputSuhu.text);
int kepadatan = int.Parse(inputKepadatan.text);
int kendaraan = int.Parse(inputKendaraan.text);
int tutupanLahan = int.Parse(inputTutupan.text);
```

Pseudocode pada bagian ini berfungsi untuk menciptakan nilai awal dari *inputan* yang diberikan pemain yang mana nilai yang sudah pemain *input* akan digunakan dalam proses matriks keputusan.

b. Mengonversi Skala kriteria

Pseudocode 4. 3 Konversi skala kriteria

```
// Konversi nilai ke skala 1-3
int scaleSuhu = ConvertSurfaceTemperature(suhu);
int scaleKepadatan = ConvertPopulationDensity(kepadatan);
int scaleKendaraan = ConvertVehicleUsage(kendaraan);
int scaleLahan = ConvertBuiltLandArea(tutupanLahan);
```

Pseudocode pada bagian ini merupakan bagian dari proses pembentukan matriks keputusan, di mana nilai-nilai awal yang di *input* oleh pemain akan dikonversi menjadi nilai skala dari 1-3.

c. Normalisasi Matriks Keputusan

Pseudocode 4. 4 Normalisasi Matriks Keputusan

```
// Buat array nilai kriteria yang telah dikonversi
double[] scores = { scaleSuhu, scaleKepadatan, scaleKendaraan, scaleLahan };
// Normalisasi data
double[] normalizedScores = NormalizeData(scores);
// Log hasil normalisasi
Debug.Log("Hasil Normalisasi:");
Debug.Log("Normalisasi Suhu Permukaan: " + normalizedScores[0]);
Debug.Log("Normalisasi Kepadatan Penduduk: " + normalizedScores[1]);
Debug.Log("Normalisasi Pengguna Kendaraan: " + normalizedScores[2]);
Debug.Log("Normalisasi Tutupan Lahan: " + normalizedScores[3]);
Debug.Log("=====");
```

Setelah nilai *input* kriteria dikonversi, *Pseudocode* 4. 4 akan melakukan proses normalisasi dengan melakukan perhitungan yang mana nilai dari setiap kriteria nantinya akan dibagi dengan nilai maksimal dari setiap kriteria. Pada *Pseudocode* 4. 5 menunjukan fungsi dari bagian *inputfield* yang mana setiap variasi nilai yang di berikan akan berpengaruh pada hasil mitigasinya. Untuk nilai yang dapat di *input* ada pada tabel 4.2 dan untuk hasil normalisasi dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut,

Tabel 4. 2 *Input* matriks keputusan

| A \ C | C1 | C2 | C3 | C4 |
|-------|----|----|----|----|
| A1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| A2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| A3 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| A4 | 1 | 3 | 2 | 1 |

Tabel 4. 3 Normalisasi matriks keputusan

| A \ C | C1 | C2 | C3 | C4 |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| A1 | 0,333333 | 0,666667 | 0,333333 | 0,666667 |
| A2 | 1 | 0,333333 | 1 | 0,666667 |
| A3 | 0,666667 | 0,666667 | 0,666667 | 1 |
| A4 | 0,333333 | 1 | 0,666667 | 0,333333 |

d. Pembobotan Matriks Ternormalisasi

Pseudocode 4. 6 Pembobotan Matriks Ternormalisasi

```
// Terapkan pembobotan matriks ternormalisasi
double[] weightedScores = {
    normalizedScores[0] * w1,
    normalizedScores[1] * w2,
    normalizedScores[2] * w3,
    normalizedScores[3] * w4
};
```

Pada *Pseudocode* 4.5 berfungsi untuk mengalikan nilai-nilai yang sudah dinormalisasi dengan bobot kriteria masing-masing, sesuai dengan metode SAW.

Untuk nilai hasil skor ternormalisasi dapat dilihat pada tabel 4. 4 berikut,

Tabel 4. 4 Skor normalisasi terbobot

| A \ C | C1 | C2 | C3 | C4 |
|-------|--------|----------|--------|----------|
| A1 | 0,1736 | 0,180533 | 0,0486 | 0,041667 |
| A2 | 0,5208 | 0,090267 | 0,1458 | 0,041667 |
| A3 | 0,3472 | 0,180533 | 0,0972 | 0,0625 |
| A4 | 0,1736 | 0,2708 | 0,0972 | 0,020833 |

e. Menentukan Peringkat Alternatif

Pseudocode 4. 7 Menentukan Peringkat Alternatif

```
// Menjumlahkan Skor Ternormalisasi
double totalScore = weightedScores.Sum();
```

Pseudocode 4.6 berfungsi untuk menghitung nilai akhir dari nilai normalisasi terbobot, terdapat fungsi ‘totalScore’ pada *Pseudocode* di atas yang berfungsi untuk menghitung nilai akhir dari tiap preferensi. Dari nilai akhir yang sudah dihitung maka kita dapat menentukan peringkat dari tiap preferensinya yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan mitigasi terbaik. Untuk hasil dari implementasi *Pseudocode* 4. 8 metode SAW dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut,

Tabel 4. 5 Hasil perankingan alternatif

| Kode | Nama Alternatif | Value | Rangking |
|------|--|----------|----------|
| A1 | Program Parkiran Hijau | 0,4444 | 4 |
| A2 | Program Penanaman Pohon di Sepanjang Jalan | 0,798533 | 1 |

| Kode | Nama Alternatif | Value | Rangking |
|------|---|----------|----------|
| A3 | Program Penanaman Pohon di Sekitar Gedung | 0,687433 | 2 |
| A4 | Penggunaan Material Reflektif | 0,562433 | 3 |

Uji coba *Pseudocode* menghasilkan kesimpulan alternatif tertinggi adalah A2 dengan nilai 0.798533, disusul dengan A3 dengan nilai 0.687433, A4 dengan nilai 0.562433 sementara nilai alternatif terendah adalah A1 dengan nilai 0.4444

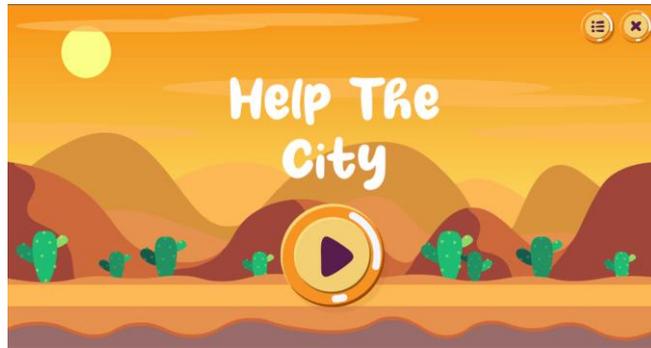
4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah implementasi kode selesai. Tahap ini meliputi uji coba *game* dan hasil uji coba metode SAW. *Game* di uji coba kepada pemain dengan tujuan agar sistem bekerja sesuai dengan fungsinya.

4.2.1 Uji Coba *Game*

Pada tahap uji coba, setelah pemain menekan tombol *play* maka selanjutnya pemain diharuskan mengisi *inputfield* dengan nilai kriteria yang sesuai dengan kondisi yang ada. Pemain juga disediakan opsi *custom* untuk bisa mengisi nilai kriteria sesukanya. Dari nilai yang diberikan dapat berpengaruh pada hasil rekomendasi mitigasi *Urban Heat Island*. Tampilan untuk menu *input* nilai kriteria dapat di lihat pada gambar 4.2 di bawah. Terdapat empat *InputField* yang terdiri dari kepadatan penduduk, pengguna kendaraan bermotor, tutupan lahan terbangun, dan suhu permukaan.

Setelah pemain mengisi *InputField* dan menekan tombol mitigasi, pemain akan diarahkan ke tampilan hasil mitigasi. Pada tampilan mitigasi tersebut akan menampilkan gambar dari mitigasi, nama mitigasi, dan deskripsi dari mitigasi tersebut. Berikut uji coba *game Help The City*.



Gambar 4. 1 Tampilan Main Menu

Gambar 4.2 Tampilan *Input* Kriteria

Pada Gambar 4.1 adalah tampilan awal Ketika pemain membuka *game Help The City*. Terdapat tombol *Start* di Tengah tampilan main menu, lalu ada tombol keluar di pojok kanan atas, dan tombol opsi di sebelah kiri tombol keluar. Pada Gambar 4.2 merupakan tampilan *input* kriteria di mana pemain dapat memasukkan nilai dari tiap kriteria yang diperlukan. Setiap *input* kriteria yang diberikan pemain akan dikonversikan ke dalam skala 1-3 oleh sistem yang telah di program.



Gambar 4. 3 Uji coba mitigasi program parkir hijau



Gambar 4. 4 Visualisasi mitigasi program parkir hijau

Dengan menggunakan *input* yang sesuai pada Tabel 4.2 dalam menu *input* kriteria, hasil alternatif terpilih menunjukkan bahwa mitigasi program parkir hijau merupakan solusi yang dipilih. Hal ini sesuai dengan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) berfokus pada pemilihan alternatif terbaik dari sekelompok alternatif yang tersedia. Dalam kasus ini, *input* pada Tabel 4.2 merujuk pada kriteria tertentu yang dianggap optimal atau mendekati solusi ideal dalam konteks mitigasi Urban Heat Island (UHI). Gambar 4.4 menampilkan hasil perhitungan SAW berdasarkan bobot yang diberikan pada setiap kriteria, yang menghasilkan terpilihnya mitigasi program parkir hijau.

Gambar 4.4 juga berfungsi sebagai visualisasi dari mitigasi program parkir hijau. Visualisasi ini dirancang agar pemain tidak hanya mengetahui hasil mitigasi berdasarkan kondisi tertentu tetapi juga memahami bentuk fisik mitigasi tersebut. Selain itu, pemain dapat berinteraksi langsung dengan objek hasil mitigasi. Misalnya, dalam Gambar 4.4, pemain dapat menjelajahi area parkir hijau dan menyiram rumput yang mulai menguning untuk mengembalikannya menjadi hijau.



Gambar 4. 5 Uji coba mitigasi penggunaan material reflektif



Gambar 4. 6 Visualisasi mitigasi penggunaan material reflektif

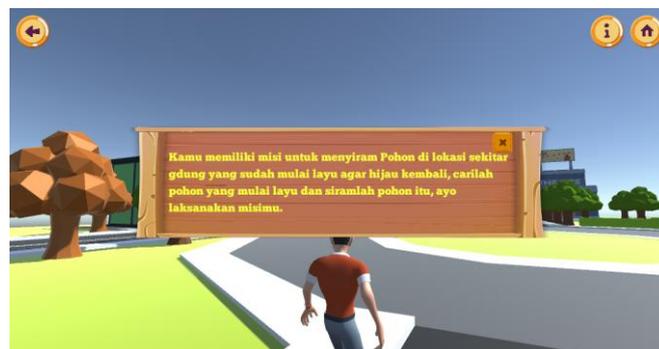
Dengan menggunakan *input* yang sesuai pada Tabel 4.2 dalam menu *input* kriteria, hasil alternatif terpilih menunjukkan bahwa mitigasi penggunaan material reflektif merupakan solusi yang dipilih. Hal ini sejalan dengan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Gambar 4.6 menampilkan hasil perhitungan metode SAW berdasarkan bobot yang diberikan pada setiap kriteria, yang menghasilkan terpilihnya mitigasi penggunaan material reflektif.

Gambar 4.6 berfungsi sebagai visualisasi dari mitigasi penggunaan material reflektif. Visualisasi ini dirancang agar pemain dapat mengetahui hasil mitigasi berdasarkan kondisi tertentu dan memahami bentuk fisik mitigasi tersebut. Selain itu, pemain dapat berinteraksi langsung dengan objek hasil mitigasi. Misalnya, dalam Gambar 4.6, pemain dapat menjelajahi area sekitar bangunan dan mengidentifikasi bangunan yang berwarna gelap. Warna gelap pada bangunan

cenderung menyerap lebih banyak radiasi matahari dibandingkan memantulkannya, sehingga menyebabkan suhu permukaan bangunan meningkat. Dalam konteks ini, pemain dapat mengganti warna bangunan dengan warna yang lebih cerah. Warna cerah memiliki kemampuan untuk memantulkan radiasi matahari, sehingga dapat membantu menurunkan suhu permukaan bangunan.



Gambar 4. 7 Uji coba mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung



Gambar 4. 8 Visualisasi mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung

Dengan menggunakan *input* yang sesuai pada Tabel 4.2 dalam menu *input* kriteria, hasil alternatif terpilih menunjukkan bahwa mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung merupakan solusi yang dipilih. Hal ini sejalan dengan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Gambar 4.8 menampilkan hasil perhitungan metode SAW berdasarkan bobot yang diberikan pada setiap kriteria, yang menghasilkan terpilihnya mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung.

Gambar 4.8 berfungsi sebagai visualisasi mitigasi penggunaan material reflektif. Visualisasi ini dirancang agar pemain dapat memahami hasil mitigasi berdasarkan kondisi tertentu sekaligus mengenali bentuk fisik dari mitigasi tersebut. Selain itu, pemain dapat berinteraksi langsung dengan objek hasil mitigasi. Misalnya, dalam Gambar 4.8, pemain dapat menjelajahi area sekitar gedung dan mengidentifikasi keberadaan tanaman di sekitarnya. Penanaman pohon di sekitar gedung memiliki pengaruh signifikan dalam mengurangi dampak fenomena Urban Heat Island (UHI), karena pohon dapat menyerap radiasi panas matahari melalui kanopinya serta memberikan keteduhan bagi area sekitar. Dalam konteks ini, pemain dapat mencari pohon yang mulai layu dan menyiramnya agar pohon tersebut kembali hijau dan segar.



Gambar 4. 9 Uji coba mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan



Gambar 4. 10 Visualisasi mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan

Dengan menggunakan *input* yang sesuai pada Tabel 4.2 dalam menu *input* kriteria, hasil alternatif terpilih menunjukkan bahwa mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan merupakan solusi yang dipilih. Hal ini sejalan dengan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Gambar 4.10 menampilkan hasil perhitungan metode SAW berdasarkan bobot yang diberikan pada setiap kriteria, yang menghasilkan terpilihnya mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan.

Gambar 4.10 berfungsi sebagai visualisasi mitigasi penggunaan material reflektif. Visualisasi ini dirancang agar pemain dapat memahami hasil mitigasi berdasarkan kondisi tertentu sekaligus mengenali bentuk fisik dari mitigasi tersebut. Selain itu, pemain dapat berinteraksi langsung dengan objek hasil mitigasi. Misalnya, dalam Gambar 4.10, pemain dapat menjelajahi area sekitar jalan raya dan mengidentifikasi keberadaan tanaman di sekitarnya. Penanaman pohon di sekitar jalan memiliki pengaruh signifikan dalam mengurangi dampak fenomena Urban Heat Island (UHI), karena pohon dapat menyerap radiasi panas matahari melalui kanopinya serta memberikan keteduhan bagi area sekitar. Dalam konteks ini, pemain dapat menanam pohon dipinggir jalan di lahan yang telah ditentukan.

4.2.2 Hasil Uji Coba Metode SAW

Implementasi metode *Simple Additive Weighting* (SAW) pada *game Help The City* dibuat dengan perhitungan yang dilakukan langsung di Unity pada pemrograman *C# script*.

Saat pemain memasukkan nilai kriteria pada *input* kriteria (gambar 4.2) dan pemain menekan tombol mitigasi maka semua *input* kriteria akan dihitung

menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan akan muncul hasil mitigasinya.

Pada tabel 4.6 merupakan nilai dari tiap *inputan* kriteria, nilai akhir perhitungan (*Value*) dan status mitigasi yang terpilih. Untuk alternatif tertinggi terdapat pada mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan yang memiliki nilai preferensi 0.9999 yang mana mitigasi ini terpilih karena terdapat kepadatan penduduk yang tinggi, pengguna kendaraan bermotor yang sangat banyak, luas tutupan lahan terbangun yang sangat banyak, dan suhu permukaan yang tinggi juga. Untuk alternatif terendah terdapat pada program parkir hijau yang memiliki nilai preferensi 0.3333 yang menandakan bahwa kepadatan penduduknya rendah, pengguna kendaraan bermotor yang tidak begitu banyak, luas tutupan lahan terbangun juga sedikit, dan suhu permukaan yang cukup rendah.

Tabel 4. 6 Tabel Percobaan Tiap *Input* Kriteria

| No | C1 | C2 | C3 | C4 | Value | Mitigasi |
|----|----|----|----|----|----------|----------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3333 | Program Parkir Hijau |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0,354133 | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0,374967 | |
| 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0,3819 | |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0,402733 | |
| 6 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0,423567 | |
| 7 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0,4305 | |
| 8 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0,451333 | |
| 9 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0,472167 | |
| 10 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0,423567 | |
| 11 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0,4444 | |
| 12 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0,465233 | |
| 13 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0,472167 | |
| 14 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0,493 | |
| 15 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0,513833 | |
| 16 | 1 | 2 | 3 | 1 | 0,520767 | |
| 17 | 1 | 2 | 3 | 2 | 0,5416 | |
| 18 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0,562433 | |
| 19 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0,513833 | |
| 20 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0,534667 | |
| 21 | 1 | 3 | 1 | 3 | 0,5555 | |
| 22 | 1 | 3 | 2 | 1 | 0,562433 | |
| 23 | 1 | 3 | 2 | 2 | 0,583267 | |
| 24 | 1 | 3 | 2 | 3 | 0,6041 | |

| | | | | | | |
|----|---|---|---|---|----------|--|
| 78 | 3 | 3 | 2 | 3 | 0,9513 | |
| 79 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0,958233 | |
| 80 | 3 | 3 | 3 | 2 | 0,979067 | |
| 81 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,9999 | |

Pada tabel 4.1 terdapat 81 *input* atau uji coba kemungkinan dengan nilai atau *value* yang berbeda. Terdapat 20 *input* untuk mitigasi program parkir hijau, 20 *inputan* untuk mitigasi penggunaan material reflektif, 20 *inputan* untuk mitigasi Penanaman pohon di sekitar Gedung, dan 21 *inputan* untuk mitigasi Penanaman Pohon Di Sepanjang Jalan.

4.3 Pengujian *Usability*

Pengujian *usability* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana *game Help The City* dapat digunakan secara efektif oleh pemain. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi masalah atau kesulitan yang mungkin dihadapi pemain dalam memahami dan menggunakan fitur *game*, serta meningkatkan pengalaman bermain agar lebih optimal . Pengujian ini mengacu pada lima komponen *usability* yang relevan, yaitu:

- a. Kemampuan Belajar (*Learnability*), mengukur seberapa cepat pemain dapat memahami dan menguasai fitur mitigasi *Urban Heat Island* dalam *game*
- b. Efisiensi (*Efficiency*), mengukur sejauh mana pemain dapat menyelesaikan tugas-tugas mitigasi *Urban Heat Island* dengan cepat dan efisien
- c. Integrasi Fitur (*integration*), mengukur sejauh mana fitur mitigasi *Urban Heat Island* terhubung dan berfungsi secara konsisten dengan elemen lain dalam *game* untuk memberikan pengalaman bermain yang mulus.

- d. Kesalahan (Error), mengidentifikasi jenis-jenis kesalahan yang sering terjadi dalam penggunaan fitur mitigasi *Urban Heat Island* serta dampak terhadap pengalaman bermain pemain.
- e. Kepuasan (Satisfaction), mengukur tingkat kepuasan pemain terhadap fitur mitigasi *Urban Heat Island*, termasuk sejauh mana fitur tersebut memenuhi kebutuhan dan harapan mereka.

Tabel 4. 7 Pertanyaan untuk responden

| No. | Pertanyaan | Usability | Tipe Pertanyaan |
|-----|---|---------------------|-----------------|
| 1 | Saya merasa <i>game</i> penentuan mitigasi <i>Urban Heat Island</i> dengan menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> ini mudah untuk dipelajari dan dimainkan. | <i>Learnability</i> | Positif |
| 2 | Saya merasa <i>game</i> penentuan mitigasi <i>Urban Heat Island</i> dengan menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> ini membutuhkan banyak waktu untuk memahami cara kerja fitur mitigasi UHI dalam <i>game</i> ini. | <i>Learnability</i> | Negatif |
| 3 | Saya merasa tugas mitigasi UHI dalam <i>game</i> ini dapat diselesaikan dengan efisien. | <i>Efficiency</i> | Positif |
| 4 | Saya merasa <i>game</i> ini mengharuskan terlalu banyak langkah untuk menyelesaikan tugas mitigasi UHI. | <i>Efficiency</i> | Negatif |
| 5 | Saya merasa fitur mitigasi UHI menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> dalam <i>game</i> ini terintegrasi dengan baik. | <i>integration</i> | Positif |
| 6 | Saya merasa beberapa fitur mitigasi UHI menggunakan metode <i>Simple Additive Weighting</i> dalam <i>game</i> ini tampak tidak konsisten. | <i>integration</i> | Negatif |
| 7 | Saya merasa proses mengidentifikasi kesalahan dalam memilih strategi mitigasi UHI membantu saya memahami <i>game</i> lebih baik. | <i>Error</i> | Positif |
| 8 | Saya merasa kesalahan yang saya buat saat menggunakan fitur mitigasi UHI menghambat progres dalam <i>game</i> . | <i>Error</i> | Negatif |
| 9 | Saya merasa pengalaman menggunakan <i>game</i> mitigasi UHI dengan metode <i>Simple Additive Weighting</i> ini memuaskan. | <i>Satisfaction</i> | Positif |
| 10 | Saya merasa pengalaman menggunakan <i>game</i> mitigasi UHI dengan metode <i>Simple Additive Weighting</i> tidak memenuhi kebutuhan saya. | <i>Satisfaction</i> | Negatif |

4.3.1 Analisa *Usability*

Analisa *usability* dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana fitur-fitur dalam *game Help The City* memenuhi kebutuhan pengguna, mudah digunakan, serta memberikan pengalaman yang menarik dan efektif. Penilaian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang dapat ditingkatkan, seperti kemudahan belajar (*Learnability*), efisiensi penggunaan (*Efficiency*), integrasi fitur (*integration*), penanganan kesalahan (*Error*), dan tingkat kepuasan pengguna (*Satisfaction*).

Pertanyaan dengan hasil positif ditempatkan pada urutan ganjil, sedangkan pertanyaan dengan hasil negatif ditempatkan pada urutan genap dalam pengujian *usability* yang menggunakan Sistem Usability Scale (SUS). Skor untuk pertanyaan ganjil dan genap dihitung dengan mengurangkan poin maksimal dari responden. Untuk pertanyaan ganjil, skor dihitung dengan mengurangkan poin maksimal dari responden. Selanjutnya, hasil perhitungan dikalikan dengan 2,5. Hasil perkalian ini merupakan skor akhir dari skala kemudahan sistem (SUS).

Pengujian *usability* menggunakan pendekatan *System Usability Scale* (SUS) yang melibatkan sejumlah pertanyaan terstandar untuk mendapatkan data kuantitatif terkait pengalaman pengguna. Data ini akan membantu memahami apakah fitur-fitur *game*, termasuk strategi mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) berbasis metode *Simple Additive Weighting* (SAW), telah dirancang dengan baik dan dapat mendukung tujuan pembelajaran dan *gameplay* secara optimal.

Pada tahapan pengujian *usability* kuesioner diajukan pada 35 responden dengan menggunakan skala penilaian pada tabel 4.8 yaitu skala 1 – 5. Skala

tersebut memungkinkan para responden memberikan respons berdasarkan tingkat kepuasan atau efektivitas sistem penentuan mitigasi.

Tabel 4. 8 Skala penilaian *usability*

| Status | Skala |
|---------------------|-------|
| Sangat tidak setuju | 1 |
| Tidak setuju | 2 |
| Netral | 3 |
| Setuju | 4 |
| Sangat setuju | 5 |

Setelah mengumpulkan data dari responden, proses perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aturan di bawah:

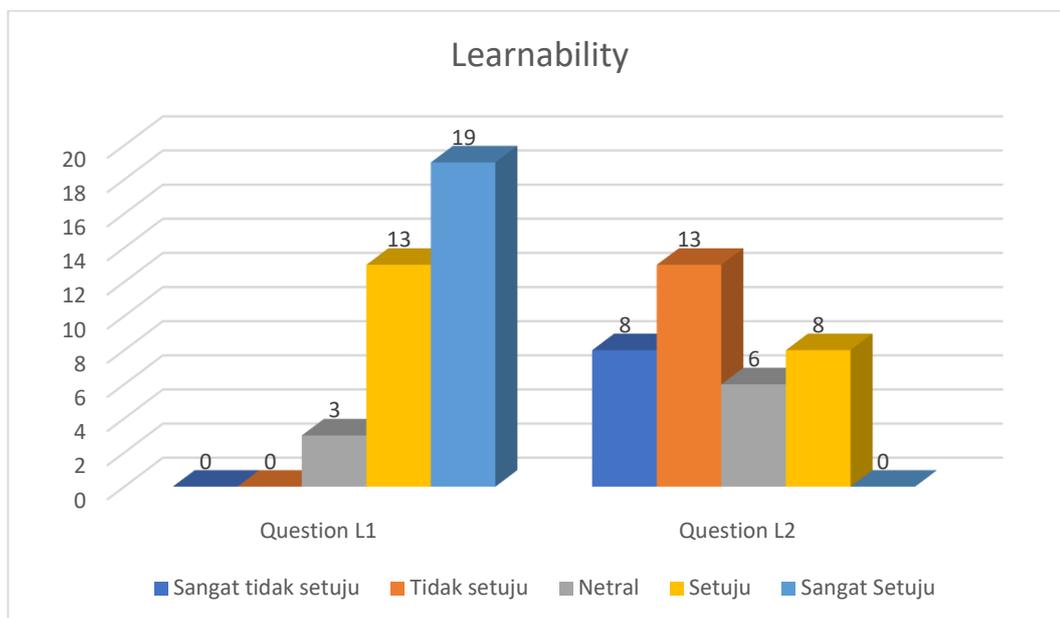
1. Pada pertanyaan bernomor ganjil, skor setiap pertanyaan dikurangi 1 dari skor pengguna
2. Pada pertanyaan bernomor genap, skor akhir diperoleh dengan mengurangi nilai 5 dari skor pengguna.
3. Skor SUS diperoleh dari hasil penjumlahan semua skor setiap pertanyaan yang kemudian dikali 2,5.

Aturan di atas diterapkan pada setiap responden. Selanjutnya, skor SUS dihitung dengan mengambil skor rata-rata dari semua responden dan kemudian dibagi dengan jumlah responden. Untuk menghitung skor SUS, rumus 4.1 digunakan.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4.1)$$

Di mana \bar{x} = Skor rata-rata, $\sum x$ = Jumlah skor SUS, n = Jumlah responden.

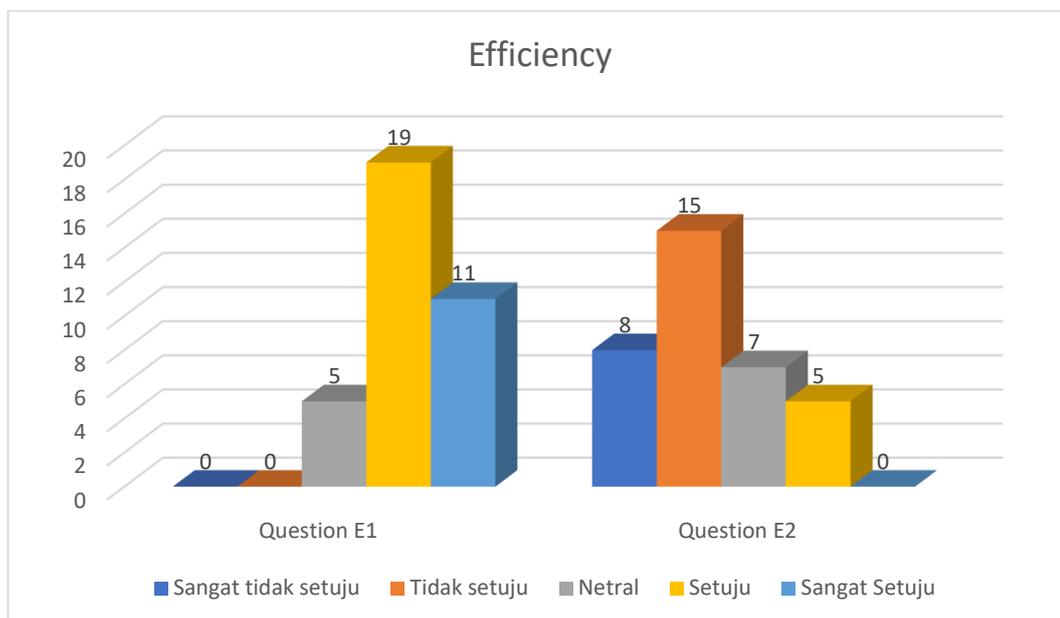
Berikut ini merupakan hasil uji coba SUS yang akan diberikan kepada 35 responden



Gambar 4. 11 Grafik nilai Learnability

Menurut hasil survei tentang aspek learnability pada Gambar 4.11, kode soal L1 berkaitan dengan rasa ingin bermain game, 19 responden menyatakan sangat setuju, 13 menyatakan setuju, dan 3 menyatakan netral. Game ini sangat sederhana untuk dipelajari dan dimainkan.

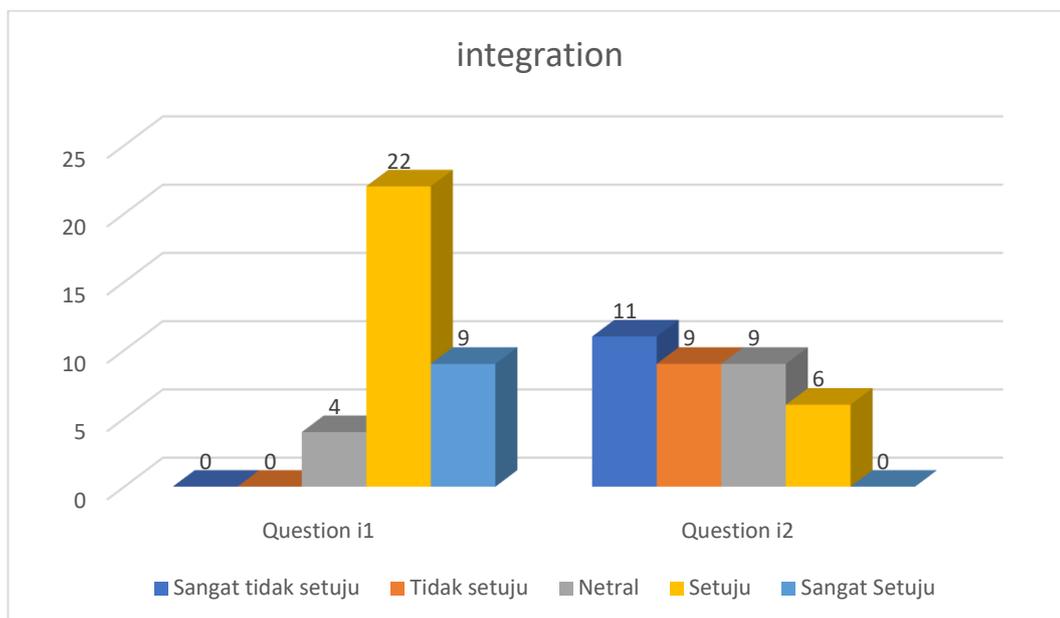
Pada kode soal L2 terkait pada bagian *game* yang membutuhkan banyak waktu untuk memahaminya, sebanyak 8 responden merasa sangat tidak setuju, 13 responden merasa tidak setuju, 6 responden merasa netral, 8 responden merasa setuju. Hal ini menandakan *game* mudah di pelajari untuk dimainkan walaupun masih terdapat responden yang merasa membutuhkan banyak waktu untuk memahami cara kerja walau hanya terdapat 8 responden yang merasa setuju.



Gambar 4. 12 Grafik nilai Efficiency

Menurut hasil survei tentang aspek *Efficiency* pada Gambar 4.12, kode soal E1 berkaitan dengan tugas mitigasi UHI yang didapat dapat diselesaikan dengan efisien, 11 responden menyatakan sangat setuju, 19 menyatakan setuju, dan 5 menyatakan netral. Game ini dapat memberikan informasi yang berguna terkait mitigasi UHI.

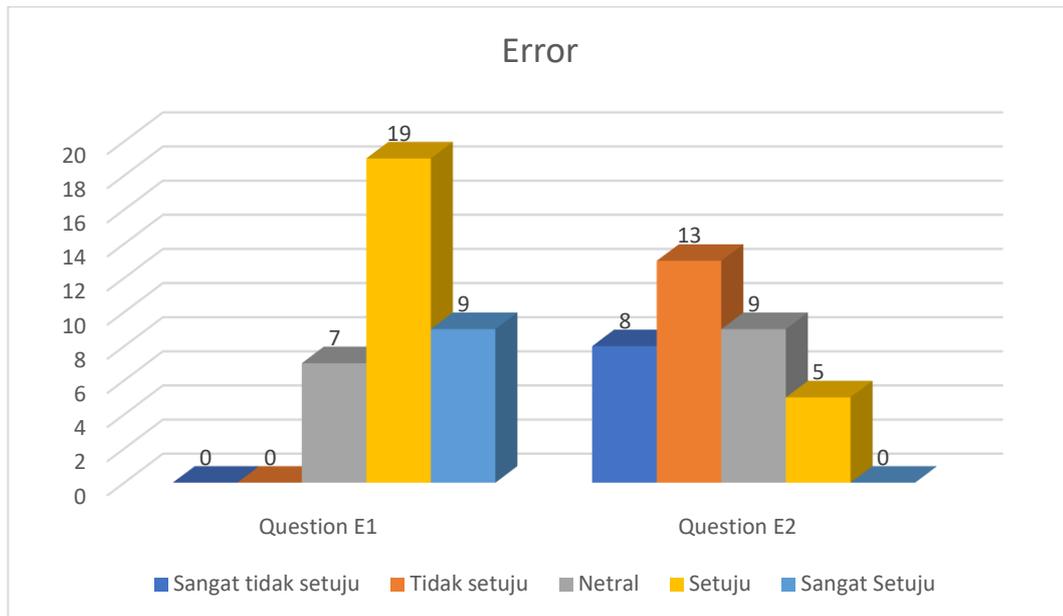
Pada kode soal E2 terkait pada bagian *game* yang membutuhkan banyak langkah dalam menyelesaikan tugas mitigasi UHI, sebanyak 8 responden merasa sangat tidak setuju, sebanyak 15 responden merasa tidak setuju, 7 responden merasa netral, dan 5 responden merasa setuju. Hal ini menandakan fitur dalam *game* sudah cukup efisien walaupun masih terdapat responden yang merasa terlalu banyak langkah dalam menyelesaikan tugas mitigasi *game* ini, walau hanya terdapat 5 responden yang merasa setuju.



Gambar 4. 13 Grafik nilai Integration

Menurut hasil survei tentang aspek *Integration* pada Gambar 4.13, kode soal i1 mengenai integrasi fitur *game* mitigasi *Urban Heat Island* (UHI), sebanyak 9 responden merasa sangat setuju, 22 responden menyatakan setuju, dan 4 responden menyatakan netral. Artinya *game* ini dapat memberikan informasi yang berguna terkait mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) dan tiap fitur dalam *game* sudah dapat terintegrasi dengan baik.

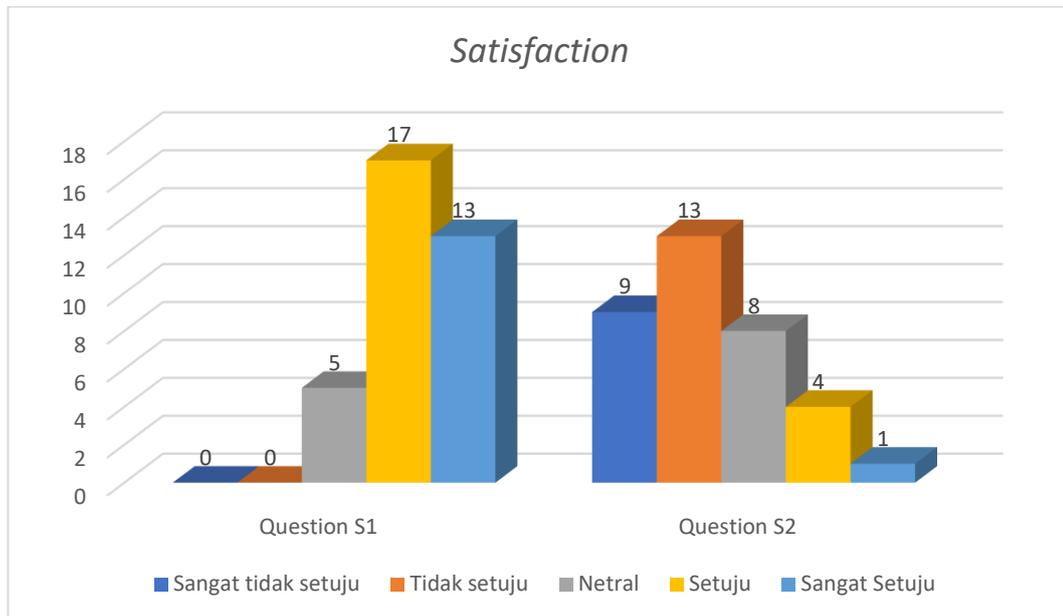
Pada kode soal E2 terkait integrasi fitur *game* mitigasi *Urban Heat Island* (UHI), sebanyak 11 responden menyatakan sangat tidak setuju, sebanyak 9 responden menyatakan tidak setuju, 9 responden menyatakan netral, dan 6 responden menyatakan setuju. Hal ini menandakan fitur dalam *game* sudah dapat terintegrasi dengan baik walaupun masih terdapat responden yang merasa ada fitur dalam *game* yang tampak tidak konsisten, walau hanya terdapat 6 responden yang merasa setuju.



Gambar 4. 14 Grafik nilai *Error*

Menurut hasil survei tentang aspek *Error* pada Gambar 4.14, kode soal E1 mengenai proses mengidentifikasi kesalahan dalam memilih strategi mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) dalam membantu responden memahami *game* lebih baik, sebanyak 9 responden menyatakan sangat setuju, 19 responden menyatakan setuju, dan 7 responden menyatakan netral. Artinya *game* ini dapat memberikan informasi yang berguna terkait mitigasi *Urban Heat Island* (UHI).

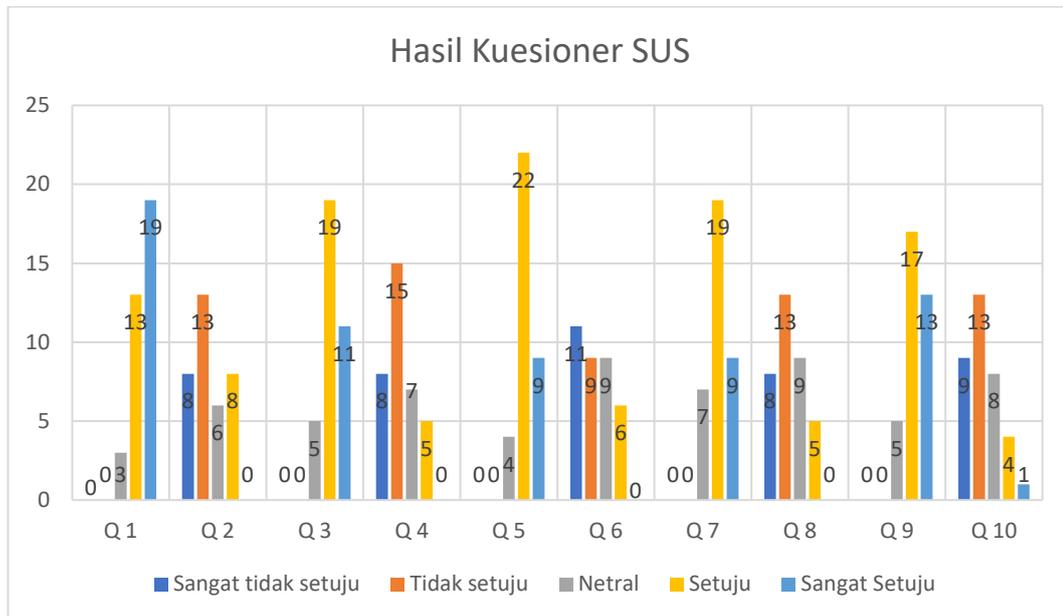
Pada kode soal i2 terkait proses mengidentifikasi kesalahan dalam memilih strategi mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) dalam membantu responden memahami *game* lebih baik, sebanyak 8 responden merasa sangat tidak setuju, sebanyak 13 responden merasa tidak setuju, 9 responden merasa netral, dan 5 responden merasa setuju. Hal ini menandakan bahwa pada *game* ini tidak terdapat fitur yang menghambat progres jalannya *game*.



Gambar 4. 15 Grafik nilai *Satisfaction*

Menurut hasil survei tentang aspek *Error* pada Gambar 4.14, kode soal E1 mengenai pengalaman menggunakan fitur mitigasi UHI dalam *game*, sebanyak 13 responden menyatakan sangat setuju, 17 responden menyatakan setuju, dan 5 responden menyatakan netral. Artinya *game* ini dapat memberikan informasi yang berguna terkait mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) dan pengalaman yang memuaskan.

Pada kode soal S2 terkait pengalaman menggunakan fitur mitigasi UHI dalam *game*, sebanyak 9 responden menyatakan sangat tidak setuju, sebanyak 13 responden menyatakan tidak setuju, sebanyak 8 responden menyatakan netral, 4 responden merasa setuju, dan 1 responden menyatakan sangat setuju. Hal ini menandakan bahwa fitur mitigasi pada *game* sudah dapat memenuhi kebutuhan pemain.



Gambar 4. 16 Grafik hasil kuesioner SUS

Beberapa masalah yang terjadi dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebagai berikut:

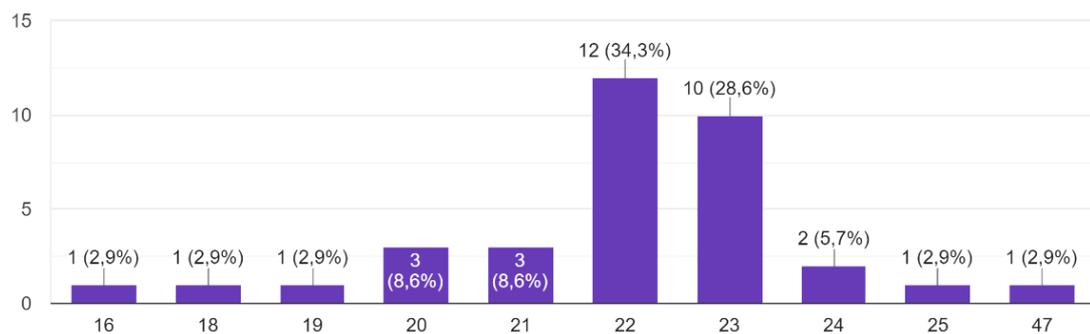
1. Terdapat 8 responden pada pertanyaan ke-2 yang beranggapan bahwa membutuhkan banyak waktu untuk memahami cara kerja fitur mitigasi UHI.
2. Terdapat 5 responden pada pertanyaan ke-4 yang beranggapan bahwa terlalu banyak langkah untuk menyelesaikan tugas mitigasi UHI.
3. Terdapat 6 responden pada pertanyaan ke-6 yang beranggapan bahwa beberapa fitur dalam game ini tampak tidak konsisten.
4. Terdapat 5 responden pada pertanyaan ke-8 yang beranggapan bahwa kesalahan yang saya buat saat menggunakan fitur mitigasi UHI menghambat progres dalam game.
5. Terdapat 4 responden pada pertanyaan ke-10 yang beranggapan bahwa fitur mitigasi UHI dalam game ini tidak memenuhi kebutuhan responden.

4.3.2 Analisa Demografi

Analisa demografis dilakukan untuk memahami karakteristik responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini. Informasi demografis membantu memberikan konteks terhadap hasil pengujian *usability* dan kuesioner yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan terhadap 35 responden dengan rentang usia 16 - 47 tahun. Data demografis juga mengungkapkan variasi yang signifikan dalam latar belakang pengalaman, tingkat pengetahuan, dan pengalaman memainkan *game* pada masing-masing responden.

Dari total 35 responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini, mayoritas berada pada rentang usia 22 tahun, dengan jumlah sebanyak 12 responden (34,3%). Rentang usia 23 tahun berada di posisi kedua dengan 10 responden (28,6%), diikuti oleh usia 20 dan 21 tahun masing-masing sebanyak 3 responden (8,6%), lalu usia 24 tahun sebanyak 2 responden (5,7%), lalu usia lainnya, seperti 16, 18, 19, 20, 21, 25, dan 47 tahun, masing-masing memiliki jumlah responden sebanyak 1 orang (2,9%). Hasil ini dapat dilihat pada gambar 4.17.

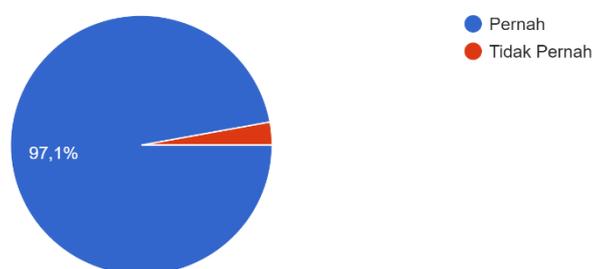
Usia Responden
35 jawaban



Gambar 4. 17 Usia responden

Berdasarkan data responden pada kuesioner pengalaman bermain *game*, sebanyak 34 responden (97,1%) menyatakan bahwa mereka pernah bermain *game* dan hanya ada 1 responden (2,9%) yang menyatakan tidak pernah bermain *game*. Hasil ini dapat dilihat pada gambar 4.18.

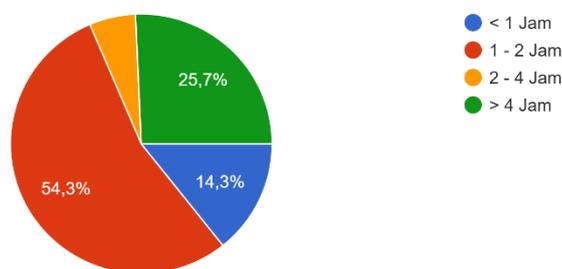
Apakah responden pernah bermain game sebelumnya
35 jawaban



Gambar 4. 18 Pengalaman bermain *game* responden

Berdasarkan data dari 35 responden, lama waktu yang dihabiskan untuk bermain *game* dalam satu hari bervariasi. Sebagian besar responden menghabiskan waktu bermain *game* selama 1-2 jam per hari (54,3%), yang menunjukkan proporsi terbesar. Di urutan kedua terdapat responden yang bermain *game* lebih dari 4 jam per hari (25,7%). Di urutan ketiga terdapat responden yang bermain *game* kurang dari 1 jam per hari (14,3%) dan urutan keempat terdapat responden yang bermain *game* selama 2-4 jam per hari (5,7%). Hasil ini dapat dilihat pada gambar 4.18.

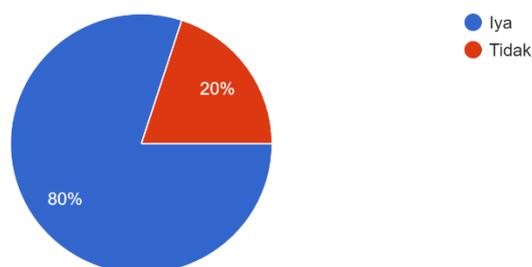
Berapa lama waktu yang dihabiskan oleh responden untuk bermain game dalam satu hari
35 jawaban



Gambar 4. 19 Lama waktu bermain game dalam satu hari responden

Dalam kaitannya dengan penelitian mengenai *Urban Heat Island* (UHI), responden diberikan pertanyaan mengenai persepsi mereka terhadap peningkatan suhu panas di wilayah tempat tinggal masing-masing. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa mayoritas responden, sebanyak 80%, merasakan adanya peningkatan suhu panas di lingkungan tempat tinggal mereka. Sebaliknya, sebanyak 20% responden menyatakan tidak merasakan adanya peningkatan suhu panas. Data ini mencerminkan bahwa sebagian besar responden menyadari fenomena suhu panas yang meningkat. Hasil ini dapat dilihat pada gambar 4.19.

Apakah responden merasakan bahwa suhu panas di wilayah tempat tinggalnya mengalami peningkatan
35 jawaban



Gambar 4. 20 peningkatan suhu panas di wilayah tempat tinggal responden

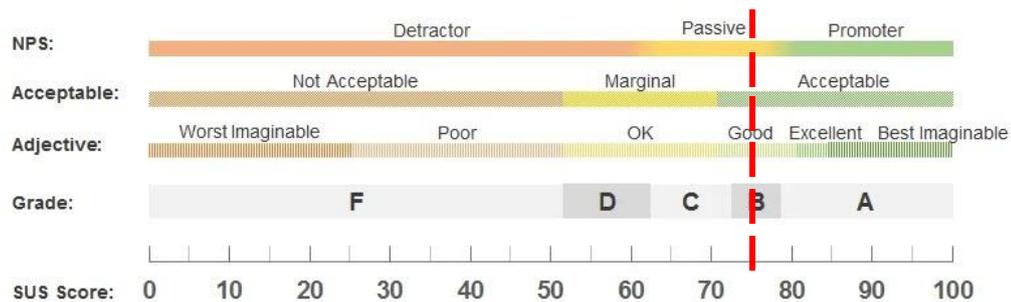
4.3.3 Skor *System Usability Scale* (SUS)

Tahap pengujian *usability* pada 35 responden dengan menggunakan skala penilaian 1 – 5 yang mengacu pada tabel 4.9. Hasil dari perhitungan dari para responden dalam menguji tingkat *usability* metode *Simple Additive Weighting* (SAW) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Pengukuran *usability*

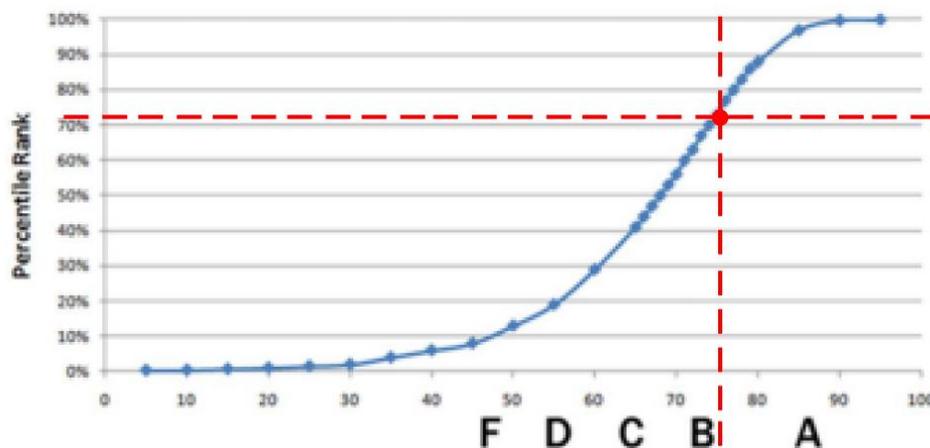
| NO | Skor Hasil Hitung SUS | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (Jumlah x 2,5) |
|-------------------------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--------|----------------------------|
| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | | |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 30 | 75 |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 4 | 3 | 3 | 3 | 32 | 80 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 33 | 82,5 |
| 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 29 | 72,5 |
| 7 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 27 | 67,5 |
| 8 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 0 | 21 | 52,5 |
| 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| 10 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 25 | 62,5 |
| 11 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 21 | 52,5 |
| 12 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| 13 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| 14 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 30 | 75 |
| 15 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 20 | 50 |
| 16 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 34 | 85 |
| 17 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 27 | 67,5 |
| 18 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 26 | 65 |
| 19 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 32 | 80 |
| 20 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 29 | 72,5 |
| 21 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 35 | 87,5 |
| 22 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 100 |
| 23 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 35 | 87,5 |
| 24 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 18 | 45 |
| 25 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 22 | 55 |
| 26 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 24 | 60 |
| 27 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 30 | 75 |
| 28 | 4 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 25 | 62,5 |
| 29 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 31 | 77,5 |
| 30 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 23 | 57,5 |
| 31 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 25 | 62,5 |
| 32 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 17 | 42,5 |
| 33 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 31 | 77,5 |
| 34 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 33 | 82,5 |
| 35 | 4 | 1 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 29 | 72,5 |
| Rata-rata Skor (Hasil Akhir) | | | | | | | | | | | | 73,85 |

Berdasarkan tabel 4.9 terdapat 35 responden dan sudah dilakukan perhitungan sesuai dengan metode *System Usability Scale* (SUS) untuk hasil perhitungan skor dari setiap responden mendapatkan nilai rata-rata skor sebesar 73,85.



Gambar 4. 21 Hasil skor SUS

Dengan menggunakan grafik kurva Sauro pada gambar 4.22 di bawah, diperoleh peringkat persentil hasil SUS berada di peringkat 72%.



Gambar 4. 22 Nilai persentil hasil skor SUS

Setelah perhitungan skor rata-rata dilakukan, didapatkan hasil menurut gambar 4.21 sebagai berikut:

1. Hasil akhir skor berdasarkan skala nilai termasuk ke dalam *grade B*, dikarenakan skor SUS-nya sebesar 73,85 dengan peringkat persentil berada di kisaran 72%.
2. Hasil akhir skor didapatkan berdasarkan skala penerimaan, *game* yang dibuat termasuk ke dalam kategori *Acceptable*, yang mana *game Help The City* ini dapat diterima secara umum oleh masyarakat.
3. Hasil akhir skor berdasarkan skala peringkat, *game* yang dibuat termasuk kategori *Good*.
4. Berdasarkan hasil skor akhir untuk NPS, hasilnya adalah *Passive*, dalam artian bahwa pengguna dari *game Help The City* ini tidak dalam kondisi menolak atau tidak mau menggunakan *game* ini.

Tabel 4. 10 Hasil skor SUS

| <i>Grade</i> | <i>SUS</i> | <i>Percentil Range</i> | <i>Adjective</i> | <i>Acceptable</i> | <i>NPS</i> |
|--------------|------------|------------------------|------------------|-------------------|----------------|
| <i>B</i> | 73,85 | 70-79 | <i>Good</i> | <i>Acceptable</i> | <i>Passive</i> |

Dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa keseluruhan aspek *usability* dapat diterima oleh pemain. Artinya fitur penentuan mitigasi UHI menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) memenuhi aspek kemampuan belajar (*learnability*), efisiensi (*efficiency*), integrasi fitur (*integration*), kesalahan (*error*), dan kepuasan (*satisfaction*). Dapat ditarik kesimpulan bahwa sebagian besar pemain merasa cukup puas dengan apa yang disajikan *game Help The City* ini.

4.4 Integrasi Sains Dalam Islam

Integrasi sains dalam Islam mencerminkan harmoni antara ilmu pengetahuan dan nilai-nilai agama yang saling melengkapi. Dalam penerapannya,

integrasi ini mencakup berbagai aspek kehidupan, seperti hubungan manusia dengan Allah (Muamalah Ma'Allah), Hubungan Dengan Sesama Manusia (Muamalah Ma'Annas), dan Hubungan Dengan Alam (Muamalah Ma'Alam), yang menjadi landasan utama dalam membangun kesadaran spiritual melalui ilmu pengetahuan.

4.4.1 Muamalah Ma'Allah (Hubungan Dengan Allah)

Dalam Al-Qur'an Allah Subhanahu Wata'ala mengingatkan kepada Manusia tentang larangan berbuat kerusakan di bumi, pada QS. Al-Baqarah: 205, Allah Subhanahu Wata'ala berfirman,

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 Jalalayn, (Dan apabila ia berbalik dari hadapanmu), ia berjalan di bumi untuk membuat kerusakan padanya dan membinasakan ternak dan tanaman, untuk menyebutkan beberapa jenis kerusakan itu, karena Allah tidak menyukai kerusakan, yang berarti Dia tidak senang dengannya.

Hadis terkait, Rasulullah Shallallahu'alaihi Wasallam bersabda:

مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا إِلَّا كَانَ مَا أَكَلَ مِنْهُ لَهُ صَدَقَةٌ

“Tidaklah seorang muslim menanam tanaman melainkan apa yang dimakan dari tanaman tersebut akan menjadi sedekah baginya.” (HR. Muslim, no. 1552).

4.4.2 Muamalah Ma'Annas (Hubungan Dengan Sesama Manusia)

Dalam Al-Qur'an Allah Subhanahu Wata'ala menyampaikan ajakan untuk tolong-menolong dalam mengerjakan kebaikan, pada QS. Al-Ma'idah: 2, Allah Subhanahu Wata'ala berfirman,

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا لَا تَحْلُوا شَعَائِرَ اللَّهِ وَلَا الشَّهْرَ الْحَرَامَ وَلَا الْهَدْيَ وَلَا الْقَلَائِدَ وَلَا آمِينَ الْبَيْتِ الْحَرَامِ يَبْتَغُونَ فَضْلًا
مِّن رَّبِّهِمْ وَرِضْوَانًا وَإِذَا حَلَلْتُمْ فَاصْطَادُوا وَلَا يَجْرِمَنَّكُمْ شَنَا نُ قَوْمٍ أَن صَدُّوكُمْ عَنِ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ أَن تَعْتَدُوا
وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَىٰ وَلَا تَعَاوَنُوا عَلَى الْإِثْمِ وَالْعُدْوَانِ وَاتَّقُوا اللَّهَ إِنَّ اللَّهَ شَدِيدُ الْعِقَابِ

“Wahai orang-orang yang beriman, janganlah kamu melanggar syiar-syiar (kesucian) Allah, jangan (melanggar kehormatan) bulan-bulan haram, jangan (mengganggu) hadyu (hewan-hewan kurban) dan qalā'id (hewan-hewan kurban yang diberi tanda), dan jangan (pula mengganggu) para pengunjung Baitulharam sedangkan mereka mencari karunia dan rida Tuhannya! Apabila kamu telah bertahalul (menyelesaikan ihram), berburulah (jika mau). Janganlah sekali-kali kebencian(-mu) kepada suatu kaum, karena mereka menghalang-halangimu dari Masjidilharam, mendorongmu berbuat melampaui batas (kepada mereka). Tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan permusuhan. Bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah sangat berat siksaan-Nya.” (QS. Al Ma'idah: 2)

Wahai orang-orang yang beriman, jangan melanggar simbol-simbol agama Allah, yaitu berbagai tanda atau upacara yang menjadi bagian dari ibadah kepada-Nya, seperti berburu di saat ihram. Jangan pula melanggar kehormatan bulan-bulan suci dengan berperang di dalamnya, dan jangan mengganggu hewan-hewan yang diperuntukkan sebagai kurban di Tanah Suci, atau hewan yang diberi tanda berupa kalung untuk menunjukkan bahwa mereka adalah persembahan kepada Allah. Hewan-hewan ini, serta pemiliknya, tidak boleh diganggu. Jangan pula menghalalkan tindakan memusuhi orang-orang yang sedang menuju Baitullah, yang mencari rezeki dari Allah melalui perdagangan, atau mengharap ridha-Nya

dengan berziarah ke Ka'bah. Ayat ini kemudian digantikan oleh ayat dalam Surah Bara'ah.

Ketika kalian telah menyelesaikan ihram, maka diperbolehkan berburu. Namun, jangan sampai kebencian terhadap suatu kaum, karena mereka pernah menghalangi kalian dari Masjidil Haram, membuat kalian berbuat aniaya terhadap mereka, seperti melakukan pembunuhan atau tindakan sewenang-wenang lainnya. Bekerjasamalah dalam hal-hal baik yang diperintahkan Allah, serta dalam menjaga ketakwaan dengan menjauhi larangan-Nya..

Hadis terkait, Rasulullah Shallallahu'alaihi Wasallam bersabda:

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain.” (HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni).

4.4.3 Muamalah Ma'Alam (Hubungan Dengan Alam)

Dalam Al-Qur'an Allah Subhanahu Wata'ala menyiratkan tanggung jawab untuk memperbaiki kerusakan yang disebabkan manusia, termasuk salah satunya adalah upaya mitigasi UHI. Pada QS. Ar-Rum: 41 yang 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. Ar Rum: 41)

Menurut tafsir Jalalayn, kerusakan terlihat di darat karena hujan berhenti dan tumbuh-tumbuhan menipis (dan di laut). Ini berarti bahwa di negeri-negeri di mana banyak sungai kering karena perbuatan tangan manusia, terjadi perbuatan

maksiat (supaya Allah merasakan kepada mereka). Jika dibaca *linudziiqahum*, itu berarti supaya Kami merasakan kepada mereka (sebagian dari akibat perbuatan mereka) sebagai hukuman dari Allah.

Hadis terkait, Rasulullah Shallallahu'alaihi Wasallam bersabda:

وقال صلى الله عليه وسلم من أحيا أرضا ميتة فيه أجر وما أكلت العافية منها فهو له صدقة

“Rasulullah bersabda: Barang siapa menghidupkan tanah yang mati, maka baginya pahala tanah itu. Dan segala apa yang dimakan makhluk dari tanamannya, maka itu merupakan sedekah” (HR. Ahmad, 14271).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang dirangkum dari seluruh proses penelitian, mulai dari identifikasi masalah, metode yang diterapkan, hingga hasil yang diperoleh. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang dapat menjadi masukan berharga untuk penelitian selanjutnya maupun implementasi hasil penelitian dalam praktik nyata. Harapannya, kesimpulan yang disusun dapat memberikan pemahaman yang jelas, sementara saran yang diajukan dapat membuka peluang pengembangan lebih lanjut.

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan dalam penentuan skenario Serious Game *Help The City* menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW). Permainan ini menggunakan bahasa pemrograman C# pada *Unity*. Penentuan skenario ini ditentukan berdasarkan pada *inputField* yang terdiri dari kepadatan penduduk, pengguna kendaraan bermotor, tutupan lahan terbangun, dan suhu permukaan. Implementasi metode *Simple Additive Weighting* (SAW) terdapat pada input kriteria yang akan di konversi ke skala 1-3 oleh sistem. Terdapat 81 percobaan kemungkinan inputan, dari setiap inputan tersebut memiliki nilai yang berbeda-beda. Terdapat 21 *input* untuk mitigasi program parkir hijau, 20 *inputan* untuk mitigasi penggunaan material reflektif, 20 *inputan* untuk mitigasi penanaman pohon di sekitar gedung, dan 20 *inputan* untuk mitigasi penanaman pohon di sepanjang jalan. Terdapat 4 skenario mitigasi atau output yaitu program parkir hijau,

penggunaan material reflektif, Penanaman pohon di sekitar gedung, Penanaman pohon di sepanjang jalan. Selanjutnya, dilakukan pengujian *usability* kepada 35 responden menggunakan *System Usability Scale* (SUS) dengan skor keseluruhan dari evaluasi adalah 73,85. Hasil akhir skor yang didapatkan berdasarkan skala penerimaan termasuk ke dalam kategori layak untuk digunakan.

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem penentuan mitigasi Urban Heat Island (UHI) dengan menggunakan metode Simple Additive Weighting (SAW). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi dan performa yang baik, dengan skor SUS sebesar 73,85 yang termasuk dalam grade B kategori *Good* (baik). Hasil ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut di masa depan

Sistem telah berhasil berjalan tanpa adanya bug atau error dalam implementasi metode SAW dengan menampilkan animasi interaksi antara player dengan NPC. Terdapat beberapa aspek animasi yang dapat dikembangkan dalam rangka meningkatkan pengayaan animasi game dengan konsep mitigasi UHI yang terkait. Beberapa interaksi animasi tersebut di antaranya adalah animasi menanam pohon, menyiram rumput, menyiram pohon, dan mengganti warna cat bangunan.

5.2 Saran

Setelah melakukan uji coba, peneliti menyadari bahwa masih terdapat kekurangan pada penelitian ini. Adapun saran yang diberikan untuk mengembangkan aplikasi yang telah dibuat adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan sistem yang lebih kompleks untuk mencapai tingkat akurasi dan performa sangat baik.
2. Pengayaan animasi *game*, untuk meningkatkan pengalaman bermain, disarankan menambahkan animasi yang menggambarkan proses implementasi mitigasi agar lebih realistis lagi.
3. Peningkatan interaktivitas, penelitian lanjutan juga dapat mempertimbangkan penambahan elemen interaksi lainnya, seperti efek suara atau visual yang mendukung, guna meningkatkan ketertarikan pemain dalam memahami konsep mitigasi UHI.
4. Mengombinasikan metode dan pengukuran efektivitas, disarankan untuk memadukan metode lain bersama metode SAW untuk menghasilkan rekomendasi mitigasi yang lebih optimal. Selain itu, perlu untuk dilakukan pengukuran tingkat efektivitas atau keberhasilan metode SAW dalam sistem penentuan mitigasi UHI menggunakan metode pengukuran yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisusilo, A. K. (2020). Perancangan Media Pembelajaran Tematik Sekolah Dasar Berbasis *Serious Game*. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 10(3), 123–132. <https://doi.org/10.31940/matrix.v10i3.2141>
- Ahnan, M., Farida, I. N., & Helilintar, R. (2023). Sistem Pendukung Keputusan Kinerja Karyawan Terbaik Dengan Menggunakan Kombinasi Metode TOPSIS Dan Metode ROC. *JSITIK: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi Komputer*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.53624/jsitik.v2i1.255>
- Azahra, S. D. (2023). Pemanfaatan Vegetasi dalam Pengembangan Green Infrastructure sebagai Upaya Mitigasi Urban Heat Island pada Kawasan Perkotaan. *Inovasi Teknologi Dalam Mendukung Pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs)*, January, 365–376.
- BSNm (2010). SNI 7645:2010 Klasifikasi Penutup Lahan. BSN : Jakarta
- CNN Indonesia. (2024, Juni 28). BMKG ungkap deret kota RI yang terbakar 30 tahun terakhir. Diakses pada 5 Desember 2024 . <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20240628172415-641-1115436/bmkg-ungkap-deret-kota-ri-yang-terbakar-30-tahun-terakhir>
- Climate Central. (2023). *Urban heat islands: 2023*. Climate Central. <https://www.climatecentral.org/climate-matters/urban-heat-islands-2023>
- Damanik, S., & Utomo, D. P. (2020). Implementasi Metode ROC (Rank Order Centroid) Dan Waspas Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Kerjasama Vendor. ... *Teknologi Informasi Dan ...*, 4, 242–248. <https://doi.org/10.30865/komik.v4i1.2690>
- Darlina, S., Sasmito, B., & Yuwono, B. (2018). Jurnal Geodesi Undip Jurnal Geodesi Undip. *analisis ketertiban tata letak bangunan terhadap sempadan sungai di sungai banjir kanal timur kota semarang (Studi Kasus : Sepanjang Banjir Kanal Timur Dari Muara Sampai Jembatan Brigjend Sudiarto (STA 0-STA 7))*, 4(April), 86–94.
- Hidalgo García, D. (2023). Evaluation and Analysis of the Effectiveness of the Main Mitigation Measures against Surface Urban Heat Islands in Different Local Climate Zones through Remote Sensing. *Sustainability*, 15(13), 10410.
- Hritonenko, V., & Yatsenko, Y. (2022). Sustainable adaptation and mitigation in regions and cities: Review of decision-support methods. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, 13, 200066. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200066>
- Ibrahim, A., & Surya, R. A. (2019). The Implementation of *Simple Additive Weighting* (SAW) Method in Decision Support System for the Best School

- Selection in Jambi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1338(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1338/1/012054>
- Khan, A., Chatterjee, S., & Wang, Y. (2020). Urban heat island modeling for tropical climates (1st ed.). Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/urban-heat-island-modeling-for-tropical-climates/khan/978-0-12-819669-4>
- Kurniati, Ayu Candra, D. (2015). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Urban Heat Island di Surabaya, Indonesia. *Seminar Nasional Teknologi ITS*, 1036–1045.
- Limas, A. V, Perdana, A., W, N., & Tannady, H. (2014). Pembahasan Mengenai Efek Urban Heat Island Dan Solusi Alternatif Bagi Kota Jakarta. *J@Ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 29–34. <https://doi.org/10.12777/jati.9.1.29-34>
- Manik Tumiar Katarina, & Syaukat Syarifah. (2015). The impact of urban heat islands: assessing vulnerability in Indonesia | Publications Library. *Human Settlements Working Paper*, 1–84. <https://pubs.iied.org/10721iied>
- Maru, R. (2015). Urban Heat Island dan Upaya Penanganannya. *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi Kesehatan Dan Lingkungan, 2011*, 84–94. <https://www.neliti.com/publications/176577/urban-heat-island-dan-upaya-penanganannya>
- Mélissa Giguère, M. E. (2000). Urban heat island mitigation strategies. In *Planning Advisory Service Memo* (Issue MAY).
- Nabila, E. S., Rahmawati, R., & Widiharih, T. (2019). IMPLEMENTASI METODE SAW DAN WASPAS DENGAN PEMBOBOTAN ROC DALAM SELEKSI PENERIMAAN PESERTA DIDIK BARU (Studi Kasus: Madrasah Tsanawiyah (MTs) Negeri Kisaran Kabupaten Asahan Provinsi Sumatera Utara Tahun Ajaran 2018/2019). *Jurnal Gaussian*, 8(4), 428–438. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v8i4.26723>
- Nugroho, F., Basid, P., & ... (2021). Desain *Serious Game* Pendidikan Islam Dan Lingkungan Hidup Untuk Madrasah Ibtidaiyah. ... *on Innovation and ...*, *Ciastech*, 483–492. <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/article/view/3344>
- Pratiwi, S. N., & Safitri, R. A. (2019). Upaya Mengurangi Urban Heat Island Melalui Pemilihan Material (Studi Kasus: Rprtra Meruya Selatan). *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMIN)*, 1(2), 42–47. <https://doi.org/10.25105/jamin.v1i2.5857>
- Qi, J., Ding, L., & Lim, S. (2022). A decision-making framework to support urban heat mitigation by local governments. *Resources, Conservation and Recycling*, 184, 106420.
- Rizki Ramadhan, & Fitriyani, F. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Tingkat Kecanduan *Game* Online Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* (Saw). *Jurnal Informatika Polinema*, 8(2), 27–36. <https://doi.org/10.33795/jip.v8i2.860>

- Rosleine, D., & Irfani, A. (2020). Fungsi Taman Kota Untuk Mitigasi Dampak Urban Heat Island di Kota Bandung. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.29244/jsdh.6.1.1-7>
- Rushayati, S. B., & Hermawan, R. (2013). Karakteristik Kondisi Urban Heat Island DKI Jakarta. *Media Konservasi*, 18(2), 96–100.
- Syahral Huda, A. (2015). Pengaruh Kinerja Keuangan, Fiscal Stress, dan Kepadatan Penduduk Terhadap Alokasi Belanja Modal di Nusa Tenggara Barat. *Assets : Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi*, 5(2), 151-166.
- Sendi Akhmad Al Mukmin, Arwan Putra Wijaya, A. S. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap distribusi Suhu Permukaan Dan Keterkaitannya Dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 278–287.
- Sodoudi, S., Shahmohamadi, P., Vollack, K., Cubasch, U., & Che-Ani, A. I. (2014). Mitigating the Urban Heat Island Effect in Megacity Tehran. *Advances in Meteorology*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/547974>
- Supriana, I., Agustin, R. D., Bakar, M. A., & Zin, N. A. M. (2017). *Serious games for effective learning. Proceedings of the 2017 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Sustainable Society Through Digital Innovation, ICEEI 2017, 2017-Novem(1)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEEI.2017.8312466>
- Tuczek, M., & Watson, R. T. (2019). *AIS Electronic Library (AISeL) Toward a Decision Support System for Mitigating Urban Heat. January*.
- Wang, X., Cheng, H., Xi, J., Yang, G., & Zhao, Y. (2018). Relationship between park composition, vegetation characteristics and cool island effect. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3), 10–15. <https://doi.org/10.3390/su10030587>
- Werbin, Z. R., Heidari, L., Buckley, S., Brochu, P., Butler, L. J., Connolly, C., ... & Hutyra, L. R. (2020). A tree-planting decision support tool for urban heat mitigation. *PloS one*, 15(10), e0224959.
- Yevita Nursyanti. (2022). Penentuan Penyedia Jasa Trucking di PT Yicheng Logistics Dengan Menggunakan Metode SAW (*Simple Additive Weighting*). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 1(3), 210–222. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i3.49>
- Irawan, Y. (2020). *Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Bonus Karyawan Dengan Metode Simple Additif Weighting (Saw) Berbasis Web Di Pt. Mayatama*. 2(1), 7–13.