IMPLEMENTASI METODE *ADDITIVE RATIO ASSESSMENT* (ARAS) UNTUK PEMILIHAN *EQUIPMENT* DALAM *GAME* EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

SKRIPSI

Oleh:
FAISHAL REZA UBAIDILLAH
NIM. 210605110132

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

2025

IMPLEMENTASI METODE *ADDITIVE RATIO ASSESSMENT* (ARAS) UNTUK PEMILIHAN *EQUIPMENT* DALAM *GAME* EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

SKRIPSI

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

Oleh:
FAISHAL REZA UBAIDILLAH
NIM. 210605110132

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

HALAMAN PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI METODE *ADDITIVE RATIO ASSESSMENT* (ARAS) UNTUK PEMILIHAN *EQUIPMENT* DALAM *GAME* EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

SKRIPSI

Oleh :
FAISHAL REZA UBAIDILLAH
NIM. 210605110132

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 13 Juni 2025

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Ahmad Fahmi Karami, M.Kom	Nur Fitriyah Ayu Tunjung Sari, M.Cs
NIP. 19870909 202012 1 001	NIP. 19911226 202012 2 001

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

IMPLEMENTASI METODE *ADDITIVE RATIO ASSESSMENT* (ARAS) UNTUK PEMILIHAN *EQUIPMENT* DALAM *GAME* EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

SKRIPSI

Oleh :
FAISHAL REZA UBAIDILLAH
NIM. 210605110132

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 20 Juni 2025

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU NIP. 19771020 200912 1 001	( )
Anggota Penguji I	: Tri Mukti Lestari, M.Kom NIP. 19911108 202012 2 005	( )
Anggota Penguji II	: Ahmad Fahmi Karami, M.Kom NIP. 19870909 202012 1 001	( )
Anggota Penguji III	: Nur Fitriyah Ayu Tunjung Sari, M.Cs NIP. 19911226 202012 2 001	( )

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

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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Faishal Reza Ubaidillah
NIM	: 210605110132
Fakultas / Program Studi	: Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi	: Implementasi Metode *Additive Ratio Assessment* (ARAS) untuk Pemilihan *Equipment* dalam *Game* Edukasi Lingkungan "River Run"

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, 25 Juni 2025
Yang membuat pernyataan,

Faishal Reza Ubaidillah
NIM. 210605110132

MOTTO

"It's something unpredictable, but in the end is right.
I hope you had the time of your life."

Green Day – Good Riddance (Time of Your Life)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, dan kasih sayang-Nya, yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi ini dibuat dari harapan seorang ibu, dibayar dengan keringat seorang ayah, dan diwujudkan oleh Faishal Reza Ubaidillah. Oleh karena itu, dengan sepenuh hati saya persembahkan karya ini kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, dan doa tanpa henti. Tanpa mereka, saya tidak akan pernah sampai pada titik ini. Saya juga persembahkan karya ini kepada kakak dan adik saya yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam setiap langkah saya.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim, Assalamu'alaikum wr. wb

Segala puji dan syukur yang tak terhingga, penulis mengucapkan Alhamdulillah kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan petunjuk-Nya. Penyusunan skripsi berjudul "Implementasi Metode *Additive Ratio Assessment* (ARAS) untuk Pemilihan *Equipment* dalam *Game* Edukasi Lingkungan 'River Run'" ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan penuh rendah hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Hariani, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, atas motivasi dan arahan yang diberikan selama proses perkuliahan.
4. Ahmad Fahmi Karami, M.Kom., selaku dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan serta motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan penelitian ini.
5. Prof. Dr. Muhammad Faisal, M.T., selaku dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan pada tahap awal penyusunan penelitian ini. Beliau kemudian tidak dapat melanjutkan bimbingan karena menjalankan ibadah haji.

6. Nur Fitriyah Ayu Tunjung Sari, M.Cs., selaku dosen Pembimbing II, yang telah menggantikan posisi Prof. Dr. Muhammad Faisal, M.T. dan memberikan bimbingan yang sangat membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
7. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPU., selaku Ketua Penguji, yang telah memberikan masukan yang sangat berarti dalam proses evaluasi penelitian ini.
8. Hani Nurhayati, M.T., selaku Anggota Penguji, yang telah memberikan saran yang berguna pada tahap awal penelitian ini. Beliau kemudian tidak dapat melanjutkan tugas sebagai penguji karena menjalankan ibadah haji.
9. Tri Mukti Lestari, M.Kom., selaku Anggota Penguji, yang telah menggantikan posisi Hani Nurhayati, M.T. dan turut memberikan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penelitian ini.
10. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Informatika, yang telah memberikan dukungan administratif dan akademik selama proses penelitian ini.
11. Kedua orang tua, kakak, dan adik, yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tiada henti. Tanpa mereka, saya tidak akan bisa sampai pada titik ini.
12. Seluruh warga Teknik Informatika terkhusus Angkatan 2021 “ASTER”, atas kehangatan, kekeluargaan yang dirasakan oleh penulis selama studi ini berlangsung

13. Komunitas Manusia Multimedia (MAMUD), yang telah mengajari dan membuka wawasan saya terkait bidang Multimedia & *Game*.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, termasuk responden yang telah memberikan kontribusi, saran, dan dukungan dalam perjalanan penulisan skripsi ini.
15. *To you*, *107 Pages From Now.*

Saya menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan memberikan kontribusi positif bagi masyarakat dan dunia akademik.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Malang, 13 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN ..... **ii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iv**
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ..... **v**
MOTTO ..... **vi**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
ABSTRAK ..... **xvi**
ABSTRACT ..... **xvii**
الملخص ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II STUDI PUSTAKA **5**
2.1 Penelitian Terkait 5
2.2 Lingkungan 9
2.3 *Game* Edukasi Lingkungan 11
2.4 *Additive Ratio Assessment* (ARAS) 12
2.5 *System Usability Scale* (SUS) 16
BAB III DESAIN PENELITIAN **19**
3.1 Tahapan Penelitian 19
3.2 Analisis dan Perancangan *Game* 20
3.2.1 *Storyline Game* 20
3.2.2 Perancangan *Game* 21
3.2.3 Rancangan Antarmuka 24
3.3 Rancangan Perhitungan ARAS 28
3.3.1 Menentukan Kriteria 29
3.3.2 Menentukan Alternatif 32
3.3.3 Matriks Keputusan 33
3.3.4 Normalisasi Matriks Keputusan 35
3.3.5 Pembobotan 38
3.3.6 Fungsi Optimalitas 41
3.3.7 Derajat Utilitas 42
3.3.8 Perankingan 43
3.4 Desain Eksperimen 45
3.5 Desain Pengujian 46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 48
4.1 Implementasi *Game* 48
4.1.1 *Main Menu* 49
4.1.2 *Shop* 50
4.1.3 *Map Selection* 53
4.1.4 *Equipment Selection* 55
4.1.4.1 Implementasi Perhitungan ARAS 56
4.1.5 *Gameplay* 70
4.1.6 *Game Over* 71
4.2 Desain Eksperimen 72
4.3 Hasil Pengujian 77
4.4 Integrasi Sains dan Islam 82
4.4.1 *Muamalah Ma'a Allah* 82
4.4.2 *Muamalah Ma'a An-Nas* 83
4.4.3 *Muamalah Ma'al Bi'ah* 84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 85
5.1 Kesimpulan 86
5.2 Saran 86
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 SUS Score 18
Gambar 3.1 Desain Penelitian 19
Gambar 3.2 FSM 22
Gambar 3.3 Alur Perhitungan ARAS 28
Gambar 3.4 Ikon Jempol (*Highligt*) 44
Gambar 4.1 Tampilan *Main Menu* 49
Gambar 4.2 Tampilan *Shop* 50
Gambar 4.3 Detail Tampilan *Shop* (*Glove*) 51
Gambar 4.4 Detail Tampilan *Shop* (*Trash Grabber*) 51
Gambar 4.5 Detail Tampilan *Shop* (*Floating Net*) 52
Gambar 4.6 Detail Tampilan *Shop* (*Skimmer Boat*) 52
Gambar 4.7 Detail Tampilan *Shop* (*Oil Boom*) 52
Gambar 4.8 Tampilan *Map Selection* 53
Gambar 4.9 Detail Tampilan *Map Selection* (*Map* 1) 54
Gambar 4.10 Detail Tampilan *Map Selection* (*Map* 2) 54
Gambar 4.11 Detail Tampilan *Map Selection* (*Map* 3) 55
Gambar 4.12 Tampilan *Equipment Selection* 56
Gambar 4.13 Alternatif 1 (*Glove*) 58
Gambar 4.14 Alternatif 2 (*Trash Grabber*) 59
Gambar 4.15 Alternatif 3 (*Floating Net*) 59
Gambar 4.16 Alternatif 4 (*Skimmer Boat*) 60
Gambar 4.17 Alternatif 5 (*Oil Boom*) 60
Gambar 4.18 Debug Penambahan Alternatif Ideal (A0) 62
Gambar 4.19 Debug Normalisasi Matriks Keputusan 63
Gambar 4.20 Debug Bobot Kriteria *Map* 1 64
Gambar 4.21 Debug Hasil Pembobotan *Map* 1 64
Gambar 4.22 Debug Bobot Kriteria *Map* 2 65
Gambar 4.23 Debug Hasil Pembobotan *Map* 2 65
Gambar 4.24 Debug Bobot Kriteria *Map* 3 66
Gambar 4.25 Debug Hasil Pembobotan *Map* 3 66
Gambar 4.26 Debug Skor Optimalitas *Map* 1 67
Gambar 4.27 Debug Derajat Utilitas *Map* 1 68
Gambar 4.28 Debug Hasil Perangkingan *Map* 1 69
Gambar 4.29 Tampilan *Gameplay* tiap *Map* 71
Gambar 4.30 Tampilan *Game Over* 72
Gambar 4.31 Hasil Eksperimen Pertama pada *Map* 1 73
Gambar 4.32 Hasil Eksperimen Pertama pada *Map* 2 73
Gambar 4.33 Hasil Eksperimen Pertama pada *Map* 3 74
Gambar 4.34 Hasil Eksperimen Kedua pada *Map* 1 74

Gambar 4.35 Hasil Eksperimen Kedua pada *Map* 2 75
Gambar 4.36 Hasil Eksperimen Kedua pada *Map* 3 75
Gambar 4.37 Hasil Eksperimen Ketiga pada *Map* 1 76
Gambar 4.38 Hasil Eksperimen Ketiga pada *Map* 2 76
Gambar 4.39 Hasil Eksperimen Ketiga pada *Map* 3 77
Gambar 4.40 Grafik Hasil Skor SUS 82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian 5
Tabel 3.1 Rancangan Antarmuka 25
Tabel 3.2 Data Kriteria 29
Tabel 3.3 Skala Penilaian Kriteria *Reach* 30
Tabel 3.4 Skala Penilaian Kriteria *Capacity* 31
Tabel 3.5 Skala Penilaian Kriteria *Safety* 31
Tabel 3.6 Skala Penilaian Kriteria *Price* 32
Tabel 3.7 Data Alternatif 33
Tabel 3.8 Matriks Keputusan 34
Tabel 3.9 Normalisasi Matriks Keputusan 38
Tabel 3.10 *Rule* Bobot 38
Tabel 3.11 Bobot Kriteria Tiap *Map* 39
Tabel 3.12 Hasil Pembobotan 41
Tabel 3.13 Fungsi Optimalitas 42
Tabel 3.14 Derajat Utilitas 43
Tabel 3.15 Hasil Perangkingan *Map* 1 43
Tabel 3.16 Hasil Perhitungan (Contoh) 44
Tabel 3.17 Daftar Kuesioner 47
Tabel 4.1 Data Alternatif 60
Tabel 4.2 Data Alternatif Setelah Normalisasi Skala Penilaian 61
Tabel 4.3 Skor Optimalitas Tiap *Map* 67
Tabel 4.4 Derajat Utilitas Tiap *Map* 68
Tabel 4.5 Perangkingan Tiap *Map* 70
Tabel 4.6 Karakteristik Demografi 78
Tabel 4.7 Daftar Kuesioner SUS 78
Tabel 4.8 Skor Jawaban Asli 79
Tabel 4.9 Skor Hasil Hitung 80
Tabel 4.10 Rata-Rata Skor SUS 81

ABSTRAK

Ubaidillah, Faishal Reza. 2025. **Implementasi Metode *Additive Ratio Assessment* (ARAS) untuk Pemilihan *Equipment* dalam *Game* Edukasi Lingkungan "River Run".** Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Fahmi Karami, M.Kom (II) Nur Fitriyah Ayu Tunjung Sari, M.Cs.

.

Kata kunci: *Game* Edukasi Lingkungan, Pemilihan *Equipment*, *Additive Ratio Assessment*, *System Usability Scale*.

Pemilihan *equipment* dalam *game* sering menjadi tantangan, terutama bagi pemain pemula, karena banyaknya pilihan yang kompleks dan dampaknya terhadap strategi permainan. Pemain umumnya mengandalkan metode *trial and error* atau rekomendasi dari teman, yang tidak selalu efektif dan dapat meningkatkan beban kognitif. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *Additive Ratio Assessment* (ARAS) dalam pemilihan *equipment* pada *game* edukasi lingkungan "River Run", dengan mempertimbangkan jumlah koin yang diperoleh dan kondisi setiap map. Eksperimen dilakukan pada tiga skenario map yang berbeda, yaitu sungai di pedesaan, perkotaan, dan kawasan industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ARAS berhasil diterapkan untuk membantu pemain memilih *equipment* yang sesuai dengan jumlah koin dan kondisi setiap map. Pengujian menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor rata-rata 74.125, yang termasuk dalam kategori "*Good*", menandakan bahwa sistem mudah digunakan dan diterima dengan baik oleh pengguna. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan *game* edukasi yang lebih interaktif dan efektif dalam meningkatkan kesadaran tentang isu-isu lingkungan.

ABSTRACT

Ubaidillah, Faishal Reza. 2025. **Implementation of the Additive Ratio Assessment (ARAS) Method for Equipment Selection in the Environmental Education Game "River Run".** Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Ahmad Fahmi Karami, M.Kom (II) Nur Fitriyah Ayu Tunjung Sari, M.Cs.

Key words: Environmental Education Game, Equipment Selection, Additive Ratio Assessment, System Usability Scale.

Equipment selection in games can often be challenging, especially for novice players, due to the complexity of the choices available and their impact on gameplay strategy. Players typically rely on trial-and-error methods or recommendations from friends, which are not always effective and can increase cognitive load. This study aims to implement the Additive Ratio Assessment (ARAS) method in equipment selection for the environmental education game "River Run," considering the number of coins obtained and the conditions of each map. The experiment was conducted across three different map scenarios: a rural river, an urban area, and an industrial zone. The results indicate that the ARAS method successfully assists players in selecting equipment appropriate to the number of coins and the conditions of each map. Testing using the System Usability Scale (SUS) instrument yielded an average score of 74.125, which falls into the "Good" category, indicating that the system is easy to use and well-received by users. This study is expected to contribute to the development of more interactive and effective educational games in raising awareness about environmental issues.

الملخص

عبيد الله، فيصل رزا. 2025. **تطبيق طريقة تقييم النسبة الإضافية (ARAS) لاختيار المعدات في لعبة التعليم البيئي "River Run"**.أطروحة. قسم هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية، مالانج. المشرفون (I) :أحمد فهمي كرامي، ماجستير في علوم الكمبيوتر (II) نور فتريه أيو تونج ساري، ماجستير في علوم الكمبيوتر.

الكلمات المفتاحية: لعبة تعليمية بيئية، اختيار المعدات، تقييم النسبة الإضافية، مقياس قابلية استخدام النظام، مراجعة الخبراء.

اختيار المعدات في الألعاب غالبًا ما يمثل تحديًا، خاصة بالنسبة للاعبين المبتدئين، بسبب كثرة الخيارات المعقدة وتأثيرها على استراتيجية اللعب. يعتمد اللاعبون عمومًا على طريقة التجربة والخطأ أو توصيات الأصدقاء، والتي لا تكون دائمًا فعالة ويمكن أن تزيد من العبء المعرفي. تهدف هذه الدراسة إلى تطبيق طريقة تقييم النسبة الإضافية (ARAS) في اختيار المعدات في لعبة التعليم البيئي "River Run"، مع مراعاة عدد العملات المكتسبة وظروف كل خريطة. أجريت التجربة على ثلاثة سيناريوهات مختلفة للخريطة، وهي نهر في الريف، والمدينة، والمنطقة الصناعية. أظهرت نتائج البحث أن طريقة ARAS نجحت في مساعدة اللاعبين على اختيار المعدات المناسبة لعدد العملات المعدنية وحالة كل خريطة. اختبار استخدام مقياس قابلية استخدام النظام (SUS) أسفر عن متوسط درجة 74.125، وهو ما يندرج في فئة "جيد"، مما يشير إلى أن النظام سهل الاستخدام ومقبول جيدًا من قبل المستخدمين. من المتوقع أن تساهم هذه الدراسة في تطوير ألعاب تعليمية أكثر تفاعلية وفعالية في زيادة الوعي بالقضايا البيئية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri *game* telah berkembang pesat sejak diperkenalkan pada 1950-an, dari *game* sederhana seperti *Spacewar* hingga menjadi sektor hiburan terbesar dengan pendapatan diperkirakan mencapai lebih dari $249 miliar pada 2023, melebihi film dan musik. Kemajuan teknologi seperti *virtual reality*, *augmented reality*, dan *cloud gaming*, telah memungkinkan *game* untuk bertransformasi tidak hanya sebagai alat hiburan, tetapi juga sebagai media seni dan edukasi yang mempengaruhi masyarakat luas (Peri, 2024).

Selain sebagai hiburan, *game* juga telah berkembang menjadi alat pembelajaran. Salah satu bentuk *game* edukasi yang banyak dikembangkan adalah *game* edukasi lingkungan, yang dirancang untuk meningkatkan kesadaran dan perilaku pro-lingkungan dengan menyimulasikan masalah lingkungan dunia nyata dan memberi kesempatan bagi pemain untuk berinteraksi langsung dengan elemen-elemen lingkungan (Tan & Nurul-Asna, 2023). *Game* edukasi ini mengintegrasikan hiburan dengan tujuan edukatif untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan pemain dalam berbagai bidang (Noemí & Máximo, 2014).

Dalam perkembangan teknologi *game*, salah satu fitur yang semakin penting adalah *in-game assistance*, yang membantu pemain dalam menyelesaikan tantangan, dan meningkatkan pengalaman bermain. Fitur ini meliputi navigasi (seperti *mini-map* dan petunjuk arah) yang memudahkan pemain mencapai tujuan

dalam *game* (Johanson et al., 2017). Selain itu, ada juga bantuan penargetan (*aiming assistance*) yang meningkatkan akurasi tembakan pemain (Gutwin et al., 2016), serta sistem tutorial yang memberi informasi tentang mekanik permainan dan strategi (Therrien, 2011). Sistem bantuan ini sangat penting, terutama bagi pemain pemula, karena membantu mengurangi kebingungan dan meningkatkan pengalaman bermain secara keseluruhan (Santos, 2015).

Salah satu bentuk *in-game assistance* yang penting adalah sistem bantuan dalam pemilihan *item* (*equipment*), yang dapat mempengaruhi strategi dan hasil permainan. Dalam *game Dota 2*, pemain sering dihadapkan pada pilihan *item* yang sangat beragam, masing-masing dengan efek yang kompleks, sehingga proses pemilihannya menjadi bagian penting dari strategi kemenangan (Dallmann dkk., 2022). Proses pemilihan ini bisa menambah beban kognitif, terutama bagi pemain pemula. Mereka biasanya mempelajari pemilihan *item* melalui tiga cara: mengikuti rekomendasi sistem statis, mendapat arahan dari pemain (teman) berpengalaman, atau melalui *trial-and-error.* Namun, mengandalkan saran dari teman memiliki keterbatasan, karena tidak semua pemain memiliki akses ke lingkungan sosial yang mendukung dalam permainan. (Smit, 2019).

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan suatu metode yang dapat memberikan penilaian objektif dalam memilih *equipment*. Metode *Additive Ratio Assessment* (ARAS) merupakan teknik pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan oleh Zavadskas dan Turskis pada tahun 2010 (Gaol & Hasibuan, 2018). Metode ini bekerja dengan membandingkan nilai indeks keseluruhan setiap alternatif dengan nilai indeks alternatif ideal (Yilistriyani dkk., 2021). Metode ini

dipilih karena menawarkan sejumlah keunggulan dalam pengambilan keputusan multi-kriteria, seperti memberikan keputusan yang objektif dan berbasis data untuk masalah kompleks yang melibatkan banyak faktor (Aldo dkk., 2023). Selain itu, ARAS dianggap lebih praktis dan mudah digunakan dibandingkan metode pengambilan keputusan multi-kriteria lainnya (Koçak dkk., 2018).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem *in-game assistance* untuk membantu pemain memilih *equipment* yang optimal. Hal ini selaras dengan prinsip dalam Al-Qur'an, dalam surat Al-Maidah ayat 2, yang mengajarkan pentingnya tolong-menolong dalam kebaikan dan takwa. Ayat tersebut berbunyi:

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا لَا تُحِلُّوْا شَعَاۤىِٕرَ اللّٰهِ وَلَا الشَّهْرَ الْحَرَامَ وَلَا الْهَدْيَ وَلَا الْقَلَاۤىِٕدَ وَلَآ اٰۤمِّيْنَ الْبَيْتَ الْحَرَامَ يَبْتَغُوْنَ فَضْلًا مِّنْ رَّبِّهِمْ وَرِضْوَانًاۗ وَاِذَا حَلَلْتُمْ فَاصْطَادُوْاۗ وَلَا يَجْرِمَنَّكُمْ شَنَاٰنُ قَوْمٍ اَنْ صَدُّوْكُمْ عَنِ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ اَنْ تَعْتَدُوْاۘ وَتَعَاوَنُوْا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوٰىۖ وَلَا تَعَاوَنُوْا عَلَى الْاِثْمِ وَالْعُدْوَانِۖ وَاتَّقُوا اللّٰهَۗ اِنَّ اللّٰهَ شَدِيْدُ الْعِقَابِ ۝٢

“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-Maidah 5:2).

Menurut Buya Hamka dalam tafsir Al-Azhar, ayat ini menegaskan pentingnya perkumpulan dan tolong-menolong dalam menjalankan kebaikan. Konsep tolong-menolong ini menjadi sarana untuk mencapai ketakwaan. Tolong-menolong menciptakan kebahagiaan dan keselamatan, baik bagi yang memberi (orang kaya) maupun yang menerima (orang miskin). Konsep *ta'awun* juga

membantu memperkuat ketahanan ekonomi, sosial, dan pendidikan, contohnya melalui sedekah yang dapat memperbaiki keadaan ekonomi, atau dengan mengajarkan ilmu untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari (Saputra, 2022).

Penelitian ini mengusulkan pengembangan *game* edukasi bertema lingkungan yang dilengkapi dengan *in-game assistance* menggunakan metode ARAS untuk membantu pemain memilih *equipment* terbaik yang sesuai dengan kondisi dan tantangan di setiap *map*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana implementasi metode ARAS untuk pemilihan *equipment* dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*"?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode ARAS untuk pemilihan *equipment* dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*".

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan pemilihan *equipment* dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*" sehingga pemain bisa mengetahui alat yang tepat untuk membersihkan sampah berdasarkan jenisnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Variabel alternatif yang digunakan merupakan alat-alat yang berfungsi untuk membantu membersihkan sampah.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Perbandingan antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dan penelitian terdahulu yang relevan disajikan dalam Tabel 2.1. Tabel ini bertujuan untuk menggambarkan perbedaan dalam metode dan penerapan yang digunakan. Kolom perbedaan menyoroti kontribusi unik dalam penelitian ini, seperti penerapan metode ARAS dalam konteks *game* edukasi lingkungan serta pemilihan *equipment*.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan
1.	Implementasi *Game* Edukasi Lingkungan Dengan Algoritma *Linear Congruential Generator* Berbasis Android	*Linear Congruential Generator* (LCG)	*Game* edukasi lingkungan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pengelolaan sampah	Menggunakan metode ARAS
2.	*Math Runner*: *Game* Edukasi Matematika Untuk Anak Sekolah Dasar	*Game Development Life Cycle* (GDLC)	*Game* edukasi matematika berbasis genre *endless runner* untuk meningkatkan minat siswa dalam belajar matematika	*Game* edukasi lingkungan yang menggunakan metode ARAS
3.	*Designing a Mobile Serious Game for Raising Awareness of Diabetic Children*	Pendekatan *Arcade*	*Game* edukasi diabetes untuk meningkatkan kesadaran anak-anak tentang diabetes	*Game* edukasi lingkungan yang menggunakan metode ARAS
4.	*An Automatic Scenario Control in Serious Game to Visualize Tourism Destinations Recommendation*	*Hierarchical Finite State Machine* (HFSM), *Dynamic Weight* TOPSIS	Sistem kontrol skenario otomatis yang memilih destinasi wisata berdasarkan preferensi pemain	Pemilihan *equipment* berdasarkan *map* dan koin
5.	MOBA *Game Item Recommendation* via *Relation-aware Graph Attention Network*	*Graph Attention Network* (GAT)	Sistem rekomendasi *item* yang mempertimbangkan hubungan antara karakter dan item dalam tim	Pemilihan *equipment* berdasarkan *map* dan koin
6.	*Culinary Recommendation Application Based on User Preferences Using Fuzzy* TOPSIS	*Fuzzy* TOPSIS	Sistem rekomendasi kuliner berbasis preferensi pengguna, dengan peta lokasi dan informasi detailnya	Pemilihan *equipment* berdasarkan *map* dan koin

No	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan
7.	Rekomendasi Pemilihan Calon Peserta MTQ Terbaik Tahun 2019 dengan Teknik *Additive Ratio Assessment* (ARAS)	*Additive Ratio Assessment* (ARAS)	Sistem pendukung keputusan yang dapat memberikan peringkat peserta MTQ berdasarkan kriteria yang telah ditentukan	Menggunakan metode ARAS dalam *game* edukasi lingkungan
8.	*Selecting Palm Oil Cultivation Land using* ARAS *Method*	*Additive Ratio Assessment* (ARAS)	Sistem pendukung keputusan yang berhasil mengidentifikasi "Mendik Makmur" sebagai lahan terbaik untuk perkebunan kelapa sawit	Menggunakan metode ARAS dalam *game* edukasi lingkungan

Terdapat beberapa penelitian terkait sebelumnya, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh (Marha dkk., 2022) yang berjudul "Implementasi Game Edukasi Lingkungan Dengan Algoritma Linear Congruential Generator Berbasis Android". Penelitian ini bertujuan untuk memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai cara membuang sampah dengan benar dan memperkenalkan berbagai jenis sampah seperti organik, non-organik, kimia, dan B3. Algoritma LCG digunakan untuk mengacak isi sampah yang muncul dalam *game*, sehingga memberikan variasi kepada pemain. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa 88% responden setuju bahwa *game* ini efektif dalam memberikan edukasi tentang lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sutmo dkk., 2023) berjudul "Math Runner: Game Edukasi Matematika Untuk Anak Sekolah Dasar" mengembangkan *game* edukasi bergenre *endless runner* untuk meningkatkan minat siswa dalam belajar matematika. *Game* ini menggunakan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) sebagai model pengembangan, yang melibatkan tahapan seperti inisiasi, pre-produksi, produksi, pengujian, dan rilis. Dalam pengujian, *game* ini mendapat respons positif dari pengguna dengan nilai rata-rata kepuasan sebesar 89,5%.

Penelitian oleh (Moosa dkk., 2020) yang berjudul "Designing a Mobile Serious Game for Raising Awareness of Diabetic Children" memfokuskan pada perancangan *game* edukasi untuk meningkatkan kesadaran akan diabetes pada anak-anak. Penelitian ini menggunakan pendekatan *arcade-based* yang digabungkan dengan fitur edukasi tentang diabetes. *Game* ini tidak hanya menyenangkan, tetapi juga efektif dalam meningkatkan pengetahuan anak-anak tentang penyakit tersebut dan membantu mereka untuk menerapkan gaya hidup sehat. *Game* ini dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna melalui kolaborasi dengan anak-anak penderita diabetes serta ahli gizi.

Penelitian oleh (Arif dkk., 2021) yang berjudul “An Automatic Scenario Control in Serious Game to Visualize Tourism Destinations Recommendation” membahas penggunaan *serious game* untuk promosi destinasi wisata dengan menerapkan sistem kontrol skenario otomatis berbasis *Hierarchical Finite State Machine* (HFSM) dan *Dynamic Weight* TOPSIS. Sistem ini memungkinkan pemilihan skenario wisata berdasarkan preferensi pemain yang dinamis, serta menghasilkan rekomendasi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Penelitian yang dilakukan oleh (Duan dkk., 2022) yang berjudul “MOBA Game Item Recommendation via Relation-aware Graph Attention Network”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem rekomendasi *item* dalam *game Multiplayer Online Battle Arena* (MOBA) menggunakan *Graph Attention Network* (GAT) yang memperhitungkan hubungan antara karakter dan item yang digunakan. Penelitian ini mengusulkan dua komponen utama: *Relation-aware module* yang mengeksplorasi hubungan antara karakter dan item melalui

interaksi atribut-atribut mereka, dan *Graph Attention Fusion* (GAF) digunakan untuk mempelajari pengaruh antara *item* dan karakter dalam tim. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode yang diajukan memiliki performa yang lebih baik dalam hal *Precision*, F1, dan *Mean Average Precision* (MAP), dibandingkan dengan metode-metode lain yang sudah ada.

Penelitian yang dilakukan oleh (Effendy dkk., 2019) berjudul "Culinary Recommendation Application Based on User Preferences Using Fuzzy TOPSIS" mengembangkan sistem rekomendasi kuliner berbasis preferensi pengguna dengan metode *Fuzzy* TOPSIS. Sistem ini mempertimbangkan sepuluh kriteria yang dapat dipilih dan diberi bobot oleh pengguna, seperti harga, jarak, fasilitas, variasi menu, dan status halal. Hasil akhir dari sistem rekomendasi ini adalah peringkat alternatif lokasi kuliner beserta tampilan peta lokasi dan informasi detailnya. Evaluasi hasil menunjukkan bahwa sistem ini efektif dan bermanfaat bagi pengguna dengan tingkat kepuasan yang tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fania dkk., 2021) yang berjudul “Rekomendasi Pemilihan Calon Peserta MTQ Terbaik Tahun 2019 dengan Teknik Additive Ratio Assessment (ARAS)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendukung keputusan guna mengurangi subjektivitas dalam pemilihan peserta terbaik MTQ. ARAS digunakan untuk menentukan peringkat peserta berdasarkan kriteria tajwid, kefasihan membaca, teknik pernapasan, dan sertifikat. Melalui penilaian ini, ARAS dapat memberikan hasil yang lebih objektif dan sistematis dalam menentukan peserta terbaik. Penggunaan

ARAS dalam penelitian ini membuktikan efektivitasnya dalam pengambilan keputusan berdasarkan beberapa kriteria dengan hasil yang akurat.

Penelitian oleh (Prayogo dkk., 2019) yang berjudul "Selecting Palm Oil Cultivation Land using ARAS Method" mengimplementasikan metode ARAS untuk menentukan lahan prioritas terbaik dalam budidaya kelapa sawit. Dalam penelitian ini, ARAS digunakan untuk mengevaluasi alternatif lahan berdasarkan berbagai kriteria, seperti curah hujan, topografi, dan tekstur tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa lahan "Mendik Makmur" memiliki nilai tertinggi dengan nilai K_i sebesar 0,869, menempatkan lahan tersebut pada peringkat pertama.

2.2 Lingkungan

Lingkungan dapat didefinisikan sebagai ekosistem yang terdiri dari faktor biotik dan abiotik, termasuk semua organisme hidup dan elemen tak hidup yang muncul secara alami di bumi. Lingkungan dapat diklasifikasikan menjadi ekosistem darat dan perairan, yang masing-masing memiliki karakteristik unik dalam mendukung kehidupan (Gomeseria, 2018). Salah satu lingkungan yang sangat penting dalam ekosistem adalah lingkungan sungai. Sungai memiliki peran krusial dalam menopang kehidupan dan membentuk geomorfologi bumi (Padmalal & Maya, 2014).

Namun, lingkungan sungai menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah pencemaran sampah. Jenis sampah yang ditemukan di sungai bervariasi tergantung pada lokasi geografisnya. Di daerah perkotaan, sungai sering kali dipenuhi dengan sampah anorganik seperti plastik, kaca, dan logam, yang berasal dari kegiatan konsumsi masyarakat serta aktivitas industri. Di sisi lain, sungai di

daerah pedesaan umumnya mengandung lebih banyak sampah organik, seperti daun, sisa makanan, dan limbah pertanian, yang lebih mudah terurai secara alami (Triassi dkk., 2023). Sungai yang berada di kawasan industri, seperti di India dan Bangladesh, sering terkontaminasi dengan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), termasuk logam berat dan bahan kimia, yang membahayakan kesehatan ekosistem dan manusia (Sharma, 2005; Sultana, 2012). Untuk mengurangi dampak pencemaran ini, diperlukan metode pembersihan sampah yang efektif dan aman, yang dapat mengurangi risiko bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Sistem pengelolaan sampah organik dan anorganik di Universitas Indonesia melibatkan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) oleh petugas pembersih sampah, seperti sarung tangan, masker, dan sepatu bot, untuk melindungi mereka dari potensi risiko kesehatan yang disebabkan oleh paparan sampah. Penggunaan alat ini sangat penting dalam proses pembersihan sampah (Larasati & Fitria, 2020). Sementara itu, dalam pembersihan tumpahan minyak, alat seperti robot otonom yang dilengkapi dengan *skimmer* dan *boom* digunakan untuk mengumpulkan minyak dari permukaan air dan mencegah penyebarannya lebih luas (Zahugi dkk., 2012). Alat lain yang juga penting dalam pengelolaan sampah perairan adalah jaring terapung (*floating net*), yang dapat digunakan untuk mengumpulkan sampah yang mengapung di perairan (Ku dkk., 2020). Untuk mempermudah pengumpulan sampah di area yang sulit dijangkau, seperti di bawah jembatan pengunjung, penggunaan *trash grabber* juga sangat bermanfaat. Alat ini, yang telah dikembangkan di Mangrove Ecopark, membantu petugas membersihkan sampah dari tempat-tempat yang sulit dijangkau (Laurence dkk., 2018).

2.3 *Game* Edukasi Lingkungan

Menurut (Najuah dkk., 2022), *game* didefinisikan sebagai sebuah aktivitas yang memiliki aturan dan ketentuan yang harus diikuti oleh pemain. *Game* menciptakan interaksi yang memungkinkan pemain untuk mencapai tujuan melalui persaingan atau penyelesaian masalah. Selain itu, *game* sering kali digunakan sebagai media untuk mencapai tujuan tertentu dengan cara yang menghibur, seperti untuk *refreshing* atau rekreasi. Sedangkan, menurut (Hellyana dkk., 2023), *game* diartikan sebagai media yang dirancang untuk kesenangan, tetapi dapat pula dimanfaatkan sebagai alat pembelajaran yang efektif, terutama untuk anak-anak. *Game* edukasi adalah jenis *game* yang dirancang dengan muatan pendidikan yang mampu meningkatkan minat belajar dan membantu pemahaman konsep pelajaran melalui interaksi langsung yang menarik.

Disisi lain, (Akl dkk., 2010) menjelaskan bahwa *game* edukasi adalah metode instruksional yang melibatkan partisipasi pemain dalam aktivitas kompetitif yang diatur oleh aturan tertentu. *Game* edukasi berbeda dari strategi pembelajaran lain karena sifatnya yang kompetitif dan penggunaan pengaturan yang telah diatur oleh aturan dan prosedur yang jelas. *Game* ini memfasilitasi pengalaman belajar dengan memberi peserta didik kesempatan untuk berinteraksi dan bereksperimen dengan konsep-konsep melalui permainan. *Game* edukasi bertujuan untuk menggabungkan kesenangan dengan proses belajar sehingga pemain dapat meningkatkan keterampilan kognitif dan pemahaman konseptual.

Sementara itu, (Goncharova, 2012) mendefinisikan *game* edukasi lingkungan sebagai sarana yang dirancang untuk meningkatkan kesadaran lingkungan sejak

usia dini. *Game* ini berfungsi sebagai alat yang mendorong anak-anak untuk memahami dan terlibat dalam isu-isu lingkungan melalui pembelajaran aktif. Pendekatan pembelajaran berbasis permainan ini memfasilitasi pengalaman belajar yang dinamis, dalam pembelajaran ini anak-anak terlibat secara langsung dengan konsep, skenario, dan strategi pelestarian lingkungan. *Game* edukasi lingkungan tidak hanya meningkatkan kesadaran akan masalah lingkungan, tetapi juga memberdayakan anak-anak untuk menjadi peserta aktif dalam menjaga planet ini dan mempromosikan perilaku yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

2.4 *Additive Ratio Assessment* (ARAS)

Metode ARAS merupakan teknik *Multicriteria Decision Making* (MCDM) yang diperkenalkan oleh Zavadskas dan Turskis pada tahun 2010 (Gaol & Hasibuan, 2018). Metode ini membantu pengambil keputusan dalam mengevaluasi sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria, baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Salah satu keunggulan utama dari ARAS adalah kemampuannya untuk mengkompensasi kelemahan di satu kriteria dengan keunggulan di kriteria lainnya. Dalam metode ini, alternatif yang terbaik ditentukan berdasarkan nilai utilitas relatif terhadap bobot dan nilai dari masing-masing kriteria (Zavadskas & Turskis, 2010). Menurut (Alinezhad & Khalili, 2019), metode ARAS memiliki beberapa fitur utama:

a. *Compensatory Method*: Dalam metode ARAS, kelemahan kinerja pada satu kriteria dapat di kompensasi oleh keunggulan kinerja pada kriteria lainnya.
b. Konversi Atribut Kualitatif ke Kuantitatif: Dalam metode ARAS, atribut kualitatif harus diubah menjadi kuantitatif untuk memungkinkan penilaian

yang objektif dan terukur. Konversi ini membantu dalam membuat atribut yang bersifat subjektif menjadi nilai numerik, sehingga dapat diolah dalam model keputusan.

c. Atribut Bersifat Independen: Atribut-atribut dalam metode ARAS dianggap independen satu sama lain. Ini berarti bahwa tidak ada hubungan ketergantungan atau pengaruh langsung antar kriteria. Setiap atribut dievaluasi secara terpisah, dan hasil dari satu atribut tidak mempengaruhi hasil dari atribut lain.

Berikut prosedur perhitungan metode ARAS menurut (Zavadskas & Turskis, 2010).

1. Menentukan Kriteria

Langkah pertama dalam metode ARAS adalah menentukan kriteria yang relevan untuk mengevaluasi alternatif yang ada. Kriteria ini harus mencerminkan berbagai aspek penting yang akan mempengaruhi keputusan akhir, baik secara kuantitatif maupun kualitatif.

2. Menentukan Alternatif

Setelah kriteria ditentukan, langkah berikutnya adalah menentukan alternatif yang akan dievaluasi. Alternatif ini adalah pilihan-pilihan yang akan dibandingkan satu sama lain berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

3. Matriks Keputusan

Setiap alternatif dinilai berdasarkan sejumlah kriteria yang relevan. Matriks keputusan disusun dengan baris yang mewakili alternatif dan kolom yang mewakili kriteria. Matriks keputusan dinotasikan sebagai:

$$X = \begin{bmatrix} X_{01} & X_{0j} & X_{0n} \\ X_{i1} & X_{ij} & X_{in} \\ X_{m1} & X_{mj} & X_{mn} \end{bmatrix} ; i = 0, m \; ; \; j = 1, n \qquad (2.1)$$

Di mana X_{ij} adalah nilai asli dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, X_{0j} adalah alternatif ideal dari kriteria ke-j, m adalah jumlah alternatif, dan n adalah jumlah kriteria. Jika alternatif ideal dari suatu kriteria tidak diketahui untuk kriteria dengan preferensi maksimum (*benefit*), maka:

$$X_{0j} = \frac{max}{1} \qquad (2.2)$$

Nilai X_{0j} diambil sebagai nilai maksimum dari semua alternatif untuk kriteria tersebut. Jika alternatif ideal dari suatu kriteria tidak diketahui untuk kriteria dengan preferensi minimum (*cost*), maka:

$$X_{0j} = \frac{min}{1} \qquad (2.3)$$

Nilai X_{0j} diambil sebagai nilai minimum dari semua alternatif untuk kriteria tersebut.

4. Normalisasi Matriks Keputusan

Normalisasi dilakukan untuk mengubah semua kriteria menjadi skala yang seragam. Untuk kriteria *benefit*, bentuk normalisasi menggunakan persamaan berikut ini:

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} X_{ij}} \qquad (2.4)$$

Di mana $\bar{X}_{ij}$ adalah nilai ternormalisasi dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, X_{ij} adalah nilai asli dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, dan $\sum_{i=0}^{m} X_{ij}$ adalah

jumlah total dari semua nilai kriteria pada kolom ke-j. Untuk kriteria *cost*, bentuk normalisasi menggunakan persamaan berikut ini:

$$X_{ij} = \frac{1}{X_{ij}^*} \; ; \; \bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} X_{ij}} \tag{2.5}$$

Di mana X_{ij} adalah nilai normalisasi awal dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, dan X_{ij}^* adalah nilai asli dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j.

5. Pembobotan

Matriks yang sudah dinormalisasi kemudian diberi bobot untuk mencerminkan tingkat kepentingan masing-masing kriteria. Bobot kriteria W_j harus memenuhi syarat bahwa jumlah seluruh bobot tersebut adalah satu. Bobot kriteria ini akan digunakan untuk mengalikan nilai-nilai normalisasi dari setiap kriteria.

$$\hat{X}_{ij} = \bar{X}_{ij} \, . W_j \; ; i = 0, m, \tag{2.6}$$

Di mana $\hat{X}_{ij}$ adalah nilai pembobotan dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, $\bar{X}_{ij}$ adalah nilai normalisasi dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, dan W_j adalah bobot kriteria ke-j.

6. Fungsi Optimalitas

Menghitung nilai optimalitas untuk setiap alternatif, dirumuskan sebagai berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \hat{X}_{ij} \; ; \; i = 0, m, \tag{2.7}$$

Di mana S_i adalah nilai fungsi optimalitas dari alternatif ke-i, $\hat{X}_{ij}$ adalah nilai pembobotan dari alternatif ke-i untuk kriteria ke-j, dan n adalah jumlah total

kriteria. S_i merepresentasikan skor total alternatif berdasarkan semua kriteria yang telah dibobotkan.

7. Derajat Utilitas

Derajat utilitas merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa baik suatu alternatif dibandingkan dengan alternatif. Dirumuskan sebagai berikut:

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \; ; \; i = \; 0, m, \tag{2.8}$$

Di mana K_i adalah derajat utilitas dari alternatif ke-i, S_i adalah nilai fungsi optimalitas dari alternatif ke-i, dan S_0 adalah nilai fungsi optimalitas dari alternatif ideal. K_i menunjukkan efisiensi relatif alternatif ke-i terhadap alternatif ideal.

8. Perangkingan

Alternatif diurutkan berdasarkan nilai K_i, dari yang tertinggi ke terendah. Alternatif dengan nilai K_i tertinggi dianggap sebagai yang paling optimal.

2.5 *System Usability Scale* (SUS)

SUS merupakan skala evaluasi *usability* yang cepat dan sederhana, dirancang untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang pengalaman pengguna dalam berinteraksi dengan suatu sistem. Komponen SUS terdiri dari 10 pertanyaan yang mencakup berbagai dimensi *usability*. Setiap pertanyaan menggunakan skala Likert 5 poin, dengan jawaban yang berkisar antara "sangat tidak setuju" hingga "sangat setuju" (Brooke, 1996). Selain itu, SUS mengukur dimensi-dimensi penting dalam *usability*, seperti *learnability* (kemudahan belajar), *efficiency* (efisiensi), *memorability* (kemudahan mengingat), *errors* (kesalahan yang terjadi), dan *satisfaction* (kepuasan pengguna). Setiap dimensi ini diukur melalui pertanyaan-

pertanyaan yang mengungkapkan sejauh mana pengguna merasa nyaman menggunakan sistem, seberapa cepat mereka bisa belajar dan mengingat penggunaan sistem, serta seberapa banyak kesalahan yang mereka buat dan seberapa puas mereka dengan pengalaman keseluruhan. Dimensi-dimensi ini sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat digunakan dengan efektif oleh berbagai pengguna dalam berbagai situasi (Nielsen, 1993).

SUS memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satu kelebihan utama SUS adalah kemudahan penggunaannya, karena skala pengujian yang sederhana dan dapat dimengerti oleh responden. SUS juga memungkinkan pengujian dengan jumlah sampel yang kecil, namun tetap dapat memberikan hasil yang baik dalam menilai kegunaan sistem. Meskipun demikian, ada beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan, seperti kompleksitas dalam perhitungan skor dan adanya keraguan terkait rentang nilai yang digunakan, yang mencakup skor dari 0 hingga 100 (Ependi dkk., 2019). Berdasarkan penelitian (Assidiq & Bahri, 2022) terdapat aturan dalam perhitungan skor SUS, yaitu:

1. Untuk pertanyaan bernomor ganjil (Q1, Q3, Q5, Q7, Q9), skor yang diberikan oleh responden akan dikurangi dengan 1.
2. Untuk pertanyaan bernomor genap (Q2, Q4, Q6, Q8, Q10), skor dihitung dengan cara mengurangi nilai 5 dengan skor yang diberikan oleh responden (5 - skor responden).

Setelah menghitung nilai untuk masing-masing pertanyaan, total skor untuk setiap responden dihitung dengan menjumlahkan hasil dari semua pertanyaan yang telah dihitung. Setelah itu, total skor dikalikan dengan angka 2,5 untuk

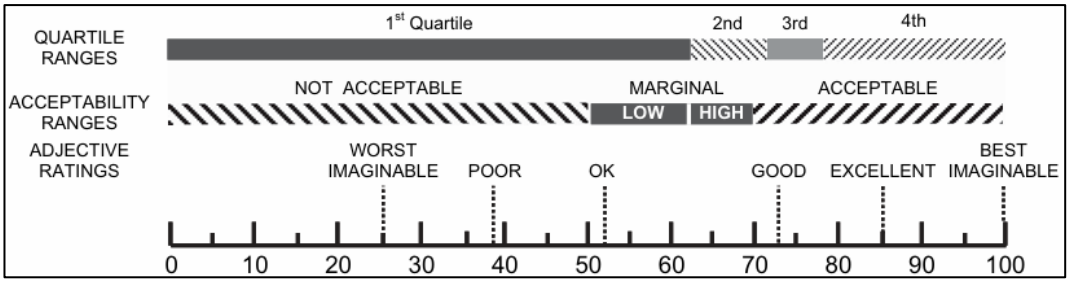
mendapatkan skor SUS akhir per responden. Perhitungannya dirumuskan sebagai berikut:

Skor SUS = ((Q1−1) + (5−Q2) + (Q3−1) + (5−Q4) + (Q5−1) + (5−Q6) + (Q7−1) + (5−Q8) + (Q9−1) + (5−Q10)) × 2,5

Setelah semua skor SUS dihitung untuk setiap responden, skor rata-rata SUS dihitung dengan menjumlahkan semua skor SUS dan membaginya dengan jumlah responden yang berpartisipasi dalam pengujian:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \tag{2.9}$$

Dimana $\bar{x}$ adalah skor rata-rata, $\sum x$ adalah jumlah skor SUS, dan n adalah jumlah responden. Setelah menghitung skor rata-rata SUS, hasilnya akan dikategorikan dalam skala penilaian berdasarkan *quartile ranges*, *acceptability ranges*, dan *adjective ratings*. Dapat dilihat pada Gambar 2.1, *Quartile ranges* membagi skor SUS menjadi empat kelompok: 1st *Quartile*, 2nd, 3rd, dan 4th. Dalam *acceptability ranges*, skor dibawah 50 dikategorikan "*Not Acceptable*", skor antara 50-70 dikategorikan sebagai "*Marginal Low*/*High*", dan skor diatas 70 dikategorikan "*Acceptable*". Dalam *adjective range*, skor 52-72 dikategorikan "OK", skor antara 73-84 dikategorikan "*Good*", skor antara 85-99 dikategorikan "*Excellent*", dan skor 100 dikategorikan "*Best Imaginable*" (Bangor dkk., 2008).

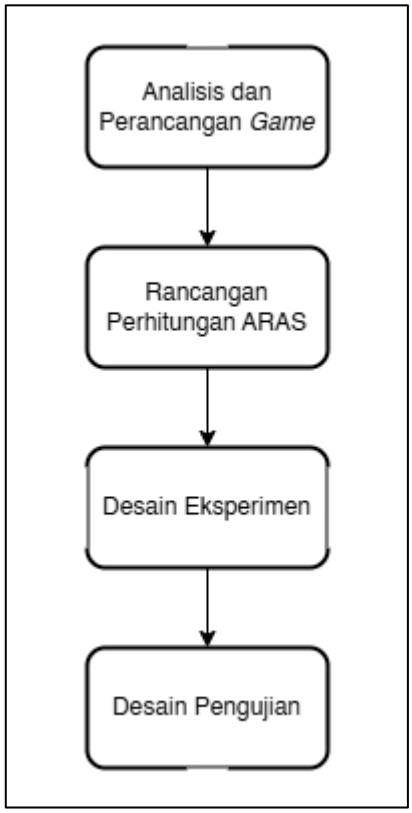


Gambar 2.1 SUS Score

BAB III
DESAIN PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan secara berurutan untuk mencapai tujuan penelitian. Dimulai dengan Analisis dan Perancangan *Game*, yang meliputi penyusunan *storyline*, perancangan konsep, dan desain antarmuka. Selanjutnya, pada tahap Rancangan Perhitungan ARAS. Kemudian, tahap rancangan fitur bantuan pemilihan *equipment*. Tahap Desain Eksperimen kemudian dilaksanakan untuk menguji model yang dirancang. Akhirnya, pada tahap Desain Pengujian, digunakan SUS untuk menilai kegunaan dan kepuasan pengguna terhadap *game*. Tahapan-tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Penelitian

3.2 Analisis dan Perancangan *Game*

Bagian ini menjelaskan analisis dan perancangan yang dilakukan untuk mengembangkan *game* "*River Run*", yang bertujuan untuk memberikan pengalaman bermain yang menyenangkan sekaligus edukatif, khususnya dalam meningkatkan pengetahuan siswa Sekolah Dasar (SD) mengenai lingkungan sungai. Fokus utama adalah menciptakan *gameplay* yang menarik, mendidik, dan menghibur, serta memastikan penyampaian pesan edukatif terkait pelestarian lingkungan sungai. Selain itu, *storyline*, mekanisme permainan dan antarmuka dirancang untuk meningkatkan pengalaman bermain dan memastikan *game* ini dapat dinikmati dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga ekosistem sungai.

3.2.1 *Storyline Game*

Di sebuah desa yang terletak di tepian sebuah kota kecil, hiduplah seorang pemuda bernama Bayu. Desa ini dikenal dengan pesona alamnya yang memesona, terutama keberadaan tiga sungai yang mengalir melalui wilayah tersebut. Namun, seiring berjalannya waktu, sungai-sungai itu mulai mengalami perubahan yang memprihatinkan.

Sungai pertama berada dekat dengan desa, tempat yang biasanya menjadi sumber kehidupan bagi warga desa yang menggantungkan hidupnya pada air yang jernih. Namun, sungai ini kini tercemar oleh sampah organik yang berasal dari limbah pertanian dan rumah tangga. Warga sering membuang sisa makanan, daun-daun kering, dan bahan organik lainnya ke dalam sungai tanpa merasa bersalah.

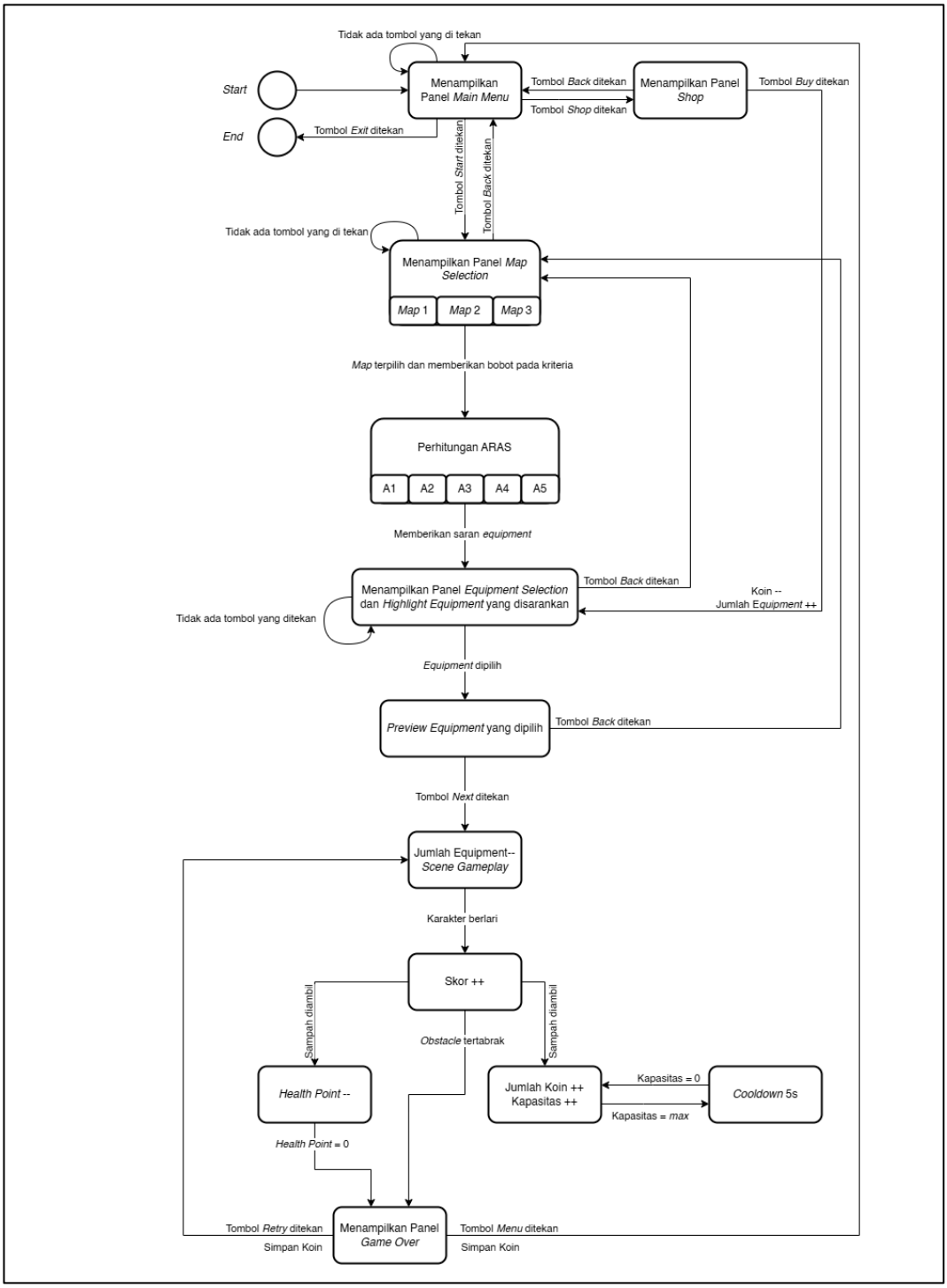
Sungai kedua berada di dekat kota, tempat yang sering dikunjungi oleh para pengunjung dan menjadi saluran utama air yang mengalir dari kawasan kota. Di sini, masalah yang dihadapi berbeda. Sungai ini tercemar oleh sampah anorganik, seperti plastik, botol kaca, kaleng bekas minuman, dan bahan-bahan yang sulit terurai oleh alam. Sungai yang dulunya mengalir jernih kini dipenuhi dengan sampah yang membuat aliran sungai menjadi tercemar.

Tidak jauh dari situ, ada sungai ketiga yang berada di kawasan industri. Kawasan ini dikenal dengan aktivitas pabrik-pabrik besar yang menghasilkan berbagai macam produk. Namun, akibat limbah industri yang dibuang sembarangan, sungai ini tercemar oleh sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) seperti tumpahan minyak. Limbah kimia dari pabrik-pabrik tersebut meresap ke dalam air sungai, menyebabkan kerusakan serius pada ekosistem di sekitarnya.

Melihat keadaan yang semakin buruk, Bayu, seorang pemuda yang tumbuh besar di desa itu, merasa tidak bisa hanya diam saja. Bayu sangat mencintai alam, dan sungai-sungai itu adalah bagian penting dari kehidupannya. Dia tahu, jika tidak ada yang peduli dan melakukan sesuatu, sungai-sungai itu akan terus tercemar dan akhirnya menghilang dari kehidupan mereka. Bayu pun memutuskan untuk turun langsung ke lapangan. Dia mempersiapkan segala perlengkapan yang dibutuhkan untuk membersihkan sungai-sungai tersebut. Apakah Bayu mampu menghadapi tantangan besar ini dan membersihkan sungai-sungai yang sudah begitu tercemar?

3.2.2 Perancangan *Game*

Rancangan *game* ini menggunakan *Finite State Machine* (FSM), yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 FSM

Game "*River Run*" adalah *game mobile* tiga dimensi dengan genre *endless runner* yang menguji refleks dan strategi pemain dalam menghadapi berbagai

rintangan di jalur sungai yang tercemar. Mekanisme permainan dirancang dengan kontrol berbasis *swipe* memungkinkan pemain bergerak ke kiri atau kanan. Tingkat kesulitan meningkat seiring progres permainan, ditandai dengan meningkatnya kecepatan pergerakan karakter.

Game ini dirancang dengan *menu* yang mengarahkan pemain melalui tahapan permainan secara terstruktur, mulai dari *main menu* hingga memasuki *gameplay*. Pemain memulai permainan dari *main menu*, yang menyediakan opsi untuk memulai permainan atau keluar. Jika pemain memilih untuk bermain, mereka akan dihadapkan dengan tampilan *map selection*, tempat pemain dapat memilih salah satu dari tiga *map* yang tersedia. Setelah *map* dipilih, perhitungan ARAS dilakukan untuk menentukan saran *equipment* yang sesuai berdasarkan bobot kriteria yang telah ditetapkan tiap *map* dan koin yang dimiliki pemain. Jika jumlah koin pemain tidak mencukupi untuk membeli *equipment* yang disarankan, akan diberikan alternatif lain berdasarkan hasil perhitungan ARAS. Untuk memudahkan pemain, *equipment* yang disarankan akan ditampilkan dengan memberikan *highlight*.

Pemain dapat memilih *equipment* yang disarankan atau memilih *equipment* lain sesuai preferensi mereka. Setiap *equipment* yang tersedia memiliki kapasitas dan daya tahan yang berbeda, yang mempengaruhi cara pemain mengumpulkan sampah dan bertahan dalam permainan. Kapasitas mengacu pada jumlah maksimal sampah yang dapat dikumpulkan sebelum memerlukan waktu pemulihan (*cooldown*), sementara daya tahan mengacu pada *Health Point* (HP) *equipment* yang akan berkurang setiap kali digunakan untuk mengambil sampah. Setelah pemain memilih *equipment*, akan ditampilkan *preview equipment*. Kemudian,

pemain dapat menekan tombol *start* untuk memulai permainan dan dapat mengendalikan karakternya untuk berlari melewati berbagai rintangan sambil mengumpulkan sampah yang tersebar di sepanjang jalur sungai. Setiap sampah yang dikumpulkan oleh pemain secara otomatis memperbarui skor, jumlah koin pemain, dan kapasitas *equipment*.

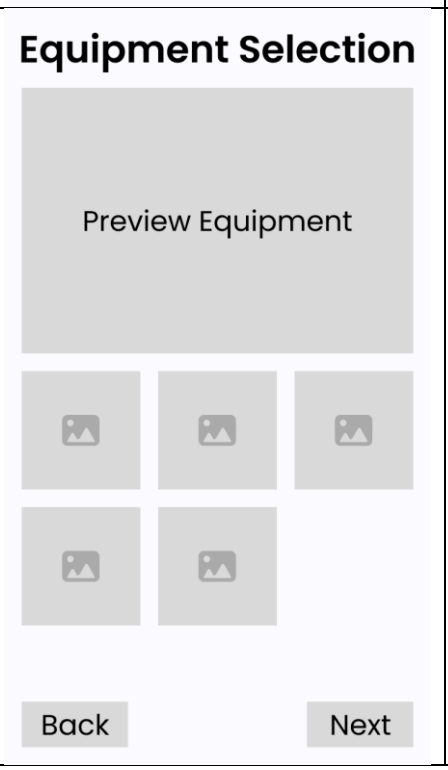
Ada dua kondisi yang menyebabkan *game over*: pertama, jika daya tahan *equipment* mencapai nol, permainan akan berakhir kemudian panel *game over* akan ditampilkan dengan opsi untuk *retry* (memulai ulang permainan dengan *map* dan *equipment* yang sama) atau kembali ke *main menu* untuk memilih ulang *map* dan *equipment*. Kedua, jika pemain menabrak rintangan, permainan akan berakhir dan panel *game over* akan ditampilkan tanpa memperhitungkan daya tahan *equipment*.

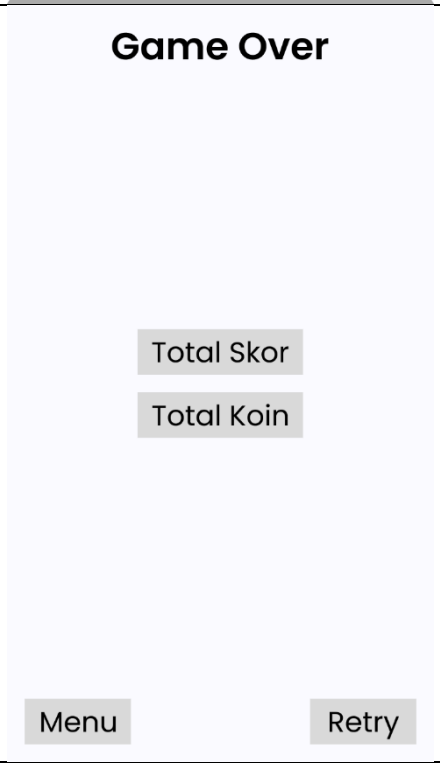
3.2.3 Rancangan Antarmuka

Rancangan antarmuka *game* "*River Run*" difokuskan pada kemudahan akses dan pengalaman pemain. Tampilan utama dirancang untuk memudahkan pemain mengakses berbagai fitur permainan tanpa kebingungan. Desain menu menggunakan elemen visual yang mendukung navigasi yang jelas, memungkinkan pemain mengenali opsi yang tersedia dengan cepat. Setiap menu dirancang untuk membantu pemain menjelajahi fitur permainan secara efisien. Dengan tata letak terorganisir dan ikon yang intuitif, pemain dapat dengan mudah memahami fungsi masing-masing menu dan berinteraksi dengan *game* secara lancar. Selain itu, tampilan antarmuka juga mengutamakan aspek estetika, memberikan pengalaman visual yang menyenangkan serta mendukung kenyamanan pemain saat bermain. Rancangan antarmuka secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan Antarmuka

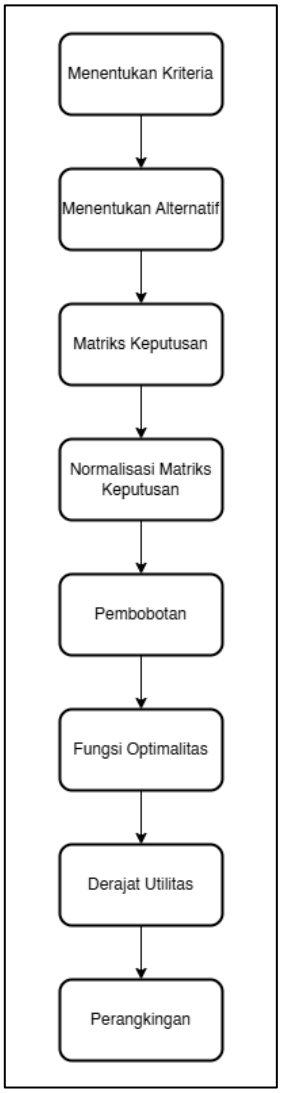
No.	Gambar	Keterangan
1.		Ketika pemain membuka *game*, tampilan *main menu* akan muncul, yang terdiri dari tombol *start*, *shop, about, exit* dan informasi mengenai koin yang diperoleh.
2.		Tampilan *shop* akan muncul ketika pemain menekan tombol *shop* di *main menu*. Disini pemain bisa membeli *equipment* untuk digunakan membersihkan sungai.

3.		Tampilan *map selection* akan muncul Ketika pemain menekan tombol *start* di *main menu*. Di sini, pemain dapat memilih *map* yang ingin dimainkan, dengan masing-masing *map* dilengkapi informasi singkat mengenai karakteristik sungai seperti lebar sungai, banyaknya dan jenis sampah, dll.
4.		Setelah memilih *map*, pemain akan melihat menu *equipment selection* yang menyediakan fitur bantuan. Pemain dapat memilih *equipment* yang disarankan oleh sistem atau memilih *equipment* lain sesuai preferensi. *Equipment* yang disarankan akan ditandai dengan ikon jempol di pojok kanan atas *equipment*. *Equipment* yang dipilih pemain akan ditampilkan dalam bentuk *preview*. Terdapat tombol *back* untuk kembali ke halaman *map selection* dan tombol *next* untuk memulai permainan.

5.		Setelah memilih *equipment*, pemain akan masuk ke *scene gameplay,* dimana pemain akan mulai berlari, menghindari rintangan, dan mengumpulkan sampah. Pada halaman ini ditampilkan daya tahan dan kapasitas *equipment*, skor dan koin yang didapatkan pemain.
6.		Tampilan *game over* akan muncul ketika daya tahan *equipment* pemain mencapai 0 atau pemain menabrak *obstacle*. Pada halaman ini ditampilkan total skor dan koin yang didapatkan pemain serta tombol menu untuk kembali ke *main menu* dan *retry* untuk mengulang kembali permainan menggunakan *map* dan *equipment* yang sama.

3.3 Rancangan Perhitungan ARAS

Dalam penelitian ini, metode ARAS digunakan untuk menilai alternatif-alternatif yang ada dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*". Gambar 3.3 menggambarkan alur perhitungan metode ARAS yang melibatkan beberapa tahapan, yaitu: menentukan kriteria, menentukan alternatif, penyusunan matriks keputusan, normalisasi matriks keputusan, pembobotan, perhitungan fungsi optimalitas, perhitungan derajat utilitas, dan perangkingan (Zavadskas & Turskis, 2010).



Gambar 3.3 Alur Perhitungan ARAS

3.3.1 Menentukan Kriteria

Kriteria merupakan faktor yang dijadikan acuan dalam menilai alternatif dalam proses pengambilan keputusan (Antunes dkk., 1994). Kriteria memiliki peran penting dalam sistem pendukung keputusan untuk mengevaluasi alternatif dan menentukan keputusan terbaik. Sebagai landasan perbandingan opsi, kriteria membantu menetapkan tindakan yang optimal (Pankratova & Nedashkovskaya, 2017). Tabel 3.2 menunjukkan data kriteria yang ada pada setiap *equipment* dalam *game* ini.

Tabel 3.2 Data Kriteria

Kriteria	Keterangan	Jenis Kriteria
C1	*Reach*	*Benefit*
C2	*Capacity*	*Benefit*
C3	*Safety*	*Benefit*
C4	*Price*	*Cost*

Setiap kriteria yang telah ditentukan memiliki subkriteria yang dirancang untuk memberikan penilaian lebih rinci terhadap performa masing-masing alternatif. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai subkriteria untuk masing-masing kriteria beserta skala penilaiannya.

1. *Reach*

Berdasarkan penelitian (Laurence dkk., 2018), kemampuan alat untuk mencapai lokasi-lokasi yang sulit dijangkau sangat penting. Alat dengan jangkauan yang tinggi memungkinkan petugas untuk mengumpulkan sampah tanpa harus mendekati atau memasuki area tersebut secara langsung, sehingga mempermudah proses pembersihan dan meningkatkan efisiensi. Dalam penelitian ini, kriteria *reach* (jangkauan) menggambarkan sejauh mana *equipment* dapat menjangkau sampah yang tersebar di jalur (*lane*) permainan. *Equipment* dengan nilai *reach* yang

tinggi memungkinkan pemain untuk mengumpulkan lebih banyak sampah tanpa harus mendekatinya secara langsung. Kriteria ini termasuk dalam kategori *benefit* karena semakin tinggi nilai *reach*, semakin banyak sampah yang dapat dikumpulkan, yang akan menguntungkan pemain dalam meningkatkan skor dan koin mereka. Penilaian untuk kriteria ini dapat dilihat pada Tabel 3.3, yang menunjukkan skala nilai berdasarkan jangkauan alat.

Tabel 3.3 Skala Penilaian Kriteria *Reach*

Subkriteria		**Skala Nilai**
1 *Lane*	Sangat Kecil	1
1.5 *Lane*	Kecil	2
2 *Lane*	Sedang	3
2.5 *Lane*	Luas	4
3 *Lane*	Sangat Luas	5

2. *Capacity*

Berdasarkan penelitian (Bowan, 2013), kapasitas alat pembersihan merupakan pertimbangan penting saat memilih alat untuk pembersihan sampah. Kapasitas alat yang tidak memadai dapat menghambat pengumpulan dan pembuangan sampah yang efektif. Dalam penelitian ini, kriteria *capacity* (kapasitas) menggambarkan kemampuan *equipment* dalam menampung sampah yang dikumpulkan oleh pemain. *Equipment* dengan nilai *capacity* yang tinggi memungkinkan pemain untuk membawa lebih banyak sampah sebelum mencapai batas maksimal. Kriteria ini termasuk dalam kategori *benefit* karena semakin tinggi kapasitas, semakin banyak sampah yang dapat dikumpulkan, yang menguntungkan pemain dalam meningkatkan skor dan koin. Penilaian untuk kriteria ini dapat dilihat pada Tabel 3.4, yang menunjukkan skala nilai berdasarkan jumlah sampah yang dapat ditampung.

Tabel 3.4 Skala Penilaian Kriteria *Capacity*

Subkriteria		**Skala Nilai**
10 Sampah	Sangat Sedikit	1
15 Sampah	Sedikit	2
20 Sampah	Sedang	3
25 Sampah	Banyak	4
30 Sampah	Sangat Banyak	5

3. *Safety*

Berdasarkan penelitian (Ferguson & Martin, 1985), keamanan alat pembersih sangat penting dalam menentukan tingkat keselamatan penggunaannya. Alat dengan keamanan yang lebih tinggi mampu bertahan lebih lama meskipun digunakan dalam kondisi yang menantang, seperti mengumpulkan sampah yang berbahaya. Dalam penelitian ini, kriteria *safety* (keamanan) menggambarkan seberapa tinggi daya tahan (*health point*) yang dimiliki oleh sebuah *equipment* saat digunakan untuk mengumpulkan sampah. Sampah tertentu, seperti sampah B3, menyebabkan *health point* berkurang lebih cepat, sehingga *equipment* dengan *health point* yang lebih tinggi memungkinkan pemain bertahan lebih lama dalam permainan. Kriteria ini termasuk dalam kategori *benefit* karena semakin tinggi *health point*, semakin lama pemain dapat bertahan dalam permainan, yang tentunya menguntungkan dalam permainan. Penilaian untuk kriteria ini dapat dilihat pada Tabel 3.5, yang menunjukkan skala nilai berdasarkan *health point*.

Tabel 3.5 Skala Penilaian Kriteria *Safety*

Subkriteria		**Skala Nilai**
100 *Health Point* (HP)	Sangat Bahaya	1
200 *Health Point* (HP)	Bahaya	2
300 *Health Point* (HP)	Sedang	3
400 *Health Point* (HP)	Aman	4
500 *Health Point* (HP)	Sangat Aman	5

4. *Price*

Berdasarkan penelitian (Tyler, 1978), harga adalah salah satu faktor utama dalam menentukan pemilihan alat, karena harga mencerminkan biaya awal yang perlu dikeluarkan untuk mendapatkan alat tersebut. Dalam penelitian ini, kriteria *price* (harga) menggambarkan harga sebuah *equipment*, yang merepresentasikan banyaknya koin yang diperlukan untuk mendapatkan *equipment*. Dalam permainan, sampah yang dikumpulkan oleh pemain memiliki nilai koin tertentu, yang dapat digunakan untuk membeli *equipment* dengan harga yang telah ditentukan. Kriteria ini termasuk dalam kategori *cost* karena semakin tinggi harga sebuah *equipment*, semakin banyak koin yang dibutuhkan pemain untuk membelinya, yang tentunya dapat merugikan pemain dalam hal pengumpulan koin. Penilaian untuk kriteria ini dapat dilihat pada Tabel 3.6, yang menunjukkan skala nilai berdasarkan jumlah koin yang diperlukan.

Tabel 3.6 Skala Penilaian Kriteria *Price*

Subkriteria		**Skala Nilai**
0-20 Koin	Sangat Murah	1
40 Koin	Murah	2
60 Koin	Sedang	3
80 Koin	Mahal	4
100 Koin	Sangat Mahal	5

3.3.2 Menentukan Alternatif

Data alternatif merujuk pada sekumpulan opsi atau solusi yang dievaluasi dalam proses pengambilan keputusan (Carneiro, 2001). Dalam penelitian ini, data alternatif mencakup *equipment* yang tersedia dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*" yang berfungsi untuk membantu pemain dalam mengumpulkan berbagai jenis sampah yang tersebar di area permainan, yaitu sampah organik,

anorganik, dan sampah B3. Setiap jenis sampah dalam permainan ini memiliki dampak yang berbeda terhadap pemain. Sampah organik dan anorganik hanya mengurangi daya tahan *equipment* dalam jumlah kecil, sehingga dapat dikumpulkan tanpa banyak risiko. Sedangkan sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) memiliki efek yang lebih besar, menyebabkan daya tahan *equipment* berkurang lebih cepat jika tidak dikumpulkan dengan *equipment* yang sesuai. Jika daya tahan *equipment* habis, permainan akan berakhir. Oleh karena itu, pemilihan *equipment* yang tepat menjadi faktor utama dalam mempertahankan daya tahan dan memperpanjang waktu permainan. Tabel 3.7 menunjukkan data alternatif yang digunakan dalam *game* ini.

Tabel 3.7 Data Alternatif

Alternatif	**Keterangan**
A1	*Glove*
A2	*Trash Grabber*
A3	*Floating Net*
A4	*Skimmer Boat*
A5	*Oil Boom*

3.3.3 Matriks Keputusan

Matriks keputusan merupakan alat yang digunakan untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan sejumlah kriteria tertentu. Matriks ini berbentuk tabel dua dimensi, dengan setiap baris merepresentasikan alternatif yang dievaluasi, sedangkan setiap kolom merepresentasikan kriteria yang menjadi dasar evaluasi, dengan bobot tertentu untuk mencerminkan tingkat kepentingan masing-masing kriteria (Mogharreban, 2006). Dalam penelitian ini, matriks keputusan digunakan untuk mengevaluasi lima alternatif, yaitu *Glove*, *Trash Grabber*, *Floating Net*, *Skimmer Boat*, dan *Oil Boom*, terhadap empat kriteria evaluasi yang meliputi

Reach, *Capacity*, *Safety*, dan *Price*. Untuk mempermudah analisis, alternatif-alternatif tersebut diberi kode sebagai A1, A2, A3, A4, A5 sementara kriteria diberi kode sebagai C1, C2, C3, C4.

Tahap berikutnya adalah penentuan alternatif ideal (A0). Untuk kriteria *benefit*, A0 ditentukan berdasarkan nilai tertinggi dari seluruh alternatif. Sebaliknya, untuk kriteria *cost*, A0 ditentukan berdasarkan nilai terendah dari seluruh alternatif. Dalam penelitian ini, kriteria *Reach* (C1), *Capacity* (C2), dan *Safety* (C3) termasuk dalam kategori *benefit*, sehingga nilai ideal untuk kriteria tersebut adalah nilai maksimum pada masing-masing kolom matriks keputusan. Sementara itu, kriteria *Price* (C4) termasuk dalam kategori *cost*, sehingga nilai ideal untuk kriteria tersebut adalah nilai minimum pada masing-masing kolom. Selanjutnya, A0 ditambahkan ke dalam matriks keputusan sebagai baris tambahan yang merepresentasikan kondisi terbaik secara teoritis. Penentuan A0 sangat penting dalam proses analisis, karena alternatif ini digunakan sebagai referensi untuk menilai seberapa dekat performa setiap alternatif dengan kondisi ideal. Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, hasil penambahan A0 disajikan dalam Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Matriks Keputusan

Alternatif	**Kriteria**			
	C1	**C2**	**C3**	**C4**
A0	5	5	5	1
A1	1	1	1	1
A2	5	2	2	2
A3	2	4	2	3
A4	2	5	3	5
A5	2	3	5	5

3.3.4 Normalisasi Matriks Keputusan

Normalisasi bertujuan untuk mengubah nilai pada matriks keputusan ke dalam skala yang seragam sehingga dapat dibandingkan secara adil antar kriteria yang memiliki unit atau dimensi yang berbeda. Tahapan ini dilakukan setelah data tabel yang merepresentasikan matriks keputusan dikonversi menjadi matriks numerik X.

$$X = \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 2 & 3 \\ 2 & 5 & 3 & 5 \\ 2 & 3 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

Untuk kriteria *benefit*, proses normalisasi dilakukan dengan membagi nilai setiap elemen pada kolom kriteria oleh total nilai pada kolom tersebut. Normalisasi untuk kriteria *benefit* dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} X_{ij}} \tag{3.1}$$

Diketahui data untuk kriteria *Reach* (C1) sebagai berikut:

$X_{01} = 5,\ X_{11} = 1,\ X_{21} = 5,\ X_{31} = 2,\ X_{41} = 2,\ X_{51} = 2$

Langkah pertama, menghitung normalisasi untuk elemen X_{01}.

$$\bar{X}_{01} = \frac{X_{01}}{\sum_{i=0}^{m} X_{ij}}$$

$$= \frac{X_{01}}{X_{01} + X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51}}$$

$$= \frac{5}{5 + 1 + 5 + 2 + 2 + 2}$$

$$= \frac{5}{17} = 0.294$$

Selanjutnya, normalisasi untuk elemen lainnya dihitung dengan cara yang sama.

$\bar{X}_{11} = \frac{1}{5+1+5+2+2+2} = \frac{1}{17} = 0.058$

$\bar{X}_{21} = \frac{5}{5+1+5+2+2+2} = \frac{5}{17} = 0.294$

$\bar{X}_{31} = \frac{2}{5+1+5+2+2+2} = \frac{2}{17} = 0.117$

$\bar{X}_{41} = \frac{1}{5+1+5+2+2+2} = \frac{2}{17} = 0.117$

$\bar{X}_{51} = \frac{1}{5+1+5+2+2+2} = \frac{2}{17} = 0.117$

Untuk kriteria *cost*, sebelum melakukan normalisasi, nilainya harus dibalik (*invers*) terlebih dahulu.

$$X_{ij} = \frac{1}{X^*_{ij}} \; ; \; \bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} X_{ij}} \qquad (3.2)$$

Diketahui data untuk kriteria *Price* (C4) sebagai berikut:

$X^*_{04} = 1, \;\; X^*_{14} = 1, \;\; X^*_{24} = 2, \;\; X^*_{34} = 3, \;\; X^*_{44} = 5, \;\; X^*_{54} = 5$

Setiap nilai dalam kriteria *cost* dibalik dengan menggunakan rumus $X_{ij} = \frac{1}{X^*_{ij}}$

Langkah pertama, menghitung pembalikan nilai untuk elemen X^*_{04}.

$X_{04} = \frac{1}{X^*_{04}}$

$= \frac{1}{1}$

$= 1$

Selanjutnya, nilai pembalikan untuk elemen lainnya dihitung dengan cara yang sama.

$X_{14} = \frac{1}{1} = 1$

$X_{24} = \frac{1}{2} = 0.5$

$X_{34} = \frac{1}{3} = 0.333$

$X_{44} = \frac{1}{5} = 0.2$

$X_{54} = \frac{1}{5} = 0.2$

Setelah nilai dibalik, langkah selanjutnya adalah normalisasi dengan membagi setiap nilai hasil pembalikan dengan total hasil pembalikan. Diketahui data untuk kriteria *Price* (C4) setelah pembalikan sebagai berikut:

$X_{04} = 1,\ X_{14} = 1,\ X_{24} = 0.5,\ X_{34} = 0.333,\ X_{44} = 0.2,\ X_{54} = 0.2$

Langkah pertama, menghitung normalisasi untuk elemen X_{04}:

$$\bar{X}_{04} = \frac{X_{04}}{\sum_{i=0}^{m} X_{ij}}$$

$$= \frac{X_{04}}{X_{04} + X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54}}$$

$$= \frac{1}{1 + 1 + 0.5 + 0.333 + 0.2 + 0.2}$$

$$= \frac{1}{3.233}$$

$$= 0.309$$

Selanjutnya, normalisasi untuk elemen lainnya dihitung dengan cara yang sama:

$$\bar{X}_{14} = \frac{1}{1+1+0.5+0.333+0.2+0.2} = \frac{1}{3.233} = 0.309$$

$$\bar{X}_{24} = \frac{0.333}{1+1+0.5+0.333+0.2+0.2} = \frac{0.5}{3.233} = 0.154$$

$$\bar{X}_{34} = \frac{0.333}{1+1+0.5+0.333+0.2+0.2} = \frac{0.333}{3.233} = 0.103$$

$$\bar{X}_{44} = \frac{0.2}{1+1+0.5+0.333+0.2+0.2} = \frac{0.2}{3.233} = 0.061$$

$$\bar{X}_{54} = \frac{0.5}{1+1+0.5+0.333+0.2+0.2} = \frac{0.2}{3.233} = 0.061$$

Perhitungan yang telah dilakukan di atas mencakup dua kriteria, yaitu kriteria *benefit* (C1) dan kriteria *cost* (C4). Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, hasil semua perhitungan normalisasi disajikan dalam Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Normalisasi Matriks Keputusan

Alternatif	Kriteria			
	C1	C2	C3	C4
A0	0.294	0.25	0.277	0.309
A1	0.058	0.05	0.055	0.309
A2	0.294	0.1	0.111	0.154
A3	0.117	0.2	0.111	0.103
A4	0.117	0.25	0.166	0.061
A5	0.117	0.15	0.277	0.061

3.3.5 Pembobotan

Pembobotan adalah langkah penting dalam metode ARAS yang mengintegrasikan bobot kriteria ke dalam hasil normalisasi. Dalam penelitian ini, bobot kriteria ditentukan berdasarkan *rule* berbasis karakteristik sungai, seperti lebar sungai, banyaknya sampah, jenis sampah, dan harga jual sampah / *reward*. Misalnya, untuk kriteria *Reach* (C1), bobot diberikan berdasarkan lebar sungai: jika lebar sungainya 3 *lane* maka bobot kriterianya 0.1, jika 4 *lane* maka bobot kriterianya 0.2, dan jika 5 *lane* maka bobot kriterianya >0.3. *Rule* bobot ini dirangkum dalam Tabel 3.10.

Tabel 3.10 *Rule* Bobot

Kriteria	Karakteristik Sungai	Bobot	Keterangan
Reach	Lebar sungai	0.1	3 *lane*
		0.2	4 *lane*
		>0.3	5 *lane*
Capacity	Banyaknya sampah	0.1	2-4 sampah / *tile*
		0.2	5-7 sampah / *tile*
		>0.3	8-10 sampah / *tile*
Safety	Jenis sampah	0.1	Organik
		0.2	Anorganik
		>0.3	B3
Price	Harga jual sampah / *Reward*	0.1	5 koin
		0.2	2 koin
		>0.3	1 koin

Rule bobot ini kemudian diadaptasi untuk masing-masing *map*. Setiap *map* memiliki bobot kriteria yang berbeda, sesuai dengan karakteristik sungainya. Tabel 3.11. menunjukkan distribusi bobot untuk setiap *map*.

Tabel 3.11 Bobot Kriteria Tiap *Map*

Map	Kriteria			
	C1	C2	C3	C4
1	0.1	0.3	0.1	0.5
2	0.2	0.4	0.2	0.2
3	0.3	0.2	0.4	0.1

Berdasarkan bobot kriteria tiap *map* dan *rule* bobot, karakteristik sungai pada masing-masing *map* adalah sebagai berikut: Pada *Map* 1, sungai memiliki lebar 3 *lane* dengan jenis sampah organik, jumlah sampah berkisar antara 8 hingga 10 sampah per *tile*, dan memberikan *reward* sebesar 1 koin untuk setiap sampah yang berhasil dikumpulkan. Di *Map* 2, sungai memiliki lebar 4 *lane*, jenis sampah anorganik, jumlah sampah berkisar antara 8 hingga 10 sampah per *tile*, serta memberikan *reward* sebesar 2 koin untuk setiap sampah yang berhasil dikumpulkan. Sedangkan di *Map* 3, sungai memiliki lebar 5 *lane*, jenis sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), jumlah sampah berkisar antara 5 hingga 7 sampah per *tile*, dan memberikan *reward* sebesar 5 koin untuk setiap sampah yang berhasil dikumpulkan.

Selain itu, total jumlah bobot untuk setiap *map* harus memenuhi syarat bahwa jumlah bobotnya adalah 1. Hal ini memastikan bahwa bobot kriteria terdistribusi secara proporsional, dan tidak ada bias dalam analisis. Sebagai contoh, pada *map* 1 distribusi bobotnya adalah C1 = 0.1, C2 = 0.3, C3 = 0.1, dan C4 = 0.5. Jika dijumlahkan, maka hasilnya adalah 1. Nilai pembobotan diperoleh dengan mengalikan nilai normalisasi matriks keputusan dengan bobot kriteria. Dalam

penelitian ini, perhitungan menggunakan bobot kriteria yang ditentukan untuk setiap *map*, mencerminkan prioritas masing-masing kriteria sesuai karakteristik sungai. Pada analisis yang dilakukan, perhitungan difokuskan pada *map* 1.

Setelah mendapatkan bobot kriteria, langkah selanjutnya adalah mengalikan bobot kriteria terhadap hasil normalisasi. Pembobotan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\hat{X}_{ij} = \bar{X}_{ij} \, . W_j \tag{3.3}$$

Diketahui hasil normalisasi untuk Alternatif 1 pada masing-masing kriteria sebagai berikut:

$\bar{X}_{11} = 0.058, \ \bar{X}_{12} = 0.05, \ \bar{X}_{13} = 0.055, \ \bar{X}_{14} = 0.309$

Bobot masing-masing kriteria:

$W_1 = 0.1, \ W_2 = 0.3, \ W_3 = 0.1, \ W_4 = 0.5$

Setiap nilai hasil normalisasi dikalikan dengan bobot kriteria yang bersangkutan. Langkah pertama, menghitung pembobotan untuk elemen $\bar{X}_{11}$.

$\hat{X}_{11} = \bar{X}_{11} \, . W_1$

= 0.058 x 0.1

= 0.005

Selanjutnya, pembobotan untuk elemen lainnya dihitung dengan cara yang sama:

$\hat{X}_{12}$ = 0.05 x 0.3 = 0.015

$\hat{X}_{13}$ = 0.055 x 0.1 = 0.005

$\hat{X}_{14}$ = 0.309 x 0.5 = 0.154

Begitu juga untuk perhitungan pembobotan pada alternatif lainnya, Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, hasil semua perhitungan pembobotan disajikan dalam Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Hasil Pembobotan

Alternatif	Kriteria			
	C1	C2	C3	C4
A0	0.029	0.075	0.027	0.154
A1	0.005	0.015	0.005	0.154
A2	0.029	0.03	0.011	0.077
A3	0.011	0.06	0.011	0.051
A4	0.011	0.075	0.016	0.03
A5	0.011	0.045	0.027	0.03

3.3.6 Fungsi Optimalitas

Fungsi optimalitas dihitung dengan menjumlahkan seluruh nilai pembobotan dari masing-masing kriteria untuk setiap alternatif. Nilai ini merepresentasikan tingkat keunggulan kumulatif dari sebuah alternatif terhadap semua kriteria yang dipertimbangkan. Tahap ini bertujuan untuk menentukan skor akhir yang mencerminkan performa keseluruhan dari setiap alternatif. Fungsi optimalitas dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \hat{X}_{ij} \tag{3.4}$$

Diketahui nilai pembobotan untuk alternatif A1, sebagai berikut:

$\hat{X}_{11} = 0.005,\ \hat{X}_{12} = 0.015,\ \hat{X}_{13} = 0.005,\ \hat{X}_{14} = 0.154$

Setiap nilai pembobotan dijumlahkan untuk mendapatkan nilai fungsi optimalitas. Langkah pertama, menghitung fungsi optimalitas dari elemen $\hat{X}_{11}$:

$$S_1 = \sum_{j=1}^{n} \hat{X}_{ij}$$

$= \hat{X}_{11} + \hat{X}_{12} + \hat{X}_{13} + \hat{X}_{14}$

= 0.005 + 0.015 + 0.005 + 0.154

= 0.179

Proses yang sama diterapkan untuk alternatif lainnya, termasuk alternatif ideal (A0). Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, hasil semua perhitungan fungsi optimalitas disajikan dalam Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Fungsi Optimalitas

Alternatif	Si
A0	0.285
A1	0.179
A2	0.147
A3	0.133
A4	0.132
A5	0.113

3.3.7 Derajat Utilitas

Derajat utilitas digunakan untuk mengevaluasi tingkat efisiensi relatif dari setiap alternatif dibandingkan dengan alternatif ideal (A0). Derajat utilitas menunjukkan seberapa dekat performa alternatif ke-i dengan performa optimal yang direpresentasikan oleh alternatif ideal. Perhitungan derajat utilitas dilakukan dengan membandingkan skor optimalitas (Si) dari setiap alternatif dengan skor optimalitas alternatif ideal (S0). Derajat utilitas dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \tag{3.5}$$

Diketahui nilai fungsi optimalitas S_0 adalah 0.285 dan nilai fungsi optimalitas S_1 adalah 0.179, maka derajat utilitas dihitung sebagai berikut:

$K_1 = \frac{S_1}{S_0}$

$$= \frac{0.179}{0.285}$$

$$= 0.628$$

Proses serupa dilakukan untuk seluruh alternatif, sehingga derajat utilitas setiap alternatif dapat dibandingkan dalam satu skala. Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, hasil semua perhitungan derajat utilitas disajikan dalam Tabel 3.14.

Tabel 3.14 Derajat Utilitas

Alternatif	Ki
A1	0.628
A2	0.515
A3	0.466
A4	0.463
A5	0.396

3.3.8 Perankingan

Perangkingan dilakukan berdasarkan nilai derajat utilitas yang telah diperoleh. Alternatif dengan nilai derajat utilitas tertinggi diberi peringkat pertama. Dalam analisis ini, alternatif yang berada di peringkat pertama adalah alternatif 1 (*Glove*), yang memiliki nilai derajat utilitas 0.628. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif tersebut merupakan pilihan yang paling sesuai berdasarkan bobot kriteria yang telah ditetapkan pada *map* 1. Untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap, hasil perangkingan disajikan dalam Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Hasil Perangkingan

Alternatif	Keterangan	Ki	Rank
A1	Glove	0.628	1
A2	Trash Grabber	0.515	2
A3	Floating Net	0.466	3
A4	Skimmer Boat	0.463	4
A5	Oil Boom	0.396	5

Setelah mendapatkan hasil perangkingan, fitur bantuan pemilihan *equipment* akan dibuat. Proses pembuatan fitur ini bertujuan untuk membantu pemain dalam memilih alat yang sesuai dengan bobot kriteria yang telah ditentukan pada masing-masing *map*, serta mempertimbangkan jumlah koin yang dimiliki oleh pemain. Fitur ini diimplementasikan pada panel *equipment selection*, di mana pemain dapat melihat pilihan alat yang tersedia. *Equipment* yang disarankan oleh sistem akan diberi *highlight* dengan ikon jempol, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 sehingga pemain dapat dengan mudah mengenali alat yang paling sesuai dengan kondisi mereka.

Gambar 3.4 Ikon Jempol (*Highligt*)

Sebagai contoh, dapat dilihat pada Tabel 3.16, jika pemain memiliki 50 koin, maka *equipment* yang disarankan oleh sistem adalah A2 (*Trash Grabber*), karena memiliki harga yang paling sesuai dengan jumlah koin yang dimiliki, yakni 40 koin, dan memiliki peringkat tertinggi setelah mempertimbangkan harga. Dengan fitur ini, diharapkan pemain dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam memilih *equipment* yang tepat berdasarkan jumlah koin yang dimiliki.

Tabel 3.16 Hasil Perhitungan (Contoh)

Alternatif	**Nama *Equipment***	**Harga**	**Peringkat**
A1	*Glove*	0	5
A2	*Trash Grabber*	40	3
A3	*Floating Net*	60	4
A4	*Skimmer Boat*	100	2
A5	*Oil Boom*	100	1

3.4 Desain Eksperimen

Setelah fitur bantuan pemilihan *equipment* dibuat, dilakukan eksperimen untuk melihat perbedaan dalam pemilihan *equipment* berdasarkan skenario eksperimen yang berbeda, serta jumlah koin yang dimiliki pemain. Proses eksperimen *game* dimulai dengan pemain memilih salah satu dari tiga *map* yang tersedia, yaitu Sungai Desa, Sungai Kota, atau Sungai Pabrik. Setiap *map* memiliki bobot kriteria yang berbeda, yang akan mempengaruhi *equipment* yang dipilihkan oleh sistem ARAS. Setelah memilih *map*, pemain diarahkan ke panel *equipment selection*, di mana sistem akan memberikan *equipment* yang sesuai dengan kriteria *map* dan jumlah koin yang dimiliki pemain. Adapun skenario eksperimen yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Skenario Eksperimen Pertama

Pada skenario ini, diasumsikan pemain memiliki 0 koin. Skenario ini diterapkan pada ketiga *map*, yaitu Sungai Desa, Sungai Kota, dan Sungai Pabrik. Eksperimen ini bertujuan untuk melihat apakah sistem dapat memilih *equipment* yang sesuai dengan kriteria masing-masing *map* meskipun pemain tidak memiliki koin.

2. Skenario Eksperimen Kedua

Dalam skenario ini, pemain memiliki 50 koin. Skenario ini juga diterapkan pada ketiga *map*, yaitu Sungai Desa, Sungai Kota, dan Sungai Pabrik. Eksperimen ini bertujuan untuk melihat bagaimana sistem memilih *equipment* yang sesuai dengan kriteria masing-masing *map*, namun tetap terbatas oleh jumlah koin yang dimiliki pemain.

3. Skenario Eksperimen Ketiga

Pada skenario ini, diasumsikan pemain memiliki 100 koin. Seperti pada skenario sebelumnya, skenario ini diterapkan pada ketiga *map*, yaitu Sungai Desa, Sungai Kota, dan Sungai Pabrik. Eksperimen ini bertujuan untuk melihat apakah sistem dapat memanfaatkan jumlah koin yang lebih banyak untuk memberikan *equipment* yang lebih optimal sesuai dengan kriteria masing-masing *map*.

3.5 Desain Pengujian

Pengujian akan dilakukan menggunakan *System Usability Scale* (SUS) untuk menilai tingkat *usability* dari fitur bantuan pemilihan *equipment* dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*". Responden yang terlibat adalah siswa SD/sederajat, yang akan diminta untuk memainkan *game* yang dilengkapi dengan sistem bantuan pemilihan *equipment* berbasis metode ARAS. Setelah mencoba *game*, mereka akan mengisi kuesioner SUS untuk menilai kemudahan penggunaan sistem tersebut.

Kuesioner akan disebarkan secara langsung dengan mengundang siswa SD ke lokasi penelitian yang telah disiapkan, di mana mereka akan memainkan *game* di perangkat *smartphone* yang disediakan. Setelah itu, mereka akan diminta untuk mengisi kuesioner SUS secara manual. Kuesioner ini terdiri dari dua bagian utama: pertama, pertanyaan mengenai frekuensi bermain game, dan kedua, 10 pertanyaan SUS dengan skala Likert 1-5 yang dirancang untuk mengukur pengalaman siswa dalam menggunakan fitur bantuan pemilihan *equipment*.

Untuk memastikan pemahaman yang tepat, dalam kuesioner SUS, istilah "sistem bantuan pemilihan *equipment*" digantikan dengan "rekomendasi *item*".

Perubahan ini dilakukan untuk menggunakan istilah yang lebih familier bagi responden, berdasarkan penelitian oleh (Fitriana dkk., 2024), yang menunjukkan bahwa *game* seperti *Mobile Legends* memiliki popularitas yang tinggi di kalangan anak-anak usia Sekolah Dasar di Indonesia. Dalam *game Mobile Legends*, konsep "rekomendasi *item*" lebih dikenal oleh para pemain, sehingga diharapkan dapat mempermudah pemahaman dan penilaian responden terhadap fitur yang diuji. Tabel 3.17 merupakan daftar pertanyaan, serta aspek-aspek yang dievaluasi berdasarkan penelitian (Ulfiah dkk., 2025).

Tabel 3.17 Daftar Kuesioner

No	Aspek	Pertanyaan
1.	*Satisfaction*	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
2.	*Efficiency*	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit
3.	*Learnability*	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan
4.	*Error*	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
5.	*Efficiency*	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik
6.	*Error*	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
7.	*Memorability*	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat
8.	*Learnability*	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan
9.	*Satisfaction*	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
10.	*Memorability*	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan dibahas secara rinci mengenai hasil implementasi dan eksperimen yang telah dilakukan terhadap *game* edukasi "*River Run*" beserta sistem bantuan pemilihan *equipment* menggunakan metode ARAS. Proses implementasi dimulai dengan pembahasan mengenai antarmuka *game*, yang meliputi desain tampilan *main menu*, *shop*, *map selection*, serta berbagai fitur lainnya. Selanjutnya, eksperimen dilakukan untuk menguji respons sistem terhadap berbagai skenario permainan yang berbeda. Eksperimen ini bertujuan untuk mengevaluasi pilihan *equipment* yang diberikan kepada pemain, serta memastikan bahwa sistem dapat memberikan rekomendasi yang sesuai dengan koin yang dimiliki pemain dalam setiap *map* yang dipilih.

Setelah eksperimen dilakukan, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pengalaman pengguna melalui kuesioner SUS. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kemudahan penggunaan sistem serta kepuasan pengguna dalam berinteraksi dengan fitur bantuan pemilihan *equipment* dalam *game*. Hasil dari pengujian ini memberikan gambaran mengenai seberapa efektif sistem dalam membantu pemain membuat keputusan yang tepat terkait dengan pemilihan *equipment*.

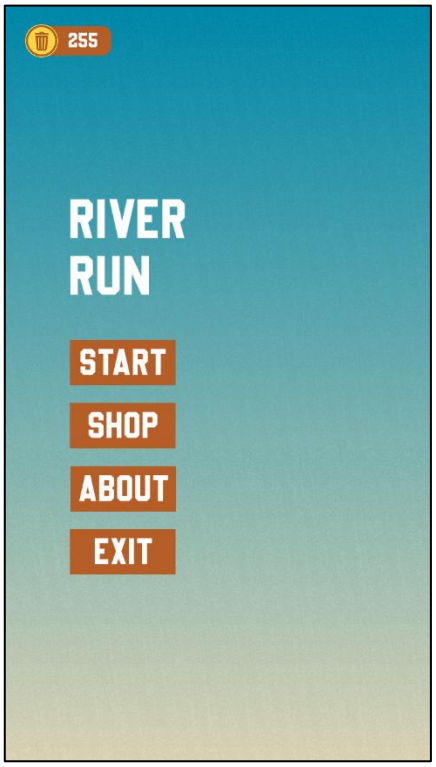
4.1 Implementasi *Game*

Pada bagian ini, akan dibahas mengenai implementasi dari *game* edukasi "*River Run*" yang telah dikembangkan berdasarkan rancangan yang telah dijelaskan

pada bab sebelumnya. Implementasi *game* ini mencakup berbagai komponen yang membentuk alur permainan, mulai dari antarmuka hingga mekanisme permainan yang digunakan untuk memberikan pengalaman edukasi kepada pemain. Setiap elemen dalam *game* ini, seperti *Main Menu*, *Shop*, *Map Selection*, *Equipment Selection*, *Gameplay*, dan *Game Over*, diimplementasikan dengan tujuan untuk menciptakan pengalaman bermain yang menarik sekaligus mendidik.

4.1.1 *Main Menu*

Tampilan *Main Menu* pada *game* "*River Run*" adalah tampilan awal yang muncul saat pemain membuka *game*. Tampilan ini berisi beberapa tombol seperti "*Start*" untuk memulai *game,* tombol "*Shop*" untuk mengakses toko dan informasi mengenai jumlah koin yang telah diperoleh pemain. Tampilan *main menu* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan *Main Menu*

4.1.2 *Shop*

Tampilan *Shop* berfungsi untuk membeli berbagai *equipment* yang dapat membantu dalam permainan. Setiap *equipment* yang tersedia di *Shop* dilengkapi dengan nama, harga, gambar, serta statistik yang menunjukkan jangkauan, kapasitas, dan daya tahan dari setiap *equipment*. Pemain dapat memilih *equipment* yang diinginkan dan membeli dengan menggunakan koin yang telah diperoleh selama permainan. Tombol "*Buy*" disediakan untuk memudahkan proses pembelian *equipment.* Tampilan *shop* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

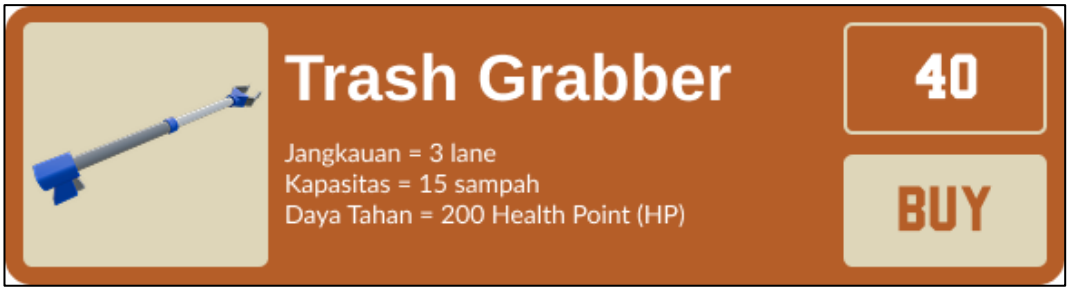
Gambar 4.2 Tampilan *Shop*

Di samping gambar *equipment*, terdapat statistik dan harga *equipment*. Jangkauan menunjukkan jarak sampah yang dapat diambil. Jika jangkauan 1 *lane*, pemain hanya dapat mengambil sampah di satu jalur, sementara jangkauan 3 *lane* memungkinkan pemain mengambil sampah di tiga jalur. Kapasitas adalah jumlah

sampah yang bisa diambil dalam satu waktu. Ketika kapasitas penuh, pemain akan diberikan *cooldown* 5 detik sebelum dapat mengambil sampah kembali. Daya tahan mengindikasikan *health point* yang dimiliki *equipment*. Saat mengambil sampah, daya tahan berkurang. Jika daya tahan mencapai 0, maka permainan berakhir.

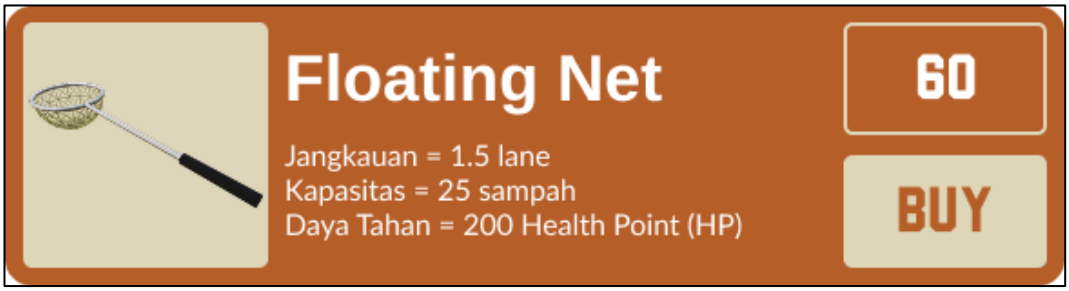
Gambar 4.3 Detail Tampilan *Shop* (*Glove*)

Gambar 4.3 merupakan detail tampilan *shop* untuk *equipment* "*Glove*". *Glove* merupakan *equipment* dengan jangkauan 1 *lane*, kapasitas 10 sampah, daya tahan sebesar 100 *Health Point* (HP), dan dijual dengan harga 0 koin.



Gambar 4.4 Detail Tampilan *Shop* (*Trash Grabber*)

Gambar 4.4 merupakan detail tampilan *shop* untuk *equipment* "*Trash Grabber*". *Trash Grabber* merupakan *equipment* dengan jangkauan 3 *lane*, kapasitas 15 sampah, daya tahan sebesar 200 *Health Point* (HP), dan dijual dengan harga 40 koin.

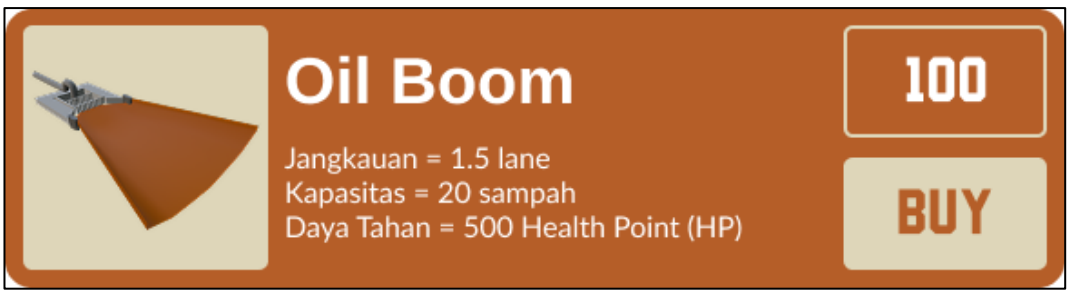


Gambar 4.5 Detail Tampilan *Shop* (*Floating Net*)

Gambar 4.5 merupakan detail tampilan *shop* untuk *equipment* "*Floating Net*". *Floating Net* merupakan *equipment* dengan jangkauan 1.5 *lane*, kapasitas 25 sampah, daya sebesar tahan 200 *Health Point* (HP), dan dijual dengan harga 60 koin.

Gambar 4.6 Detail Tampilan *Shop* (*Skimmer Boat*)

Gambar 4.6 merupakan detail tampilan *shop* untuk *equipment* "*Skimmer Boat*". *Skimmer Boat* merupakan *equipment* dengan jangkauan 1.5 *lane*, kapasitas 30 sampah, daya tahan sebesar 300 *Health Point* (HP), dan dijual dengan harga 100 koin.



Gambar 4.7 Detail Tampilan *Shop* (*Oil Boom*)

Gambar 4.7 merupakan detail tampilan *shop* untuk *equipment* "*Oil Boom*". *Oil Boom* merupakan *equipment* dengan jangkauan 1.5 *lane*, kapasitas 20 sampah, daya tahan sebesar 500 *Health Point* (HP) dan dijual dengan harga 100 koin.

4.1.3 *Map Selection*

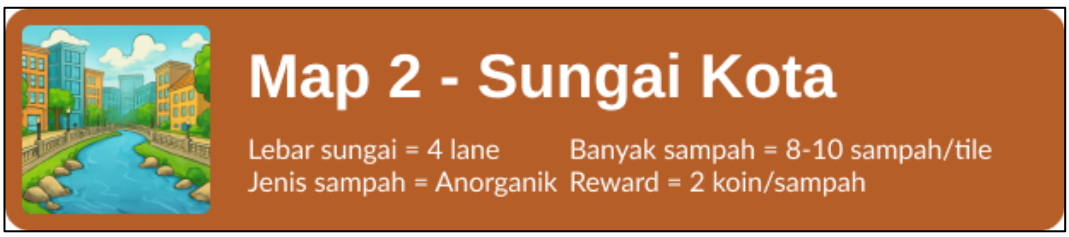
Tampilan *Map Selection* memungkinkan pemain untuk memilih *map* yang akan dimainkan. Setiap *map* memiliki karakteristik sungai yang berbeda, seperti lebar sungai, jenis sampah yang ada, jumlah sampah dan harga jual sampah. Pemain dapat memilih antara Sungai Desa, Sungai Kota, atau Sungai Pabrik. Pilihan *map* ini memberikan variasi tantangan bagi pemain dalam membersihkan sungai. Tampilan *map selection* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Gambar 4.8 Tampilan *Map Selection*

Di samping gambar *map*, terdapat karakteristik terkait *map* tersebut. Lebar sungai menggambarkan ruang gerak horizontal pemain, yang berarti dengan lebar 3 *lane*, pemain hanya bisa bergerak di tiga jalur: kanan, kiri, dan tengah. Jenis sampah menunjukkan tipe sampah yang ada di sepanjang jalur sungai. Banyak sampah menunjukkan jumlah sampah per *tile*, di mana satu *tile* merupakan unit peta yang di *generate* berulang kali dalam *game endless run*. Banyak sampah merupakan jumlah sampah di setiap *tile*. *Reward* adalah jumlah koin yang dihasilkan setiap kali sampah diambil.

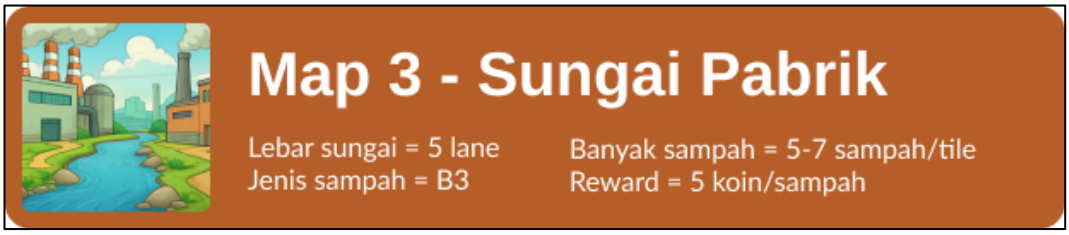
Gambar 4.9 Detail Tampilan *Map Selection* (*Map* 1)

Gambar 4.9 menunjukkan detail tampilan *map selection* untuk *map* 1. *Map* 1 merupakan sungai yang berada di area pedesaan dengan lebar 3 *lane*, yang memiliki jenis sampah organik, dengan jumlah sampah berkisar antara 8 hingga 10 sampah per *tile*, serta memberikan *reward* sebesar 1 koin untuk setiap sampah yang berhasil dikumpulkan.



Gambar 4.10 Detail Tampilan *Map Selection* (*Map* 2)

Gambar 4.10 menunjukkan detail tampilan *map selection* untuk *map* 2. *Map* 2 merupakan sungai yang berada di area perkotaan dengan lebar 4 *lane*, yang memiliki jenis sampah anorganik, dengan jumlah sampah berkisar antara 8 hingga 10 sampah per *tile*, serta memberikan *reward* sebesar 2 koin untuk setiap sampah yang berhasil dikumpulkan.



Gambar 4.11 Detail Tampilan *Map Selection* (*Map* 3)

Gambar 4.11 menunjukkan detail tampilan *map selection* untuk *map* 3. *Map* 3 merupakan sungai yang berada di area kawasan industri dengan lebar 5 *lane*, yang memiliki jenis sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), dengan jumlah sampah berkisar antara 5 hingga 7 sampah per *tile*, serta memberikan *reward* sebesar 5 koin untuk setiap sampah yang berhasil dikumpulkan.

4.1.4 *Equipment Selection*

Tampilan *equipment selection* berfungsi untuk memilih *equipment* yang akan digunakan dalam permainan. Setiap *equipment* menampilkan jumlah yang dimiliki pemain serta *preview* untuk memberikan gambaran mengenai *equipment* tersebut. Selain itu, terdapat fitur yang menggunakan perhitungan metode ARAS untuk membantu pemain dalam memilih *equipment* terbaik yang ditandai dengan ikon jempol di pojok kanan atas pilihan *equipment*. Tampilan *equipment selection* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Gambar 4.12 Tampilan *Equipment Selection*

4.1.4.1 Implementasi Perhitungan ARAS

Implementasi perhitungan ARAS dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman C# yang diintegrasikan ke dalam Unity. Metode ARAS ini diterapkan pada panel *equipment selection* yang berfungsi untuk membantu pemain memilih *equipment* yang terbaik berdasarkan pilihan *map* dan jumlah koin yang dimiliki pemain. Proses perhitungan ARAS meliputi penentuan kriteria, alternatif, matriks keputusan, normalisasi, pembobotan, perhitungan fungsi optimalitas dan derajat utilitas.

1. Menentukan Kriteria

Pada tahap ini, ditentukan kriteria yang akan digunakan untuk menilai setiap alternatif melalui sebuah objek ItemConfig. Objek ini memiliki beberapa atribut

yang mencakup nilai-nilai untuk kriteria-kriteria seperti *magnetRadius*, *Capacity*, *Health*, dan *Price*. Setiap kriteria ini akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya untuk membandingkan alternatif-alternatif yang ada. Inisiasi kriteria dalam Unity dapat dilihat pada *Pseudocode* 4.1.

Pseudocode 4.1 Menentukan Kriteria

```
Definisikan ItemConfig sebagai SciptableObject
    Definisikan magnetRadius sebagai nilai untuk kriteria Reach
    Definisikan Capacity sebagai nilai untuk kriteria Kapasitas
    Definisikan Health sebagai nilai untuk kriteria Safety
    Definisikan Price sebagai untuk kriteria Harga
```

Hasil yang didapatkan merupakan empat kriteria yang akan digunakan dalam mengevaluasi setiap alternatif yang ada dalam *game*. Berdasarkan kriteria tersebut, proses selanjutnya adalah menentukan alternatif yang akan dievaluasi.

2. Menentukan Alternatif

Alternatif didapat dari *equipment* yang ada di dalam *game* "*River Run*". Setiap alternatif didefinisikan dalam objek ItemConfig, yang mencakup atribut seperti *itemName*, *Description*, serta variabel-variabel kriteria lainnya, yaitu *magnetRadius*, *Capacity*, *Health*, dan *Price*. Proses inisiasi alternatif dalam Unity dapat dilihat pada *Pseudocode* 4.2.

Pseudocode 4.2 Menentukan Alternatif

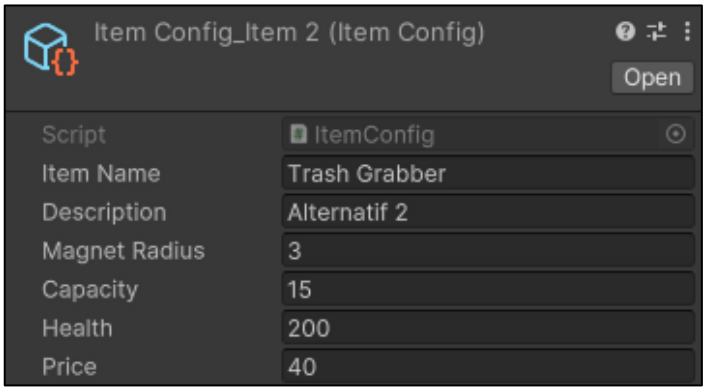
```
Definisikan ItemConfig sebagai SciptableObject
    Definisikan itemName sebagai nama item
    Definisikan Description sebagai deskripsi item
    Definisikan magnetRadius sebagai nilai untuk kriteria Reach
    Definisikan Capacity sebagai nilai untuk kriteria Kapasitas
```

```
Definisikan Health sebagai nilai untuk kriteria Safety

Definisikan Price sebagai untuk kriteria Harga
```

Hasil yang diperoleh adalah lima alternatif yang akan dievaluasi. Dalam Unity, tampilan alternatif pertama dapat dilihat pada Gambar 4.13, yang menggambarkan alternatif "*Glove*". Alternatif ini memiliki nilai kriteria sebagai berikut: untuk kriteria *Reach*, alternatif ini memiliki nilai 1. Untuk kriteria *Capacity*, alternatif ini memiliki nilai 10. Sedangkan untuk kriteria *Safety*, alternatif ini memiliki nilai 100. Terakhir, untuk kriteria *Price*, alternatif ini memiliki nilai 0.

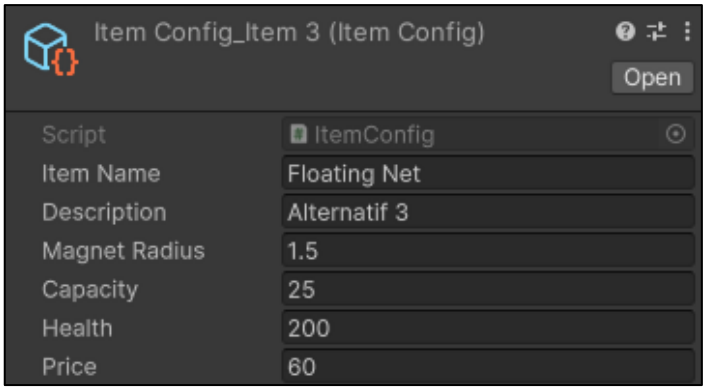
Gambar 4.13 Alternatif 1 (*Glove*)

Gambar 4.14 menggambarkan alternatif kedua, yaitu "*Trash Grabber*". Alternatif ini memiliki nilai kriteria sebagai berikut: untuk kriteria *Reach*, alternatif ini memiliki nilai 3. Untuk kriteria *Capacity*, alternatif ini memiliki nilai 15. Sedangkan untuk kriteria *Safety*, alternatif ini memiliki nilai 200. Terakhir, untuk kriteria *Price*, alternatif ini memiliki nilai 40.



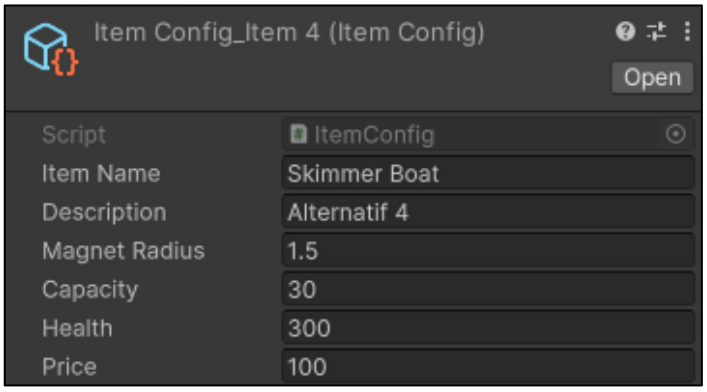
Gambar 4.14 Alternatif 2 (*Trash Grabber*)

Gambar 4.15 menggambarkan alternatif ketiga, yaitu "*Floating Net*". Alternatif ini memiliki nilai kriteria sebagai berikut: untuk kriteria *Reach*, alternatif ini memiliki nilai 1.5. Untuk kriteria *Capacity*, alternatif ini memiliki nilai 25. Sedangkan untuk kriteria *Safety*, alternatif ini memiliki nilai 200. Terakhir, untuk kriteria *Price*, alternatif ini memiliki nilai 60.



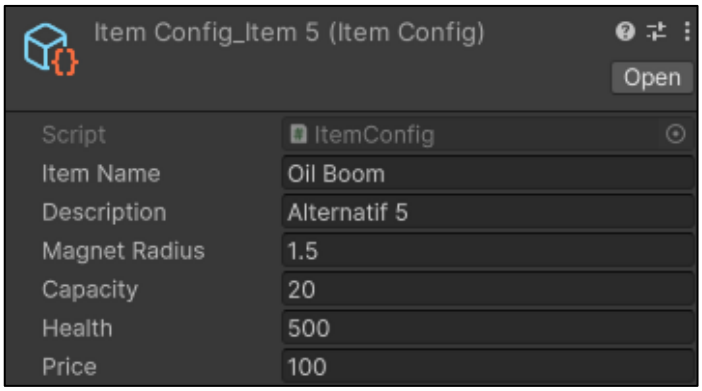
Gambar 4.15 Alternatif 3 (*Floating Net*)

Gambar 4.16 menggambarkan alternatif keempat, yaitu "*Skimmer Boat*". Alternatif ini memiliki nilai kriteria sebagai berikut: untuk kriteria *Reach*, alternatif ini memiliki nilai 1.5. Untuk kriteria *Capacity*, alternatif ini memiliki nilai 30. Sedangkan untuk kriteria *Safety*, alternatif ini memiliki nilai 300. Terakhir, untuk kriteria *Price*, alternatif ini memiliki nilai 100.



Gambar 4.16 Alternatif 4 (*Skimmer Boat*)

Gambar 4.17 menggambarkan alternatif kelima, yaitu "*Oil Boom*". Alternatif ini memiliki nilai kriteria sebagai berikut: untuk kriteria *Reach*, alternatif ini memiliki nilai 1.5. Untuk kriteria *Capacity*, alternatif ini memiliki nilai 20. Sedangkan untuk kriteria *Safety*, alternatif ini memiliki nilai 500. Terakhir, untuk kriteria *Price*, alternatif ini memiliki nilai 100.



Gambar 4.17 Alternatif 5 (*Oil Boom*)

Setelah semua alternatif ditampilkan dalam Unity, nilai-nilai untuk setiap alternatif disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Alternatif

Alternatif	***Magnet Radius***	***Capacity***	***Health***	***Price***
Glove	1	10	100	0
Trash Grabber	3	15	200	40
Floating Net	1.5	25	200	60
Skimmer Boat	1.5	30	300	100
Oil Boom	1.5	20	500	100

Setiap alternatif akan dinormalisasi menggunakan skala penilaian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, agar nilai-nilai pada setiap kriteria berada dalam rentang yang seragam. Hasil normalisasi skala penilaian untuk setiap alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Alternatif Setelah Normalisasi Skala Penilaian

Alternatif	***Magnet Radius***	***Capacity***	***Health***	***Price***
Glove	1	1	1	1
Trash Grabber	5	2	2	2
Floating Net	2	4	2	3
Skimmer Boat	2	5	3	5
Oil Boom	2	3	5	5

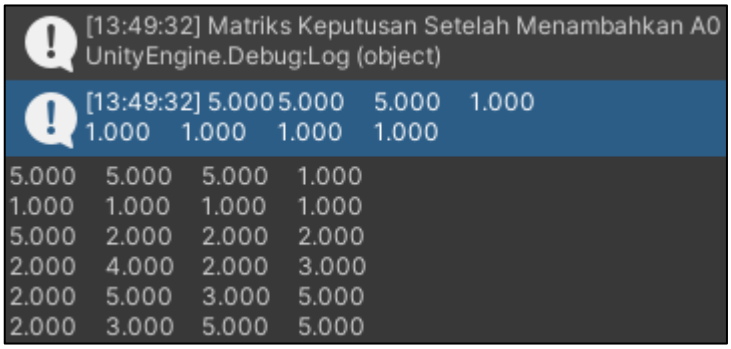
3. Matriks Keputusan

Matriks keputusan merupakan proses di mana alternatif *equipment* yang tersedia disusun dalam bentuk matriks dengan baris mewakili alternatif dan kolom mewakili kriteria. Pada tahap ini, A0 (alternatif ideal) dihitung sebagai nilai acuan yang mana semakin dekat suatu alternatif dengan A0, maka semakin baik alternatif tersebut. A0 merupakan alternatif yang memiliki nilai maksimal pada kriteria *benefit* dan nilai minimal pada kriteria *cost*.

Pseudocode 4.3 Penambahan Alternatif Ideal (A0)

```
FOR setiap kolom kriteria:

    IF kriteria adalah cost:

        A0 = ambil nilai minimum dari matriks keputusan

    ELSE:

        A0 = ambil nilai maksimum dari matriks keputusan
```

Hasil *Pseudocode* 4.3 menunjukkan hasil debug dari proses penambahan alternatif ideal (A0), di mana nilai-nilai A0 telah berhasil dihitung dan ditambahkan ke dalam matriks keputusan. Dalam unity hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Debug Penambahan Alternatif Ideal (A0)

Hasil penambahan A0 dalam bentuk matriks disajikan sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 2 & 3 \\ 2 & 5 & 3 & 5 \\ 2 & 3 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

4. Normalisasi Matriks Keputusan

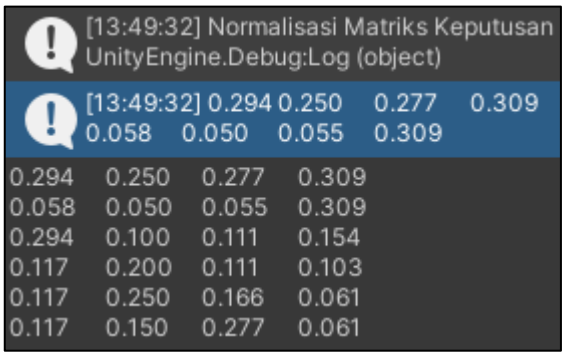
Setelah matriks keputusan disusun, langkah berikutnya adalah melakukan normalisasi untuk mengubah semua nilai pada matriks keputusan agar berada dalam skala yang sebanding. Untuk kriteria *benefit*, nilai-nilai pada setiap kolom akan dibagi dengan jumlah total nilai pada kolom tersebut. Sedangkan untuk kriteria *cost*, nilai-nilai akan dibalik (*invers*) dengan membagi 1 dengan setiap nilai pada kolom tersebut, sehingga nilai yang lebih kecil akan memiliki nilai yang lebih besar setelah proses inversi. Setelah itu, nilai-nilai yang telah dibalik ini akan dinormalisasi dengan cara membaginya dengan jumlah total dari seluruh nilai yang telah dibalik pada kolom tersebut.

Pseudocode 4.4 Normalisasi

```
FOR setiap kolom kriteria:

    IF kriteria adalah cost:

        FOR setiap alternatif:
```

```
            Inversi nilai (1 / nilai)
        FOR setiap alternatif:
            Normalisasi nilai dengan membagi nilai inversi dengan
total nilai kolom
    ELSE:
        FOR setiap alternatif:
            Normalisasi dengan membagi nilai dengan total kolom
```

Gambar 4.19 menunjukkan hasil debug dari proses normalisasi matriks keputusan. Di sini, setiap nilai alternatif telah dinormalisasi, baik untuk kriteria *cost* maupun *benefit*.



Gambar 4.19 Debug Normalisasi Matriks Keputusan

Hasil normalisasi dalam bentuk matriks disajikan sebagai berikut:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} 0.294 & 0.250 & 0.277 & 0.309 \\ 0.058 & 0.050 & 0.055 & 0.309 \\ 0.294 & 0.100 & 0.111 & 0.154 \\ 0.117 & 0.200 & 0.111 & 0.103 \\ 0.117 & 0.25 & 0.166 & 0.061 \\ 0.117 & 0.15 & 0.277 & 0.061 \end{bmatrix}$$

5. Pembobotan

Setelah matriks keputusan dinormalisasi, langkah berikutnya adalah pembobotan. Pada tahap ini, setiap nilai dalam matriks normalisasi akan dikalikan

dengan bobot yang telah ditentukan untuk setiap kriteria di setiap *map*. Proses ini bertujuan untuk memberikan penekanan lebih pada kriteria yang dianggap lebih penting sesuai dengan bobot yang diberikan.

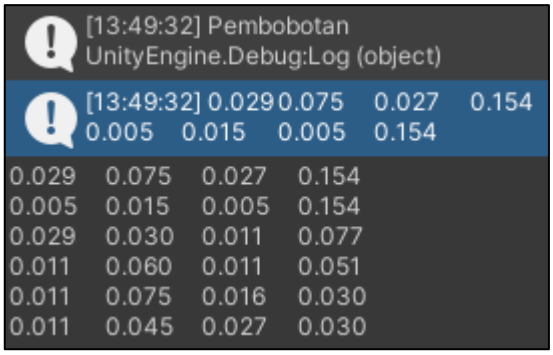
Pseudocode 4.5 Pembobotan

```
FOR setiap baris alternatif:

    FOR setiap kolom kriteria:

        Kalikan nilai matriks normalisasi dengan bobot kriteria
```

Gambar 4.20 menunjukkan hasil debug dari bobot kriteria pada *map* 1. Bobot kriteria pada *Map* 1 adalah sebagai berikut: *Reach* dengan bobot 0.1, *Capacity* dengan bobot 0.3, *Safety* dengan bobot 0.1, dan *Price* dengan bobot 0.5. Pembobotan ini memberikan penekanan lebih pada kriteria *Price* yang dianggap lebih penting (dengan bobot 0.5) dibandingkan dengan kriteria lainnya.

Gambar 4.20 Debug Bobot Kriteria *Map* 1

Gambar 4.21 menunjukkan debug dari hasil pembobotan pada *map* 1, di mana nilai-nilai dalam matriks normalisasi telah berhasil dikalikan dengan bobot kriteria.



Gambar 4.21 Debug Hasil Pembobotan *Map* 1

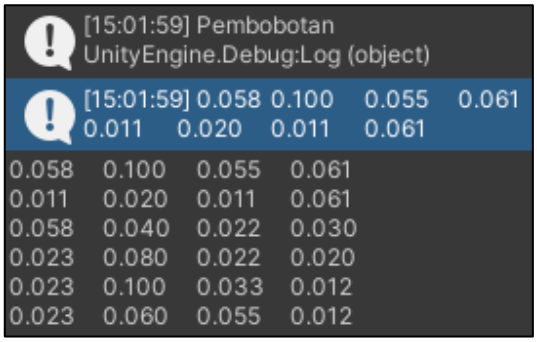
Hasil pembobotan *map* 1 dalam bentuk matriks disajikan sebagai berikut:

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} 0.029 & 0.075 & 0.027 & 0.154 \\ 0.005 & 0.015 & 0.005 & 0.154 \\ 0.029 & 0.030 & 0.011 & 0.077 \\ 0.011 & 0.060 & 0.011 & 0.051 \\ 0.011 & 0.075 & 0.016 & 0.030 \\ 0.011 & 0.045 & 0.027 & 0.030 \end{bmatrix}$$

Gambar 4.22 menunjukkan hasil debug dari bobot kriteria pada *map* 2. Bobot kriteria pada *Map* 1 adalah sebagai berikut: *Reach* dengan bobot 0.2, *Capacity* dengan bobot 0.4, *Safety* dengan bobot 0.2, dan *Price* dengan bobot 0.2. Pembobotan ini memberikan penekanan lebih pada kriteria *Capacity* yang dianggap lebih penting (dengan bobot 0.4) dibandingkan dengan kriteria lainnya.

Gambar 4.22 Debug Bobot Kriteria *Map* 2

Gambar 4.23 menunjukkan debug dari hasil pembobotan pada *map* 2, di mana nilai-nilai dalam matriks normalisasi telah berhasil dikalikan dengan bobot kriteria.



Gambar 4.23 Debug Hasil Pembobotan *Map* 2

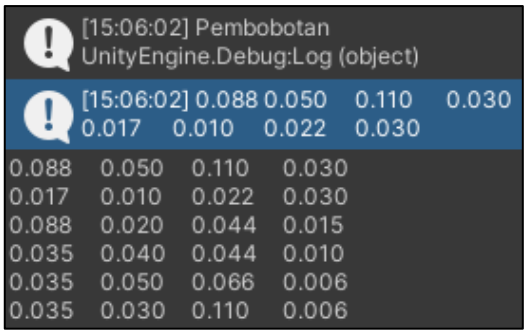
Pada *map* 2, hasil pembobotan dalam bentuk matriks disajikan sebagai berikut:

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} 0.058 & 0.100 & 0.055 & 0.061 \\ 0.011 & 0.020 & 0.011 & 0.061 \\ 0.058 & 0.040 & 0.022 & 0.030 \\ 0.023 & 0.080 & 0.022 & 0.020 \\ 0.023 & 0.100 & 0.033 & 0.012 \\ 0.023 & 0.060 & 0.055 & 0.012 \end{bmatrix}$$

Gambar 4.24 menunjukkan hasil debug dari bobot kriteria pada *map* 3. Bobot kriteria pada *Map* 1 adalah sebagai berikut: *Reach* dengan bobot 0.3, *Capacity* dengan bobot 0.2, *Safety* dengan bobot 0.4, dan *Price* dengan bobot 0.1. Pembobotan ini memberikan penekanan lebih pada kriteria *Safety* yang dianggap lebih penting (dengan bobot 0.4) dibandingkan dengan kriteria lainnya.

Gambar 4.24 Debug Bobot Kriteria *Map* 3

Gambar 4.25 menunjukkan debug dari hasil pembobotan pada *map* 3, di mana nilai-nilai dalam matriks normalisasi telah berhasil dikalikan dengan bobot kriteria.



Gambar 4.25 Debug Hasil Pembobotan *Map* 3

Pada *map* 3, hasil pembobotan dalam bentuk matriks disajikan sebagai berikut:

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} 0.088 & 0.050 & 0.110 & 0.030 \\ 0.017 & 0.010 & 0.022 & 0.030 \\ 0.088 & 0.020 & 0.044 & 0.015 \\ 0.035 & 0.040 & 0.044 & 0.010 \\ 0.035 & 0.050 & 0.066 & 0.006 \\ 0.035 & 0.030 & 0.110 & 0.006 \end{bmatrix}$$

6. Fungsi Optimalitas

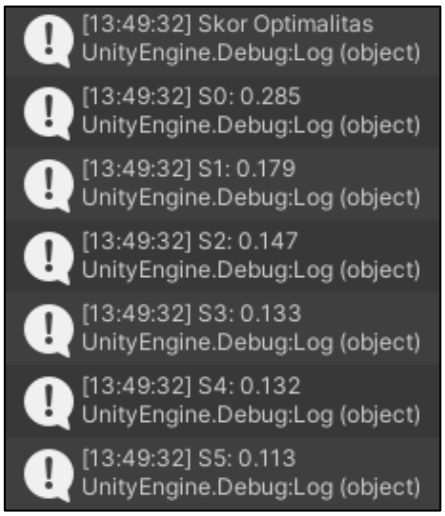
Setelah pembobotan, langkah berikutnya adalah menghitung fungsi optimalitas (Si) untuk setiap alternatif. Skor optimalitas dihitung dengan

menjumlahkan nilai-nilai pada baris setiap alternatif dalam nilai pembobotan.

Pseudocode 4.6 Fungsi Optimalitas

```
FOR setiap alternatif:

    Hitung Fungsi Optimalitas (Si) dengan menjumlahkan nilai-
nilai pembobotan untuk setiap alternatif
```

Gambar 4.26 menunjukkan hasil debug dari perhitungan fungsi optimalitas pada *map* 1, di mana nilai Si untuk setiap alternatif telah berhasil dihitung.



Gambar 4.26 Debug Skor Optimalitas *Map* 1

Proses yang sama dilakukan untuk *map* 2 dan 3, dan hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Skor Optimalitas Tiap *Map*

Skor Optimalitas	***Map* 1**	***Map* 2**	***Map* 3**
A0	0.285	0.274	0.278
A1	0.179	0.103	0.079
A2	0.147	0.150	0.167
A3	0.133	0.145	0.129
A4	0.132	0.168	0.157
A5	0.113	0.150	0.181

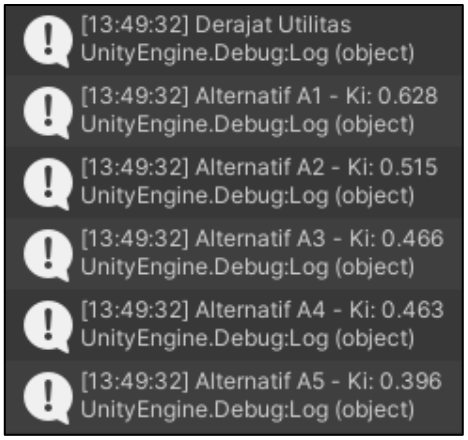
7. Derajat Utilitas

Setelah skor optimalitas (Si) dihitung, langkah berikutnya adalah menghitung derajat utilitas (Ki). Derajat utilitas ini menunjukkan seberapa baik alternatif tertentu dibandingkan dengan alternatif ideal (A0), yang diukur dengan membagi skor optimalitas alternatif tertentu dengan skor optimalitas alternatif 0 (A0).

Pseudocode 4.7 Derajat Utilitas

```
maxSi = S0

FOR setiap alternatif:

    Bagi fungsi optimalitas setiap alternatif dengan maxSi
```

Gambar 4.27 menunjukkan hasil debug dari perhitungan derajat utilitas pada *map* 1, di mana nilai Ki untuk setiap alternatif telah berhasil dihitung.



Gambar 4.27 Debug Derajat Utilitas *Map* 1

Proses yang sama dilakukan untuk map 2 dan 3, dan hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Derajat Utilitas Tiap *Map*

Derajat Utilitas	***Map* 1**	***Map* 2**	***Map* 3**
A1	0.628	0.375	0.284
A2	0.515	0.547	0.600
A3	0.466	0.529	0.464
A4	0.463	0.613	0.564
A5	0.396	0.547	0.651

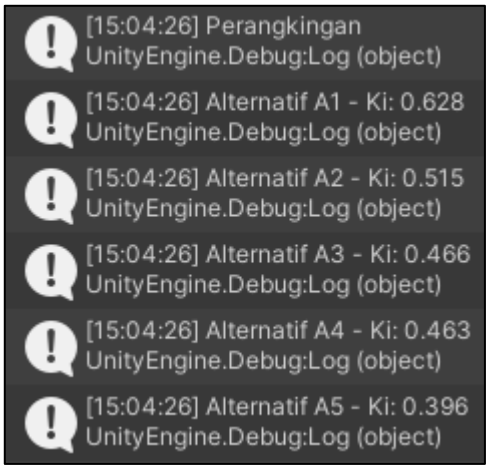
8. Perangkingan

Setelah perhitungan derajat utilitas (Ki) selesai, langkah terakhir dalam metode ARAS adalah perangkingan. Perangkingan dilakukan untuk menentukan alternatif mana yang terbaik berdasarkan nilai derajat utilitasnya. Alternatif yang memiliki nilai derajat utilitas tertinggi akan berada di peringkat pertama, sedangkan alternatif dengan nilai derajat utilitas terendah akan berada di peringkat terakhir.

Pseudocode 4.8 Perangkingan

```
bestAlternative = alternatif dengan Derajat Utilitas (Ki)
tertinggi
```

Gambar 4.23 menunjukkan hasil debug dari proses perangkingan pada *map* 1, di mana alternatif dengan nilai Ki tertinggi telah berhasil diidentifikasi sebagai alternatif terbaik.



Gambar 4.28 Debug Hasil Perangkingan *Map* 1

Proses yang sama dilakukan untuk *map* 2 dan 3, dan hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perangkingan Tiap *Map*

Perangkingan	***Map* 1**	***Map* 2**	***Map* 3**
A1	1	5	5
A2	2	2	2
A3	3	4	4
A4	4	1	3
A5	5	2	1

Hasil perangkingan disimpan dalam PlayerPrefs yang dapat diakses oleh sistem *game* untuk memberikan pilihan *equipment* terbaik kepada pemain. Dimulai dengan mengambil harga setiap alternatif *equipment* dan jumlah koin yang dimiliki pemain. Selanjutnya, sistem memeriksa setiap alternatif dan memastikan bahwa harga alternatif tidak melebihi jumlah koin yang dimiliki pemain. Jika alternatif tersebut terjangkau, sistem akan memilih alternatif dengan peringkat tertinggi berdasarkan nilai derajat utilitasnya yang telah dihitung sebelumnya. Alternatif terbaik yang memenuhi kriteria harga dan peringkat kemudian diberikan *highlight*.

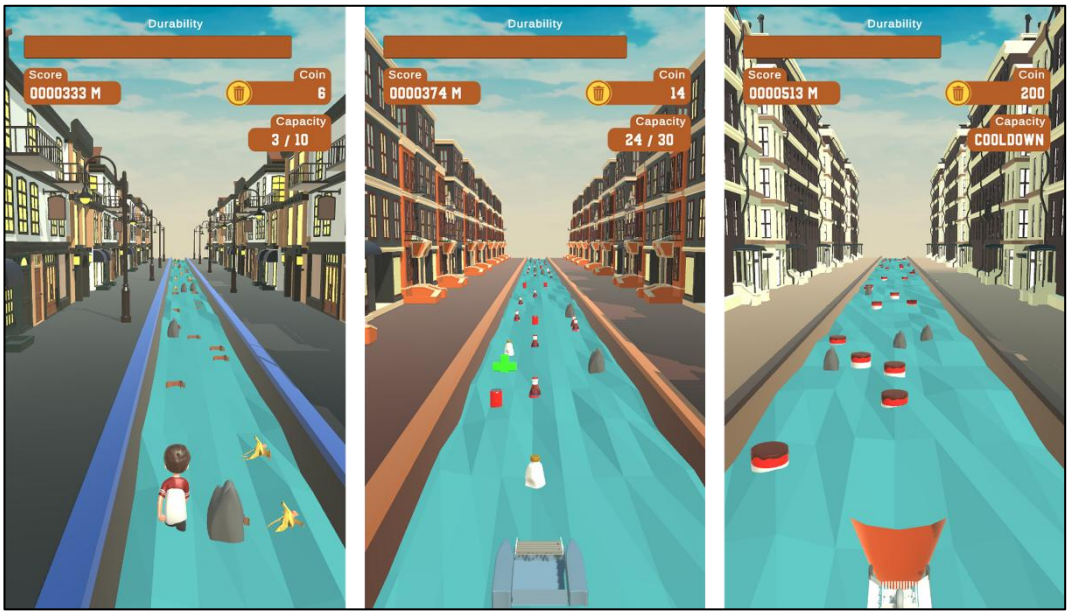
Pseudocode 4.9 Fitur Bantuan Pemilihan *Equipment*

```
GET harga setiap alternatif

GET jumlah koin pemain

FOR setiap alternatif

    IF (harga alternatif <= koin)

        THEN pilih alternatif dengan nilai peringkat tertinggi

HIGHLIGHT alternatif terbaik
```

4.1.5 *Gameplay*

Gameplay dalam *game* "*River Run*" mengharuskan pemain untuk bergerak sepanjang sungai sambil mengumpulkan sampah menggunakan *equipment* yang dipilih sebelumnya, dan setiap sampah yang diambil akan mengurangi daya tahan *equipment*. Setiap *equipment* memiliki kapasitas tertentu, dan ketika kapasitas

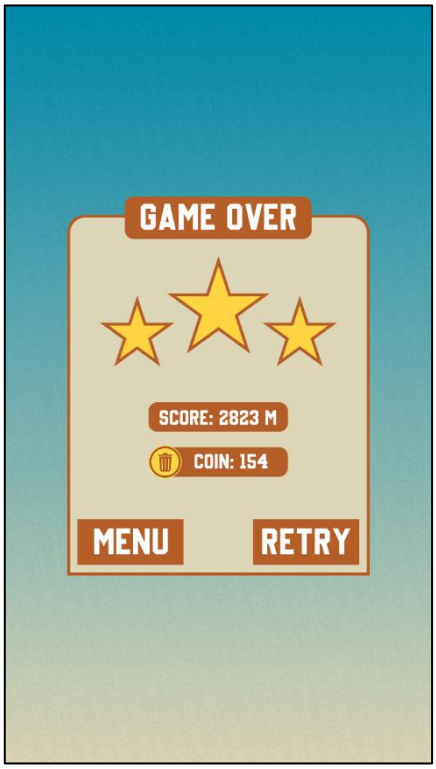
penuh, pemain akan mengalami *cooldown* selama 5 detik sebelum dapat melanjutkan pengumpulan sampah. Selain itu, pemain harus menghindari *obstacle* yang ada di jalur, karena jika terkena *obstacle*, permainan akan berakhir dan langsung menuju tampilan *game over*. Pemain juga dapat mengumpulkan objek penambah HP untuk menambah daya tahan *equipment*. Informasi mengenai skor, jumlah koin, kapasitas, dan daya tahan *equipment* selalu ditampilkan di bagian atas layar. Tampilan *gameplay* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Tampilan *Gameplay* tiap *Map*

4.1.6 *Game Over*

Tampilan *Game Over* muncul ketika pemain terkena *obstacle*. Pada tampilan ini, pemain dapat melihat skor yang telah dicapai selama permainan dan jumlah koin yang diperoleh. Pemain diberikan dua pilihan untuk melanjutkan, yaitu kembali ke *main menu* melalui tombol "*Menu*" atau mencoba lagi permainan dengan *map* dan *equipment* yang sama dengan tombol "*Retry*". Tampilan *game over* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Tampilan *Game Over*

4.2 Desain Eksperimen

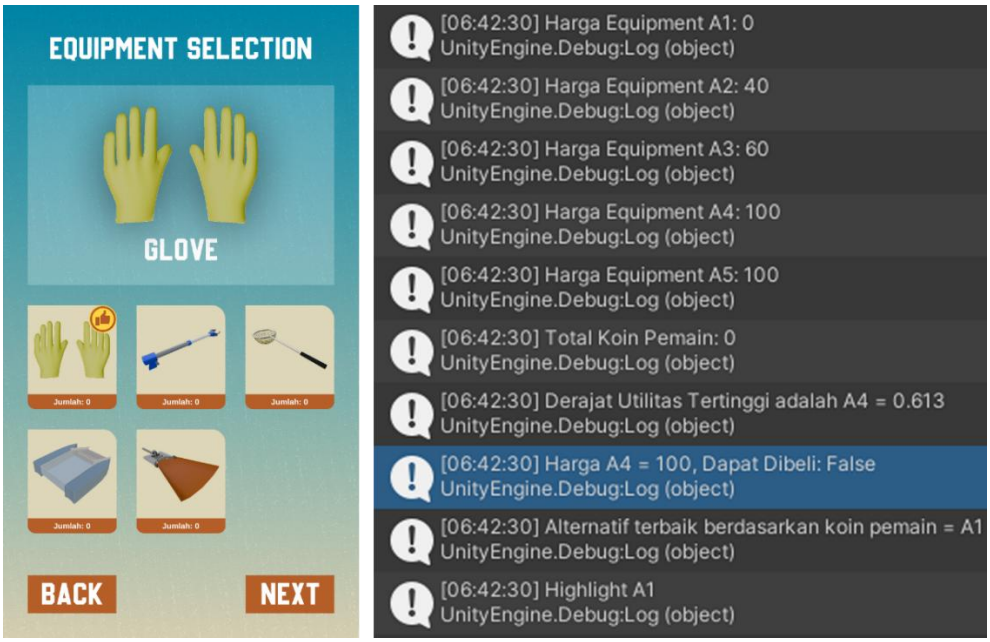
Eksperimen dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi metode ARAS dalam pemilihan *equipment* pada *game* edukasi "*River Run*" berjalan sesuai dengan rancangan fitur bantuan pemilihan *equipment*. Hasil uji coba pada skenario eksperimen menghasilkan temuan sebagai berikut:

1. Skenario Eksperimen Pertama

Pada skenario ini, diasumsikan bahwa pemain memiliki 0 koin. Untuk *map* 1, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Glove*". Hasil eksperimen pertama pada *map* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.31.

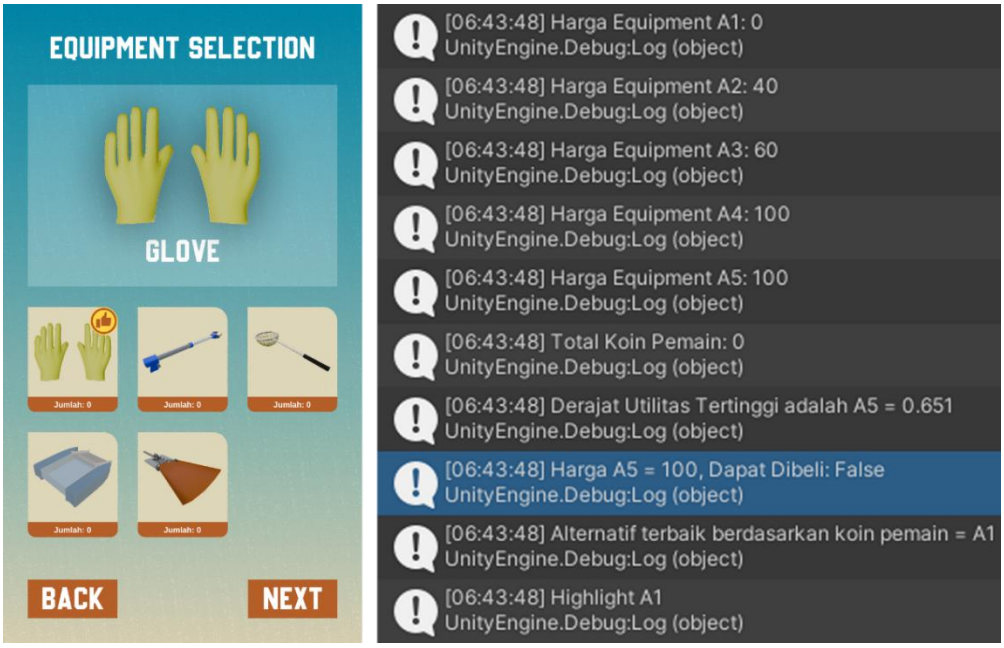
Gambar 4.31 Hasil Eksperimen Pertama pada *Map* 1

Pada *map* 2, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Glove*". Hasil eksperimen pertama pada *map* 2 dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Hasil Eksperimen Pertama pada *Map* 2

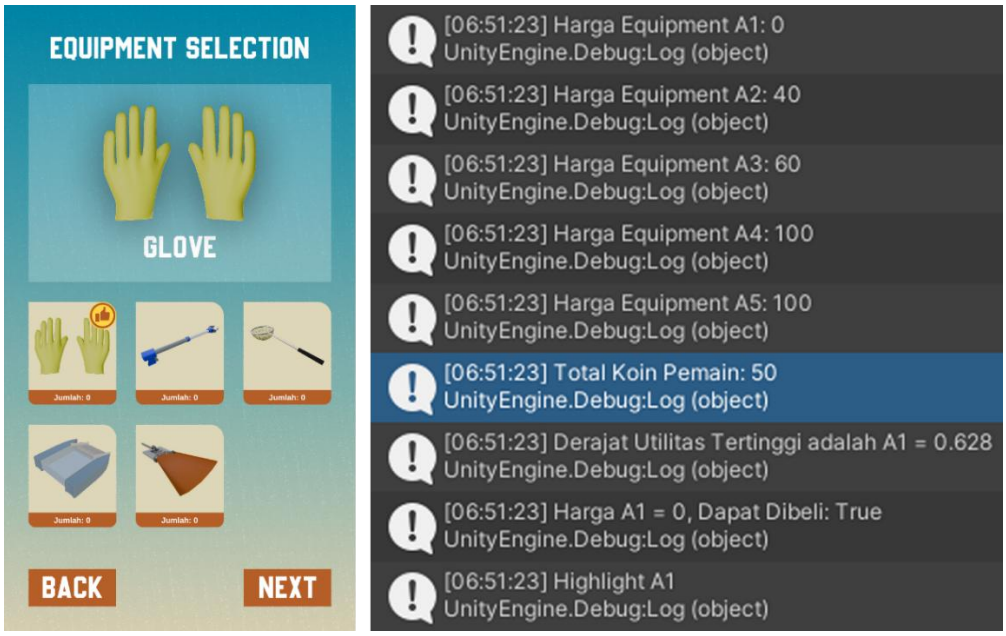
Pada *map* 3, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Glove*". Hasil eksperimen pertama pada *map* 3 dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Hasil Eksperimen Pertama pada *Map* 3

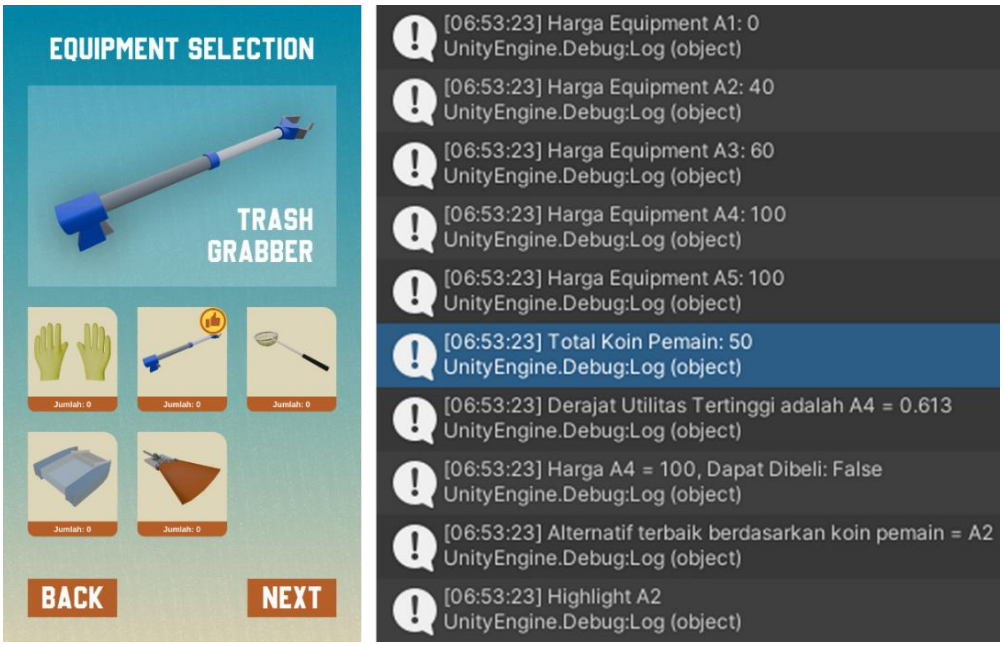
2. Skenario Eksperimen Kedua

Pada skenario ini, diasumsikan bahwa pemain memiliki 50 koin. Untuk *map* 1, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Glove*". Hasil eksperimen kedua pada *map* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.34.



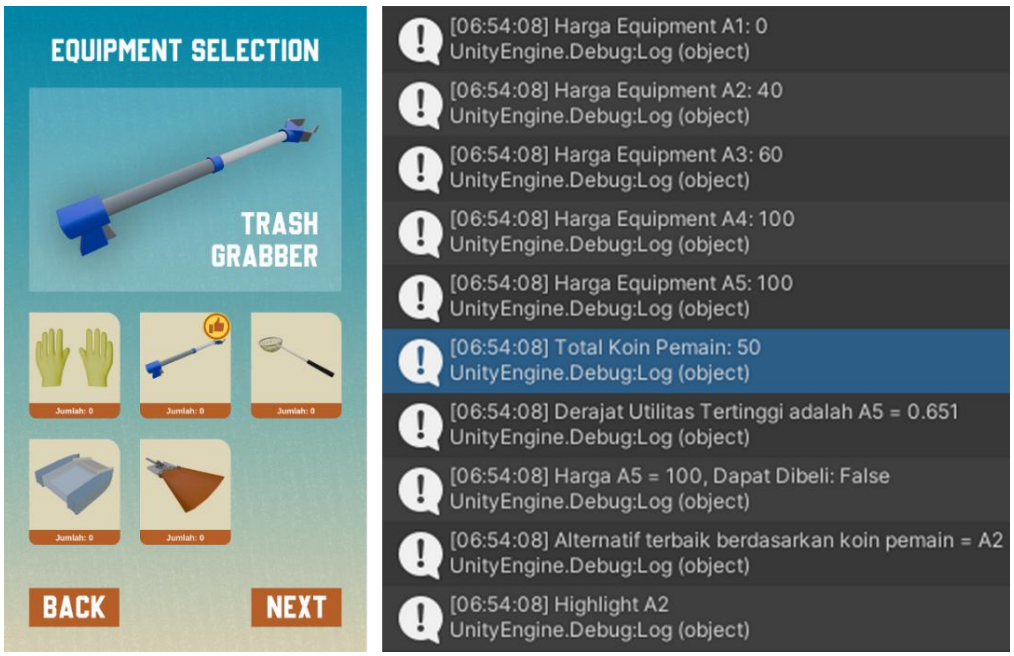
Gambar 4.34 Hasil Eksperimen Kedua pada *Map* 1

Pada *map* 2, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Trash Grabber*". Hasil eksperimen kedua pada *map* 2 dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Hasil Eksperimen Kedua pada *Map* 2

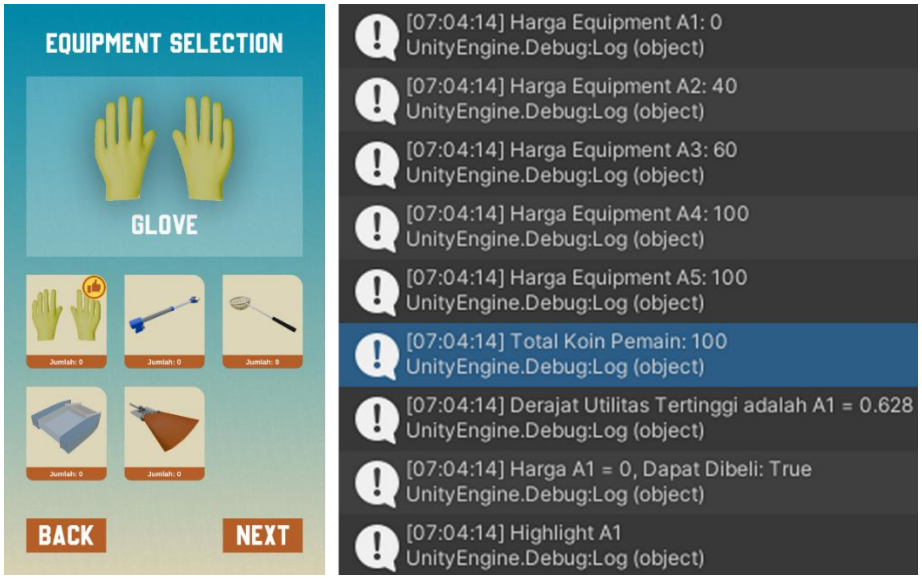
Pada *map* 3, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Trash Grabber*". Hasil eksperimen kedua pada *map* 3 dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Hasil Eksperimen Kedua pada *Map* 3

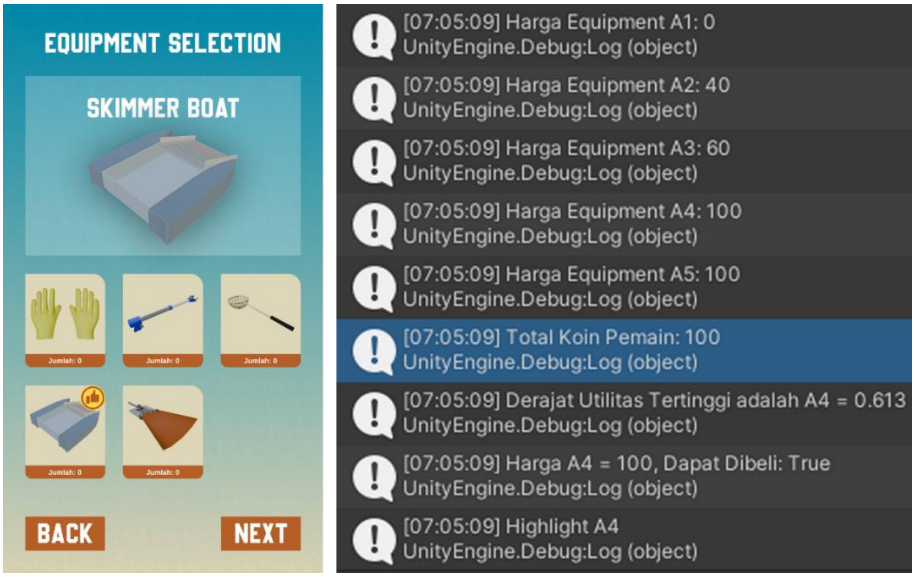
3. Skenario Eksperimen Ketiga

Pada skenario ini, diasumsikan bahwa pemain memiliki 100 koin. Untuk *map* 1, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Glove*". Hasil eksperimen ketiga pada *map* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.37.



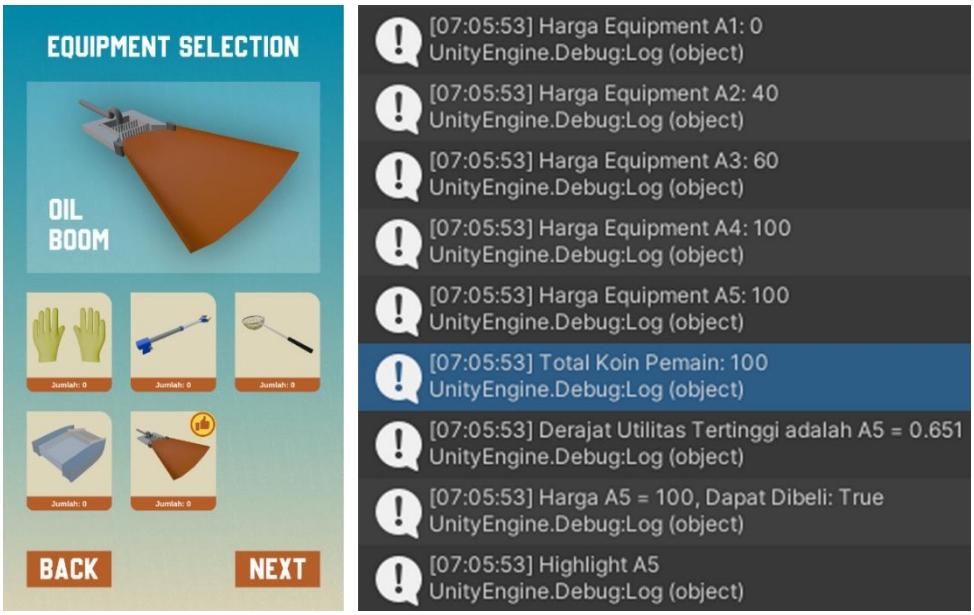
Gambar 4.37 Hasil Eksperimen Ketiga pada *Map* 1

Untuk *map* 2, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Skimmer Boat*". Hasil eksperimen ketiga pada *map* 2 dapat dilihat pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38 Hasil Eksperimen Ketiga pada *Map* 2

Pada *map* 3, *equipment* yang dipilih oleh sistem adalah "*Oil Boom*". Hasil eksperimen ketiga pada *map* 3 dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Hasil Eksperimen Ketiga pada *Map* 3

4.3 Hasil Pengujian

Pada bagian ini, akan disajikan hasil pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi fitur yang telah dikembangkan. Pengujian SUS dilakukan terhadap 20 responden siswa SD/sederajat yang memiliki latar kelas, usia, jenis kelamin, dan frekuensi bermain *game* yang bervariasi. Terdapat 75% responden berada di kelas enam, sementara 25% sisanya berasal dari kelas lima. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki pengalaman lebih lanjut dalam pendidikan dasar, yang mungkin berpengaruh pada pemahaman dan penilaian mereka terhadap sistem.

Dari segi usia, distribusi usia responden adalah 30% berusia 13 tahun, 30% berusia 12 tahun, 20% berusia 14 tahun, dan 20% sisanya berusia 11 tahun. Variasi usia ini memberikan gambaran mengenai perbedaan pengalaman dan pemahaman

teknologi di antara responden. Distribusi jenis kelamin responden adalah 80% laki-laki dan 20% perempuan. Perbedaan jenis kelamin ini dapat memberikan wawasan tambahan mengenai perbedaan perspektif dalam penilaian terhadap sistem yang diuji. Selain itu, frekuensi bermain *game* juga beragam: 40% responden mengaku sering bermain *game*, 30% kadang-kadang, 15% jarang, dan 15% sangat sering. Variasi ini penting untuk memahami bagaimana kebiasaan bermain *game* dapat mempengaruhi persepsi mereka terhadap sistem yang diuji. Rincian demografi responden di atas dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Karakteristik Demografi

Karakteristik Demografi	**Hal**	**Jumlah Responden**	**Presentase (%)**
Kelas	VI (Enam)	15	75
	V (Lima)	5	25
Usia	14 tahun	4	20
	13 tahun	6	30
	12 tahun	6	30
	11 tahun	4	20
Jenis Kelamin	Laki-laki	16	80
	Perempuan	4	20
Frekuensi Bermain Game	Sangat Sering	3	15
	Sering	8	40
	Kadang-kadang	6	30
	Jarang	3	15

Setiap responden diminta untuk mengisi kuesioner SUS yang terdiri dari 10 pertanyaan, dengan skala Likert 1-5 yang mengukur pengalaman mereka dalam menggunakan sistem bantuan pemilihan *equipment* pada *game* edukasi "*River Run*". Tabel 4.7 merupakan daftar pertanyaan SUS yang digunakan dalam pengujian.

Tabel 4.7 Daftar Kuesioner SUS

No	**Pertanyaan**
1.	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
2.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit
3.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan

No	Pertanyaan
4.	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
5.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik
6.	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
7.	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat
8.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan
9.	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini
10.	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini

Setelah responden mengisi kuesioner SUS, hasil jawaban mereka kemudian dianalisis untuk mendapatkan pemahaman mengenai pengalaman mereka dalam menggunakan *game*. Hasil jawaban ini memberikan gambaran umum tentang bagaimana responden merespons fitur yang diuji, serta mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki. Tabel 4.8 merupakan hasil jawaban responden.

Tabel 4.8 Skor Jawaban Asli

No	Responden	Skor Asli									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1.	R1	5	4	5	1	5	4	1	1	5	1
2.	R2	5	2	4	3	5	3	4	1	4	4
3.	R3	1	2	5	1	1	1	5	4	4	1
4.	R4	5	1	4	1	1	3	5	1	5	1
5.	R5	3	2	4	3	5	2	4	1	3	1
6.	R6	3	1	4	1	3	2	5	2	3	2
7.	R7	3	2	3	1	4	1	3	2	5	2
8.	R8	5	2	3	1	3	3	5	2	1	1
9.	R9	5	1	4	3	3	5	4	1	4	3
10.	R10	2	3	2	1	5	4	5	2	5	1
11.	R11	5	2	4	2	3	1	5	2	3	1
12.	R12	5	1	4	2	5	3	4	3	3	1
13.	R13	4	3	4	1	5	2	4	2	4	2
14.	R14	4	3	5	1	3	1	4	2	4	3
15.	R15	5	2	4	2	3	3	4	3	5	2
16.	R16	5	3	4	4	5	2	4	3	5	2
17.	R17	4	2	4	1	4	3	3	1	5	3
18.	R18	5	1	5	2	5	5	4	2	5	1
19.	R19	5	2	5	5	4	3	5	1	3	5
20.	R20	5	2	5	1	2	2	5	3	5	4

Analisis hasil kuesioner SUS dimulai dengan menghitung skor yang diberikan oleh setiap responden. Setiap pertanyaan (Q1 hingga Q10) dijawab

dengan skor yang kemudian dihitung sesuai dengan aturan perhitungan SUS. Untuk pertanyaan bernomor ganjil (Q1, Q3, Q5, Q7, Q9), skor yang diberikan oleh responden dikurangi dengan 1, sedangkan untuk pertanyaan bernomor genap (Q2, Q4, Q6, Q8, Q10), nilai dihitung dengan mengurangkan skor yang diberikan dari angka 5. Setelah semua skor dihitung, total skor untuk setiap responden diperoleh dengan menjumlahkan hasil skor dari seluruh pertanyaan, dan skor SUS dihitung dengan mengalikan total skor tersebut dengan angka 2,5. Tabel 4.9 menunjukkan skor hasil perhitungan SUS yang diperoleh dari masing-masing responden.

Tabel 4.9 Skor Hasil Hitung

No	Responden	Skor Hasil Hitung										Jumlah
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
1.	R1	4	1	4	4	4	1	0	4	4	4	30
2.	R2	4	3	3	2	4	2	3	4	3	1	29
3.	R3	0	3	4	4	0	4	4	1	3	4	27
4.	R4	4	4	3	4	0	2	4	4	4	4	33
5.	R5	2	3	3	2	4	3	3	4	2	4	30
6.	R6	2	4	3	4	2	3	4	3	2	3	30
7.	R7	2	3	2	4	3	4	2	3	4	3	30
8.	R8	4	3	2	4	2	2	4	3	0	4	28
9.	R9	4	4	3	2	2	0	3	4	3	2	27
10.	R10	1	2	1	4	4	1	4	3	4	4	28
11.	R11	4	3	3	3	2	4	4	3	2	4	32
12.	R12	4	4	3	3	4	2	3	2	2	4	31
13.	R13	3	2	3	4	4	3	3	3	3	3	31
14.	R14	3	2	4	4	2	4	3	3	3	2	30
15.	R15	4	3	3	3	2	2	3	2	4	3	29
16.	R16	4	2	3	1	4	3	3	2	4	3	29
17.	R17	3	3	3	4	3	2	2	4	4	2	30
18.	R18	4	4	4	3	4	0	3	3	4	4	33
19.	R19	4	3	4	0	3	2	4	4	2	0	26
20.	R20	4	3	4	4	1	3	4	2	4	1	30

Dapat dilihat pada Tabel 4.10, responden 19 (R19) memperoleh skor SUS terendah, yaitu 65, yang menunjukkan pengalaman penggunaan sistem bantuan pemilihan *equipment* dalam *game* "*River Run*" yang kurang memuaskan. Berdasarkan data demografis, R19 merupakan siswa kelas enam dengan usia 14

tahun dan jarang bermain *game*. Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor latar belakang usia, dan tingkat pengalaman bermain *game* mungkin mempengaruhi penilaiannya terhadap sistem. Skor rendah ini menyoroti adanya area dalam sistem yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan pengalaman pengguna, terutama bagi mereka yang memiliki berbagai latar belakang dan kebiasaan bermain *game* yang berbeda-beda.

Tabel 4.10 Rata-Rata Skor SUS

No.	Responden	Jumlah	Nilai (Jumlah * 2.5)
1.	R1	30	75
2.	R2	29	72.5
3.	R3	27	67.5
4.	R4	33	82.5
5.	R5	30	75
6.	R6	30	75
7.	R7	30	75
8.	R8	28	70
9.	R9	27	67.5
10.	R10	28	70
11.	R11	32	80
12.	R12	31	77.5
13.	R13	31	77.5
14.	R14	30	75
15.	R15	29	72.5
16.	R16	29	72.5
17.	R17	30	75
18.	R18	33	82.5
19.	R19	26	65
20.	R20	30	75
21.	Jumlah Skor SUS		1482.5
22.	Rata-Rata Skor SUS		74.125

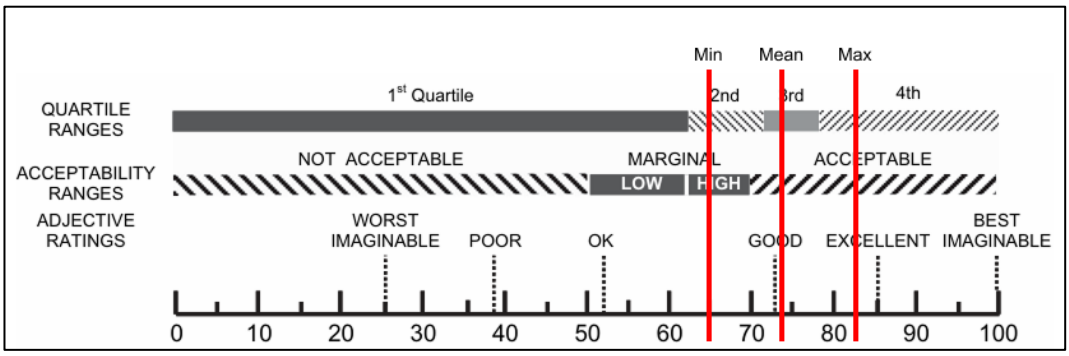
Diketahui jumlah skor SUS adalah 1482.5 dan jumlah responden adalah 20, maka:

$$\bar{x} = \frac{1482.5}{20}$$

$$\bar{x} = 74.125$$

Dari hasil perhitungan rata-rata skor SUS yang diperoleh dari seluruh responden adalah 74,125. Skor rata-rata ini, seperti yang terlihat pada Gambar 4.40,

berada pada kategori "*Good*", yang menunjukkan bahwa sistem yang diuji dapat diterima dengan baik oleh pengguna.



Gambar 4.40 Grafik Hasil Skor SUS

4.4 Integrasi Sains dan Islam

Penelitian ini mengintegrasikan sains dan Islam dengan menerapkan prinsip-prinsip Islam dalam setiap aspek ilmiah yang dikembangkan. Ajaran Islam memberikan dasar dalam memahami hubungan antara manusia dengan Allah Swt (*Muamalah Ma'a Allah*), dengan sesama (*Muamalah Ma'a An-Nas*) dan dengan alam (*Muamalah Ma'al Bi'ah*). Ketiga hubungan ini menjadi pedoman yang memperkuat pemahaman ilmiah, sekaligus memberikan dampak positif bagi kehidupan.

4.4.1 *Muamalah Ma'a Allah*

Muamalah Ma'a Allah dalam penelitian ini mengacu pada hubungan manusia dengan Allah Swt, yang menegaskan bahwa menuntut ilmu merupakan bagian dari ibadah dan kewajiban setiap individu beriman. Pemahaman ini disampaikan melalui *game* edukasi yang dirancang untuk mengoptimalkan sistem bantuan pemilihan *equipment* dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*" sehingga

pemain bisa mengetahui alat yang tepat untuk membersihkan sampah berdasarkan jenisnya. Hal ini sesuai dengan hadis tentang keutamaan menuntut ilmu:

مَنْ سَلَكَ طَرِيْقًايَلْتَمِسُ فِيْهِ عِلْمًا,سَهَّلَ اللهُ لَهُ طَرِيْقًا إِلَى الجَنَّةِ

"Barang siapa menempuh satu jalan (cara) untuk mendapatkan ilmu, maka Allah pasti mudahkan baginya jalan menuju surga" (*HR Muslim*).

Hadis ini menyiratkan pentingnya menuntut ilmu sebagai jalan menuju kebahagiaan di dunia dan akhirat. Hadis ini mengajarkan bahwa setiap individu yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, baik ilmu agama maupun ilmu umum, akan dimudahkan oleh Allah untuk memasuki surga. Pemaknaan hadis ini mengandung dorongan untuk tidak hanya mengejar ilmu yang bersifat duniawi, tetapi juga ilmu yang bermanfaat di akhirat. Melalui kata "*salaka*", Nabi menggambarkan perjalanan menuntut ilmu sebagai perjalanan yang penuh dengan kesulitan, yang mengharuskan seseorang untuk tekun dan berkomitmen, sementara "*yaltamisu*" menunjukkan usaha yang sungguh-sungguh dalam mencari ilmu. Dengan demikian, hadis ini memotivasi umat Islam untuk terus bersemangat dalam menuntut ilmu sebagai bagian dari ibadah dan untuk mendapatkan *ridha* Allah (Nurdin, 2021).

4.4.2 *Muamalah Ma'a An-Nas*

Muamalah Ma'a An-Nas dalam penelitian ini merujuk pada hubungan antar sesama manusia yang tercermin dalam prinsip tolong menolong. Konsep ini diterapkan melalui sistem bantuan pemilihan *equipment*, yang digunakan untuk membantu pemain memilih *equipment* terbaik yang sesuai dengan *map* yang

dipilih. Prinsip ini sejalan dengan ajaran Islam dalam kitab Arbain Nawawi, hadis ke 36 yang berbunyi:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللهُ عَنْهُ، عَنِ النَّبِيِّ ﷺ قَالَ: «مَنْ نَفَّسَ عَنْ مُؤْمِنٍ كُرْبَةً مِنْ كُرَبِ الدُّنْيَا، نَفَّسَ اللهُ عَنهُ كُرْبَةً مِنْ كُرَبِ يَوْمِ القِيَامَةِ. وَمَنْ يَسَّرَ عَلَى مُعْسِرٍ، يَسَّرَ اللهُ عَلَيْهِ فِي الدُّنْيَا وَالآخِرَةِ. وَمَنْ سَتَرَ مُسْلِماً سَتَرَهُ اللهُ فِي الدُّنْيَا وَالآخِرَةِ. وَاللهُ فِي عَوْنِ العَبْدِ مَا كَانَ العَبْدُ فِي عَوْنِ أَخِيْهِ

"Dari Abu Hurairah radhiyallahu 'anhu, dari Nabi shallallahu 'alaihi wa sallam bersabda, "Barangsiapa yang menghilangkan kesusahan dari kesusahan-kesusahan dunia orang mukmin, maka Allah akan menghilangkan kesusahan dari kesusahan-kesusahan hari kiamat. Barangsiapa yang memberi kemudahan orang yang kesulitan (utang), maka Allah akan memberi kemudahan baginya di dunia dan akhirat. Siapa yang menutup aib seorang muslim, maka Allah akan menutup aibnya di dunia dan di akhirat. Siapa saja yang menolong saudaranya, maka Allah akan menolongnya sebagaimana ia menolong saudaraya" (*HR. Muslim*).

Ta'awun atau tolong-menolong, sebagaimana dijelaskan oleh (Abba, 2022), merujuk pada tindakan saling membantu dalam kebaikan antar individu muslim tanpa memandang siapa yang membutuhkan bantuan. Tidak ada pertimbangan tentang status sosial, kedudukan, atau kekayaan materi seseorang dalam proses tolong-menolong ini. Secara esensial, *ta'awun* adalah bentuk kepedulian di mana setiap individu membantu sesama umat Islam tanpa mengharapkan balasan apa pun dari pihak yang dibantu.

4.4.3 *Muamalah Ma'al Bi'ah*

Muamalah Ma'al Bi'ah dalam penelitian ini mengacu pada hubungan manusia dengan alam, yang menekankan pentingnya kesadaran akan dampak perbuatan manusia terhadap lingkungan. Pemahaman ini disampaikan melalui media *game* yang mengajak pemain agar lebih peduli terhadap alam, sebagai bentuk

kepedulian terhadap ciptaan Allah. Hal ini sesuai dengan yang disebutkan dalam Surat Ar-Rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ اَيْدِى النَّاسِ لِيُذِيْقَهُمْ بَعْضَ الَّذِيْ عَمِلُوْا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُوْنَ ﴿٤١﴾

"Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)" (QS. Ar-Rum 30:41).

Ayat ini menunjukkan bahwa kerusakan lingkungan merupakan akibat langsung dari perbuatan manusia (Firmansyah dkk., 2023). Fakhruddin al-Razi dalam tafsirnya menjelaskan bahwa kata *al-fasād* mencakup tidak hanya kerusakan fisik, tetapi juga kerusakan moral seperti kesyirikan dan kemaksiatan. Menurutnya, bencana yang terjadi merupakan bentuk peringatan agar manusia menyadari dampak perbuatannya dan kembali ke jalan yang benar (Hakim & Munawir, 2020).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Peneltian ini telah berhasil mengimplementasikan metode ARAS untuk pemilihan *equipment* dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*". Eksperimen dilakukan pada tiga skenario dengan variasi jumlah koin yang dimiliki pemain dan menggunakan tiga *map* berbeda, yaitu: sungai di pedesaan, sungai di perkotaan, dan sungai di kawasan industri. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa fitur bantuan pemilihan *equipment* yang menggunakan metode ARAS telah berhasil terimplementasi dengan baik dalam *game* edukasi lingkungan "*River Run*". Pengujian *usability* menggunakan metode SUS terhadap 20 responden siswa SD menunjukkan skor rata-rata 74.125, yang termasuk kategori "*Good*". Hal ini mengindikasikan bahwa sistem bantuan pemilihan *equipment* pada *game* ini mudah digunakan dan dapat diterima oleh pengguna. Namun, terdapat area yang perlu diperbaiki terutama terkait kebingungan dirasakan sebagian pengguna.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian implementasi metode ARAS dalam pemilihan *equipment* pada *game* edukasi lingkungan "*River Run*", peneliti mengajukan beberapa saran yang diharapkan dapat meningkatkan efektivitas penerapan metode serta kualitas pengembangan *game* pada penelitian selanjutnya.

1. Menambahkan jumlah alternatif *equipment* dan *map* dalam *game*, sehingga lebih bervariasi dan membuat pemain bisa merasakan pengalaman yang lebih beragam.
2. Melakukan analisis lebih lanjut terhadap penilaian SUS untuk mengidentifikasi serta memperbaiki masalah-masalah yang ditemukan dalam *game.*
3. Mengembangkan fitur *multiplayer* dengan konsep balapan pengumpulan sampah, di mana pemain dapat bersaing dengan teman-temannya dalam mengumpulkan sampah lebih banyak atau lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

Abba, H. (2022). *Nilai-Nilai Pendidikan Akhlak Dalam Kitab Al-Arba'in Al-Nawawiyah Karya Imam Nawawi*. *4*(2).

Akl, E. A., Pretorius, R. W., Sackett, K., Erdley, W. S., Bhoopathi, P. S., Alfarah, Z., & Schünemann, H. J. (2010). The effect of educational games on medical students' learning outcomes: A systematic review: BEME Guide No 14. *Medical Teacher*, *32*(1), 16–27. https://doi.org/10.3109/01421590903473969

Aldo, D., Nur, Y. S. R., & Utami, A. (2023). Implementation of Additive Ratio Assessment Method in Decision Making on Fertilizer Supplier Selection at BBTPH Banyumas. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, *10*(2), 237–246. https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v10i2.4375

Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)* (Vol. 277). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9

Antunes, C. H., Almeida, L. A., Lopes, V., & Clímaco, J. N. (1994). A decision support system dedicated to discrete multiple criteria problems. *Decision Support Systems*, *12*(4–5), 327–335. https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)90050-7

Arif, Y. M., Harini, S., Nugroho, S. M. S., & Hariadi, M. (2021). An Automatic Scenario Control in Serious Game to Visualize Tourism Destinations Recommendation. *IEEE Access*, *9*, 89941–89957. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3091425

Assidiq, M. R., & Bahri, S. (2022). *Analisis Usability Fitur Rating Pada Aplikasi Ladder Menggunakan Metode System Usability Scale*.

Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *24*(6), 574–594. https://doi.org/10.1080/10447310802205776

Bowan, P. A. (2013). Private Sector Capacity in the Management of Urban Solid Waste in Ghana – A Study of Zoomlion in the Wa Municipality. *Journal of Studies in Social Sciences*, *5*(2), 352–364.

Brooke, J. (1996). *SUS - A quick and dirty usability scale*.

Carneiro, A. (2001). A group decision support system for strategic alternatives selection. *Management Decision*, *39*(3), 218–226. https://doi.org/10.1108/00251740110389063

Dallmann, A., Kohlmann, J., Zoller, D., & Hotho, A. (2022). *Sequential Item Recommendation in the MOBA Game Dota 2* (No. arXiv:2201.08724). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.08724

Duan, L., Li, S., Zhang, W., & Wang, W. (2022). MOBA Game Item Recommendation via Relation-aware Graph Attention Network. *2022 IEEE Conference on Games (CoG)*, 338–344. https://doi.org/10.1109/CoG51982.2022.9893595

Effendy, F., Barry Nuqoba, & Taufik. (2019). Culinary Recommendation Application Based on User Preferences Using Fuzzy Topsis. *IIUM Engineering Journal*, *20*(2), 163–175. https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i1.1023

Ependi, U., Kurniawan, T. B., & Panjaitan, F. (2019). System Usability Scale Vs Heuristic Evaluation: A Review. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, *10*(1), 65–74. https://doi.org/10.24176/simet.v10i1.2725

Fania, F., Azzahra, M., Hartama, D., Wanto, A., & Rahim, A. (2021). *Rekomendasi Pemilihan Calon Peserta MTQ Terbaik Tahun 2019 dengan Teknik Additive Ratio Assessment (ARAS)*.

Ferguson, J. S., & Martin, W. F. (1985). An Overview of Occupational Safety and Health Guidelines for Superfund Sites. *American Industrial Hygiene Association Journal*, *46*(4), 175–180. https://doi.org/10.1080/15298668591394617

Firmansyah, A., Nugraheni, Y. T., Wisanto, M., & Asih, S. W. (2023). The Ecological Sustainability of The Earth System: Classical and Contemporary Interpretation of Surah Ar-Rum (Chapter 30), Verse 41. *Amorti: Jurnal Studi Islam Interdisipliner*, 160–166. https://doi.org/10.59944/amorti.v2i3.108

Fitriana, A. N., Fathurohman, I., & Purbasari, I. (2024). Interaksi Sosial Anak Dalam Permainan Game Online Mobile Legend. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *10*(4), 133–145. https://doi.org/10.5281/zenodo.10501265

Gaol, L. C. L., & Hasibuan, N. A. (2018). *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Team Leader Shift Terbaik Dengan Menggunakan Metode Aras Studi Kasus PT. Anugrah Busana Indah*. *13*.

Gomeseria, R. (2018). Environmental Possibilism. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3926442

Goncharova, M. (2012). Planet Play: Designing a Game for Children to Promote Environmental Awareness. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, *2*(4). https://doi.org/10.29333/ojcmt/2403

Hakim, L., & Munawir, M. (2020). Kesadaran Ekologi Dalam Al-Qur'an: Studi Penafsiran Al-Razi Pada Qs. Al-Rum (30): 41. *TAFSE: Journal of Qur'anic Studies*, *5*(2), 51. https://doi.org/10.22373/tafse.v5i2.9065

Hellyana, C. M., Fadlilah, N. I., Wijianto, R., & Ade Putra, K. A. (2023). Game Edukasi "Perjalanan Si Koko" Sebagai Media Pembelajaran. *Informatics and Computer Engineering Journal*, *3*(1), 88–96. https://doi.org/10.31294/icej.v3i1.1784

Koçak, S., Akdeniz University, Department of Civil Engineering, Antalya, Turkey, Kazaz, A., Akdeniz University, Department of Civil Engineering, Antalya, Turkey, Ulubeyli, S., & Bulent Ecevit University, Department of Civil Engineering, Zonguldak, Turkey. (2018). Subcontractor selection with additive ratio assessment method. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, *1*(1), 18–32. https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.01018032

Ku, C.-C., Wu, M.-T., Tsai, S.-M., & Chuang, M.-L. (2020). A Small Remote-Controlled Nearshore Floating Waste Collecting Boat. *2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan)*, 1–2. https://doi.org/10.1109/ICCE-Taiwan49838.2020.9258029

Larasati, N., & Fitria, L. (2020). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Organik di Universitas Indonesia (Studi Kasus Efektivitas Unit Pengolahan Sampah UI Depok). *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, *1*(2). https://doi.org/10.7454/jnklg.v1i2.1032

Laurence, Hartono, N., Fidelis, A., & Silalahi, R. V. (2018). Design of garbage picking up tool at mangrove ecopark in North Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *195*, 012038. https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012038

Marha, T., Siregar, Y. S., & Sundari, S. (2022). Implementasi Game Edukasi Lingkungan Dengan Algoritma Linear Congruential Generator Berbasis Android. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, *17*(2), 8. https://doi.org/10.30587/e-link.v17i2.4572

Mogharreban, N. (2006). Adaptation of a Cluster Discovery Technique to a Decision Support System. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, *1*, 059–068. https://doi.org/10.28945/114

Moosa, A. M., Al-Maadeed, N., Saleh, M., Al-Maadeed, S. A., & Aljaam, J. M. (2020). Designing a Mobile Serious Game for Raising Awareness of Diabetic

Children. *IEEE Access*, *8*, 222876–222889. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3043840

Najuah, Sidiq, R., & Simamora, R. S. (2022). *Game Edukasi: Strategi dan Evaluasi Belajar Sesuai Abad 21*. Yayasan Kita Menulis.

Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Academic Press.

Noemí, P.-M., & Máximo, S. H. (2014). Educational Games for Learning. *Universal Journal of Educational Research*, *2*(3), 230–238. https://doi.org/10.13189/ujer.2014.020305

Nurdin, R. (2021). Pemaknaan Hadis Anjuran Menuntut Ilmu Riwayat Muslim dari Abu Hurairah di Kalangan Akademisi Kota Ambon. *Aqlam: Journal of Islam and Plurality*, *6*(2). https://doi.org/10.30984/ajip.v6i2.1611

Padmalal, D., & Maya, K. (2014). Rivers-Structure and Functions. Dalam D. Padmalal & K. Maya, *Sand Mining* (hlm. 9–22). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9144-1_2

Pankratova, N. D., & Nedashkovskaya, N. I. (2017). A decision support system for evaluation of decision alternatives on basis of a network criteria model. *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, 830–835. https://doi.org/10.1109/UKRCON.2017.8100363

Peri, J. (2024). Video gaming industry in the US. *International Journal of Science and Research Archive*, *11*(1), 1257–1265. https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.11.1.0194

Prayogo, M. A., Endro Suseno, J., & Kusumo Nugraheni, D. M. (2019). Selecting Palm Oil Cultivation Land using ARAS Method. *2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 358–362. https://doi.org/10.1109/ISRITI48646.2019.9034593

Saputra, T. (2022). *Konsep Ta'awun dalam Al-Qur'an Sebagai Penguat Tauhid dan Solidaritas Sosial (Studi Tafsir Mawdlu'iy)*. *19*(2). https://doi.org/10.46781/al-mutharahah.v19i2.517

Sharma, D. C. (2005). By Order of the Court: Environmental Cleanup in India. *Environmental Health Perspectives*, *113*(6). https://doi.org/10.1289/ehp.113-a394

Smit, R. (2019). *A machine learning approach for recommending items in League of Legends*.

Sultana, M. S. (2012). *Toxic Metal Contamination on the River near Industrial Area of Dhaka*.

Sutmo, F., Dewanto, B. A., Mulyadi Mucoffa, M. A., Kurniawan, Y. I., & Wijayanto, B. (2023). Math Runner: Game Edukasi Matematika Untuk Anak Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, *3*(4), 165–173. https://doi.org/10.52436/1.jpti.286

Tan, C. K. W., & Nurul-Asna, H. (2023). Serious games for environmental education. *Integrative Conservation*, *2*(1), 19–42. https://doi.org/10.1002/inc3.18

Triassi, M., De Simone, B., Montuori, P., Russo, I., De Rosa, E., Di Duca, F., Crivaro, C., Cerullo, V., Pontillo, P., & Díez, S. (2023). Determination of Residual Municipal Solid Waste Composition from Rural and Urban Areas: A Step toward the Optimization of a Waste Management System for Efficient Material Recovery. *Sustainability*, *15*(18), 13378. https://doi.org/10.3390/su151813378

Tyler, G. (1978). Do You Need to Buy That Piece of Equipment? *Arboriculture & Urban Forestry*, 179–180. https://doi.org/10.48044/jauf.1978.042

Ulfiah, U., Rahthin Rasyadan, M. F., Utami, W. T., Sunardi, S., & Fitria Murad, D. (2025). Impact of usability on continuance usage intention in language learning apps with gamification features. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, *14*(1), 696–705. https://doi.org/10.11591/eei.v14i1.8023

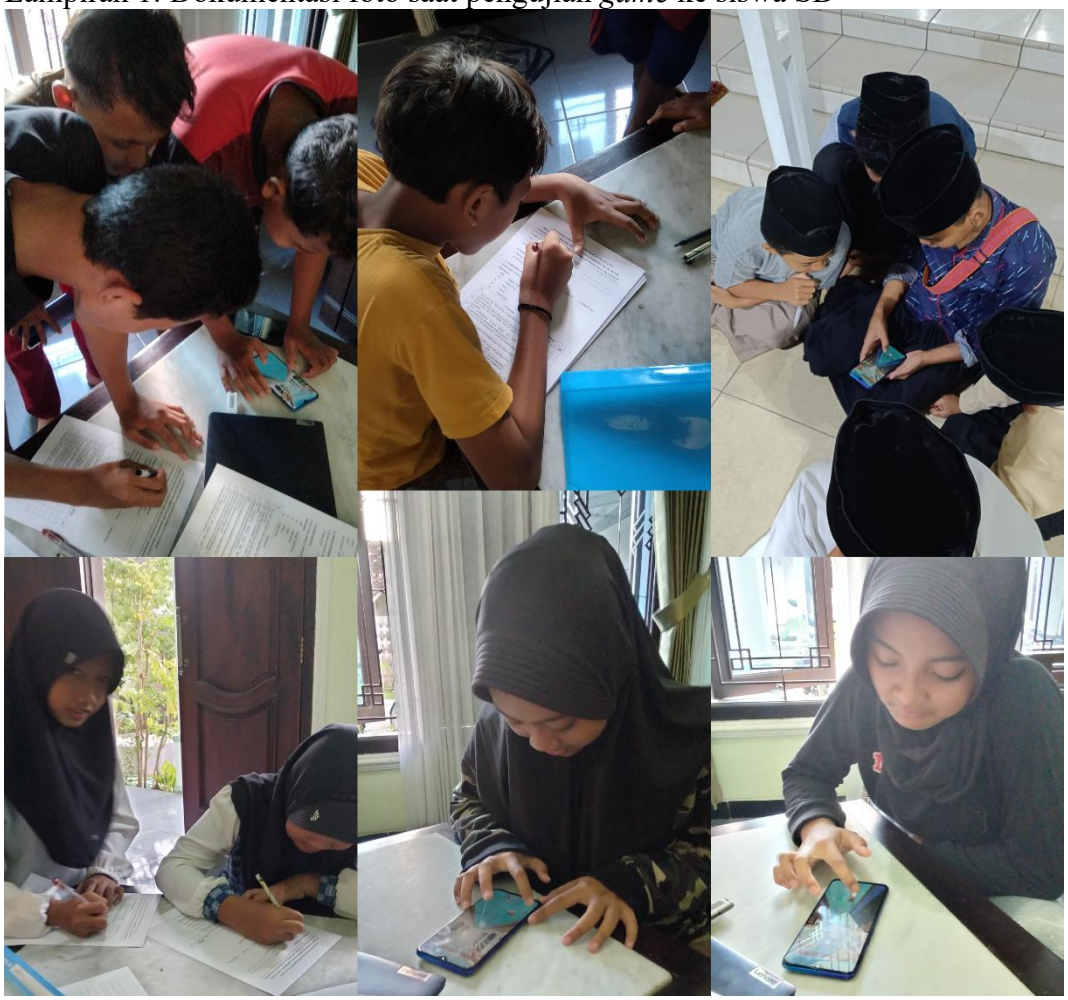
Yilistriyani, Y., Kanedi, I., & Elfianty, L. (2021). Implementation of the Additive Ratio Assessment (ARAS) Method for Employee Performance Assessment in the Office of Perum Bulog. *Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi*, *1*(1), 106–116. https://doi.org/10.53697/jkomitek.v1i1.133

Zahugi, E. M. H., Shanta, M. M., & Prasad, T. V. (2012). Design of Multi-Robot System for Cleaning Up Marine Oil Spill. *International Journal of Advanced Information Technology*, *2*(4), 33–43. https://doi.org/10.5121/ijait.2012.2404

Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). A New Additive Ratio Assessment (aras) Method in Multicriteria Decision-Making. *Technological and Economic Development of Economy*, *16*(2), 159–172. https://doi.org/10.3846/tede.2010.10

LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi foto saat pengujian *game* ke siswa SD



Lampiran 2: Lembar Kuesioner (Kosong)

KUESIONER PENGUJIAN SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)
IMPLEMENTASI METODE ADDITIVE RATIO ASSESSMENT (ARAS) UNTUK PEMILIHAN EQUIPMENT DALAM GAME EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : _____ Sekolah : _____

Umur : _____ tahun Kelas : _____

Jenis Kelamin : Laki-laki / Perempuan **) coret yang tidak perlu*

B. FREKUENSI BERMAIN GAME

1. Seberapa sering kamu bermain *game* di *smartphone*?

a. Tidak pernah b. Jarang c. Kadang-kadang d. Sering e. Sangat sering

C. KUESIONER SUS

Berikan tanda centang (√) pada pilihan jawaban yang anda pilih

Keterangan:

STS : Sangat Tidak Setuju

TS : Tidak Setuju

N : Netral

S : Setuju

SS : Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Pilihan				
		STS	TS	N	S	SS
1.	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					
2.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit					
3.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan					
4.	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					
5.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik					
6.	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					
7.	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat					
8.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan					
9.	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					
10.	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					

Lampiran 3: Lembar Kuesioner

KUESIONER PENGUJIAN SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)
IMPLEMENTASI METODE ADDITIVE RATIO ASSESSMENT (ARAS) UNTUK PEMILIHAN EQUIPMENT DALAM GAME EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Khanzana arrisha shiba A. Sekolah : MI - Al falah Cangaan
Umur : 11 tahun Kelas : 5
Jenis Kelamin : ~~Laki-laki~~ / Perempuan *) *coret yang tidak perlu*

B. FREKUENSI BERMAIN GAME

1. Seberapa sering kamu bermain *game* di *smartphone*?

a. Tidak pernah b. Jarang c. Kadang-kadang d. Sering e. Sangat sering

C. KUESIONER SUS

Berikan tanda centang (√) pada pilihan jawaban yang anda pilih

Keterangan:

STS : Sangat Tidak Setuju
TS : Tidak Setuju
N : Netral
S : Setuju
SS : Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Pilihan				
		STS	TS	N	S	SS
1.	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
2.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit		√			
3.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan				√	
4.	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
5.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik					√
6.	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini		√			
7.	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat				√	
8.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan	√				
9.	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
10.	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini	√				

KUESIONER PENGUJIAN SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)
IMPLEMENTASI METODE ADDITIVE RATIO ASSESSMENT (ARAS) UNTUK PEMILIHAN EQUIPMENT DALAM GAME EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : ZIDAN ISHAQ MAULANA Sekolah : MI ALFALAH CANGAAN

Umur : 13 tahun Kelas : 6

Jenis Kelamin : Laki-laki / ~~Perempuan~~ *) *coret yang tidak perlu*

B. FREKUENSI BERMAIN GAME

1. Seberapa sering kamu bermain *game* di *smartphone*?

a. Tidak pernah b. Jarang c. Kadang-kadang d. Sering e. Sangat sering

C. KUESIONER SUS

Berikan tanda centang (√) pada pilihan jawaban yang anda pilih

Keterangan:

STS : Sangat Tidak Setuju
TS : Tidak Setuju
N : Netral
S : Setuju
SS : Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Pilihan				
		STS	TS	N	S	SS
1.	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					√
2.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit	√				
3.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan				√	
4.	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini		√			
5.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik					√
6.	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *Item* di *game* ini			√		
7.	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat				√	
8.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan			√		
9.	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
10.	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini	√				

KUESIONER PENGUJIAN SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)
IMPLEMENTASI METODE ADDITIVE RATIO ASSESSMENT (ARAS) UNTUK PEMILIHAN EQUIPMENT DALAM GAME EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Senandung nada pamanfiani   Sekolah : mi al-ulum kabalan
Umur : 11 tahun   Kelas : B
Jenis Kelamin : ~~Laki-laki~~ / Perempuan *) *coret yang tidak perlu*

B. FREKUENSI BERMAIN GAME

1. Seberapa sering kamu bermain *game* di *smartphone*?
   a. Tidak pernah   b. Jarang   c. Kadang-kadang ✓   d. Sering   e. Sangat sering

C. KUESIONER SUS

Berikan tanda centang (√) pada pilihan jawaban yang anda pilih

Keterangan:

STS : Sangat Tidak Setuju
TS : Tidak Setuju
N : Netral
S : Setuju
SS : Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Pilihan				
		STS	TS	N	S	SS
1.	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
2.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit	√				
3.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan				√	
4.	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini	√				
5.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik			√		
6.	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini		√			
7.	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat					√
8.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan		√			
9.	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
10.	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini		√			

KUESIONER PENGUJIAN SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)
IMPLEMENTASI METODE ADDITIVE RATIO ASSESSMENT (ARAS) UNTUK PEMILIHAN EQUIPMENT DALAM GAME EDUKASI LINGKUNGAN "RIVER RUN"

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Nisrina nidaul Haq Sekolah : MI Alulum Kabalan
Umur : 12 tahun Kelas : 6
Jenis Kelamin : ~~Laki-laki~~ / Perempuan *) *coret yang tidak perlu*

B. FREKUENSI BERMAIN GAME

1. Seberapa sering kamu bermain *game* di *smartphone*?
   a. Tidak pernah b. Jarang ~~c.~~ Kadang-kadang d. Sering e. Sangat sering

C. KUESIONER SUS

Berikan tanda centang (√) pada pilihan jawaban yang anda pilih

Keterangan:

STS : Sangat Tidak Setuju
TS : Tidak Setuju
N : Netral
S : Setuju
SS : Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Pilihan				
		STS	TS	N	S	SS
1.	Saya pikir saya akan sering menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini			√		
2.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini terlalu rumit		√			
3.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini mudah digunakan			√		
4.	Saya membutuhkan bantuan teman atau guru saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini	√				
5.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini berjalan dengan baik				√	
6.	Saya merasa kebingungan saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini	√				
7.	Saya merasa teman-teman saya akan belajar menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini dengan cepat			√		
8.	Saya merasa fitur rekomendasi *item* di *game* ini sulit digunakan		√			
9.	Saya merasa percaya diri saat menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini					√
10.	Saya perlu belajar banyak hal dulu sebelum bisa mulai menggunakan fitur rekomendasi *item* di *game* ini		√			