

Perancangan Game Android 2D Platformer Runner Math Untuk Meningkatkan Kemampuan Operasi Aritmatika Siswa Sekolah Dasar (Studi Kasus: SD Negeri Kletek)

Muhammad Didik Wahyudi¹, Hafizhuddin Zul Fahmi²

Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231

1muhammad.20040@mhs.unesa.ac.id

2hafizhuddinfahmi@unesa.ac.id

Abstrak— Game android 2D platformer runner math adalah sebuah game yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan operasi aritmatika siswa sekolah dasar. Game ini menggabungkan unsur platformer dan puzzle, dimana pemain harus menggerakkan karakter dari satu platform ke platform lain untuk mencapai tower finish. Pemain juga harus memecahkan perhitungan operasi aritmatika yang melibatkan bilangan bulat, pecahan, dan desimal untuk melewati rintangan dan musuh. Game ini dibuat dengan menggunakan Unity Engine, yaitu sebuah perangkat lunak yang dapat membuat game 2D dan 3D. Penelitian ini menggunakan metode iterative Rapid prototyping memungkinkan visualisasi dan pengujian ide dengan segera, yang mempercepat inovasi dan proses kreatif. Pendekatan ini juga menurunkan risiko dalam desain game dengan memungkinkan evaluasi dan perbaikan konsep yang terus-menerus, mencegah pengembangan game yang mengecewakan. Iterasi yang efektif memastikan perubahan dapat diperiksa secara langsung, memfasilitasi penyesuaian yang cepat dan meningkatkan kualitas akhir game. dan penerapan finite machine untuk perancangan sistem kontrol yang menggambarkan perilaku atau prinsip operasional. Penelitian ini dilakukan sebagai studi kasus di Sekolah Dasar Negeri Keletek. Hasil pengujian fun testing yang diperoleh dari pengisian kuesioner oleh 20 responden menunjukkan bahwa keseluruhan game mendapatkan skor 91%, tampilan game 86%, tingkat keseruan game 90%, dan tingkat kesulitan game 78%. Selain itu, pada pengujian usability testing menggunakan SUS, aplikasi ini mendapatkan nilai 77,75 yang berarti perangkat lunak dinyatakan acceptable dan termasuk dalam grade C dengan rating excellent. Pengujian juga dilakukan terhadap guru matematika SD yang menyatakan bahwa aplikasi Runner Math sangat efektif dalam meningkatkan kemampuan operasi aritmatika siswa sekolah dasar.

Kata kunci— Game Edukasi, 2D platformer, operasi aritmatika, Unity Engine, Iterative with Rapid Prototyping, Finite State Machine

I. PENDAHULUAN

Game adalah salah satu bentuk hiburan yang sangat populer di kalangan anak-anak maupun orang dewasa. Game tidak hanya memberikan kesenangan, tetapi juga dapat meningkatkan keterampilan kognitif dan sosial pemainnya.

Game tidak hanya dapat memberikan kesenangan, tetapi juga dapat memberikan manfaat edukatif bagi pemainnya [1]. Salah satu manfaat edukatif yang dapat diperoleh dari game adalah meningkatkan kemampuan operasi aritmatika, yaitu kemampuan untuk melakukan perhitungan penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian. Kemampuan operasi aritmatika ini sangat penting bagi siswa sekolah dasar, karena merupakan dasar untuk mempelajari konsep-konsep matematika yang lebih tinggi [2].

Metode pembelajaran yang kurang menarik dan bervariasi, serta kurangnya latihan dan penguasaan konsep dasar operasi aritmatika. Akibatnya, siswa seringkali merasa bosan, bingung, dan tidak percaya diri dalam menyelesaikan soal-soal operasi aritmatika. Metode pembelajaran yang kurang menarik dan bervariasi, serta kurangnya latihan dan penguasaan konsep dasar operasi aritmatika. Akibatnya, siswa seringkali merasa bosan, bingung, dan tidak percaya diri dalam menyelesaikan soal-soal operasi aritmatika [2]. Diperlukan sebuah media pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan minat, motivasi, dan konsentrasi siswa dalam mempelajari operasi aritmatika. Media ini juga harus memberikan latihan yang menyenangkan dan menantang, serta membantu siswa menguasai konsep dasar operasi aritmatika dengan lebih baik. Dengan demikian, siswa dapat belajar dengan lebih efektif dan menikmati proses pembelajaran. Salah satu media pembelajaran yang dapat memenuhi kriteria tersebut adalah game edukasi. Game yang akan dirancang dalam penelitian ini adalah game android 2D platformer runner math berbasis unity engine. Game ini merupakan game yang menggabungkan genre platformer dan puzzle.

Penelitian tentang pembuatan game platformer 2D Android yang dilakukan dengan menggunakan Unity, menerapkan metode iterative Rapid prototyping dan finite state machine. Metode ini memungkinkan visualisasi dan pengujian ide secara langsung, sehingga mempercepat inovasi dan proses kreatif. Pendekatan ini juga mengurangi risiko dalam desain game dengan memberikan kesempatan untuk evaluasi dan perbaikan konsep secara berkelanjutan, yang menghindari pengembangan game yang tidak memuaskan. Iterasi yang

efisien memungkinkan perubahan untuk diperiksa secara langsung, memudahkan penyesuaian yang cepat dan meningkatkan kualitas akhir dari game. Penggunaan mesin keadaan terbatas membantu dalam perancangan sistem kontrol yang menggambarkan perilaku atau prinsip operasional game. Penelitian ini dijalankan sebagai studi kasus di Sekolah Dasar Negeri Kletek.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Game Edukasi

Game edukasi merupakan kategori permainan yang dikembangkan dengan tujuan utama sebagai sarana edukasi yang efisien. Permainan ini menyajikan berbagai materi pembelajaran seperti audio, teks, gambar, video, dan animasi yang semuanya dirancang untuk mengasah fokus pada subjek pembelajaran tertentu [3].

Inti dari permainan edukatif adalah untuk memperdalam pemahaman konsep-konsep, meningkatkan kualitas proses belajar, dan memberikan pendidikan kepada pemain dengan metode yang menarik serta interaktif, sehingga memungkinkan mereka untuk memperoleh pengetahuan sambil menikmati keseruan bermain.

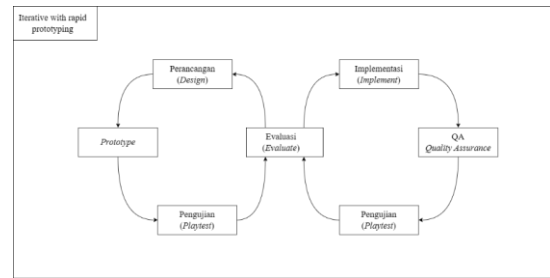
B. Game Aritmatika

Game aritmetika adalah gabungan dari konsep 'permainan' dan 'aritmetika'. Permainan diartikan sebagai kegiatan yang terorganisir atau semi terorganisir yang seringkali dilaksanakan untuk hiburan namun terkadang juga berfungsi sebagai media edukasi. Ciri khas dari sebuah permainan dapat dilihat dari tindakan yang dilakukan oleh para pemainnya.

Dalam kurikulum Sekolah Dasar, materi aritmetika yang diajarkan mencakup pengenalan bilangan mulai dari puluhan hingga ribuan. Proses pembelajaran ini disesuaikan dengan level pendidikan siswa, dimana misalnya, siswa yang berada di kelas dua akan fokus pada bilangan hingga ratusan, dan belum mempelajari bilangan yang mencapai ribuan [2].

C. Iterative with Rapid Prototyping

Dalam pengembangan game, pendekatan iteratif dipilih karena keuntungan yang ditawarkannya. Rapid prototyping memungkinkan visualisasi dan pengujian ide dengan segera, yang mempercepat inovasi dan proses kreatif. Pendekatan ini juga menurunkan risiko dalam desain game dengan memungkinkan evaluasi dan perbaikan konsep yang terus-menerus, mencegah pengembangan game yang mengecewakan. Iterasi yang efektif memastikan perubahan dapat diperiksa secara langsung, memfasilitasi penyesuaian yang cepat dan meningkatkan kualitas akhir game. Proses ini juga mendukung evolusi kreatif game, membiarkan konsep dan mekanisme berkembang secara alami, menciptakan game yang inovatif, menyenangkan, dan menarik [4]. Proses pendekatan perancangan dengan menggunakan metode Iterative with Rapid Prototyping dijelaskan pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Alur Iterative with Rapid Prototyping

D. Paper Prototyping

Dalam proses menciptakan aplikasi atau software, langkah krusial yang tidak boleh dilewatkan adalah fase pengujian. Fase ini merupakan bagian integral dari siklus hidup pengembangan perangkat lunak, di mana aplikasi yang telah dibuat diuji coba untuk memastikan kualitas dan fungsionalitasnya. Usability testing, yang melibatkan pengguna langsung dalam pengujian, adalah salah satu metode yang efektif untuk mengumpulkan umpan balik nyata dan memastikan bahwa aplikasi tersebut mudah digunakan dan memenuhi kebutuhan pengguna.

Paper prototyping menawarkan keuntungan dimana penggunaannya bisa langsung menguji coba permainan yang telah dibuat. Karena sudah dalam bentuk yang dapat dimainkan, pengguna memiliki kebebasan untuk memilih aksi atau tugas yang ingin mereka lakukan selama proses pengujian paper prototyping berlangsung. Ini memungkinkan interaksi langsung dengan prototipe, memberikan pengalaman yang lebih mendalam dan umpan balik yang lebih instan terhadap desain yang diuji [5].

E. Digital Prototyping

Dalam proses digital prototyping, rancangan awal suatu produk dipresentasikan melalui media digital, berbeda dengan paper prototype yang merupakan objek fisik. Prototipe digital biasanya dibuat dengan menggunakan aplikasi atau software komputer, yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan dan menguji prototipe tersebut secara virtual.

Digital Prototyping memegang peranan penting dalam pengembangan produk karena meningkatkan efisiensi dengan mempercepat proses pembuatan dan pengujian desain tanpa memerlukan model fisik, sehingga menghemat waktu dan sumber daya. Memfasilitasi identifikasi serta penyelesaian masalah pada tahap awal, yang secara keseluruhan dapat meningkatkan kualitas produk dan mempercepat siklus pengembangan [6].

F. Game Platformer

Platformers adalah sejenis video game di mana pemain mengendalikan karakter dan mengarahkan gerakannya di atas layar datar atau miring sambil berjalan, melompat, dan melintasi berbagai rintangan. Sebuah subgenre dari genre game aksi, platformer sangat populer.

Platformer memiliki premis yang sangat jelas. Untuk mencapai tujuan akhir, pemain harus memandu karakter dari satu platform ke platform lainnya. Musuh dan bahaya

berlimpah karena pemain harus memandu karakternya melalui permainan. Kegagalan untuk melakukan hal ini akan mengakibatkan kematian karakter, dan setelah pemain mencapai akhir hidupnya, permainan akan memaksa mereka untuk memulai kembali dari awal. Game ini menantang keterampilan dan refleks pemain, membuat setiap level menjadi pengalaman yang seru dan menegangkan [7].

G. Fun Testing

Fun testing sangat penting karena meskipun sebuah permainan bisa dijalankan, seimbang, dan berfungsi dengan baik, belum tentu permainan tersebut menarik. "Faktor kesenangan" mungkin sulit untuk direncanakan secara sengaja, namun keberadaannya terasa ketika pemain merasa terhibur. Pengujian ini penting untuk mengetahui apakah permainan yang telah dibuat memenuhi faktor kesenangan saat dimainkan oleh pemain [4].

Sebuah praktik yang baik adalah menggunakan kombinasi pertanyaan positif dan negatif untuk menjaga keterlibatan peserta selama survei. Dalam menyusun pertanyaan dan pernyataan, penting untuk memastikan bahwa mereka mudah dipahami dan tidak memihak atau mempengaruhi responden ke arah tertentu [8].

H. Usability Testing

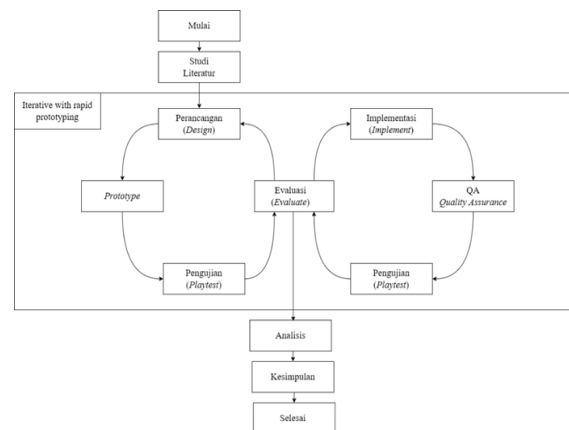
Usability Testing adalah metode evaluasi produk atau sistem yang melibatkan pengguna secara langsung untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengidentifikasi masalah kebergunaan dan memahami pengalaman pengguna secara lebih mendalam, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas produk [4]. System Usability Scale atau SUS, merupakan salah satu instrumen yang umum digunakan untuk mengukur aspek kebergunaan dalam pengujian tersebut.

Dalam praktik Usability Testing, SUS sering menjadi pilihan para peneliti sebagai alat pengukuran. SUS dapat diterapkan dalam pengujian perangkat keras, perangkat lunak, dan situs web [9]. SUS terdiri dari sepuluh pertanyaan yang dirancang untuk mengevaluasi berbagai aspek kebergunaan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Dalam bab ketiga, peneliti menjelaskan prosedur yang digunakan dalam pengembangan game secara mendetail untuk mencapai tujuan penelitian. Proses tersebut termasuk studi literatur untuk pemahaman teoretis, pengumpulan data relevan, desain konsep game, implementasi konsep menjadi game yang nyata, dan serangkaian pengujian untuk memverifikasi efektivitas desain. Metode pengujian yang digunakan adalah pendekatan iterative with rapid prototyping, yang mana hasilnya dianalisis dan dijadikan dasar untuk menarik kesimpulan. Seluruh proses ini diilustrasikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 2.

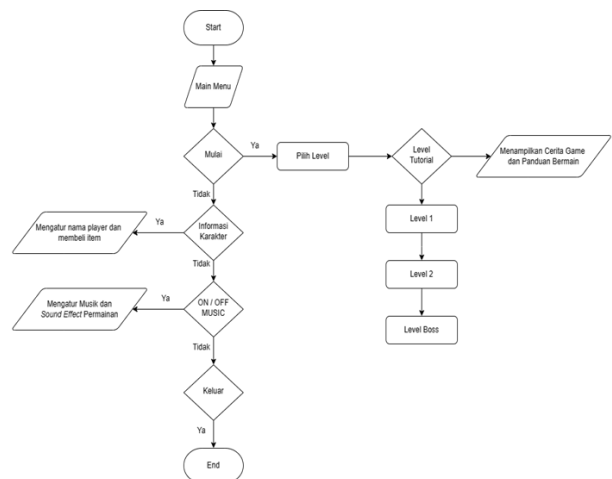


Gambar 2 Diagram Alir / Flowchart Metode Penelitian

B. Studi Literatur

Langkah awal dalam penelitian ini adalah mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber informasi yang relevan dengan isu yang diteliti. Ini melibatkan pencarian dan pengkajian berbagai referensi, termasuk artikel dari jurnal ilmiah yang diakses melalui IEEE atau Science Direct, buku-buku, serta karya-karya penelitian terdahulu yang menangani isu serupa. Tujuan dari proses ini adalah untuk memperluas wawasan dan menetapkan fondasi teoritis yang kuat untuk penelitian. Materi yang dikaji mencakup topik-topik seperti paper prototyping, Fun testing, usability testing serta pengembangan dengan menggunakan bahasa pemrograman C# di lingkungan Unity Game Engine.

C. Flowchart Game



Gambar 3 Flowchart game

Langkah pertama dalam diagram alur permainan ini dimulai di menu utama. Menu ini terdiri dari beberapa pilihan: mulai, informasi karakter, pengaturan musik, dan

keluar. Jika pemain memilih "mulai", mereka akan diarahkan ke menu pilihan level di mana mereka bisa memilih antara level tutorial, level 1, level 2, atau level boss. Level tutorial akan memberikan cerita dari permainan serta panduan tentang cara bermain. Di menu utama, jika pemain memilih "informasi karakter", mereka akan mendapatkan informasi tentang karakter mereka dan memiliki opsi untuk membeli

item atau mengubah nama karakter. Selain itu, ada juga pilihan untuk mengatur musik dan efek suara permainan. Jika pemain memilih "keluar", mereka akan keluar dari permainan dan kembali ke layar utama Android, seperti yang dijelaskan di Gambar 3.

D. Iterative with Rapid Prototyping

Dalam praktiknya, tahap prototyping ini menggunakan metode Paper Prototyping sebagai alat bantu untuk menguji gameplay. Paper Prototyping dilakukan dengan cara menerjemahkan elemen-elemen gameplay ke dalam bentuk kertas yang dipotong-potong dan disusun sesuai dengan objek yang akan dimainkan dalam permainan. Pemain kemudian mencoba memainkan permainan tersebut menggunakan perhitungan matematika dasar untuk menentukan jalannya permainan.

Metode ini tidak hanya efektif untuk menguji interaksi pemain dengan user interface, tetapi juga berguna dalam mengkomunikasikan ide, teknik usability, dan melakukan testing observasi. Sebelum desain final dari user interface dirancang dan dikembangkan, Paper Prototyping memberikan wawasan berharga tentang bagaimana pemain berinteraksi dengan permainan, yang mana sangat krusial dalam proses desain permainan.

E. Paper Prototyping iterasi ke-1

Dalam pembuatan prototipe kertas, konsep dasar permainan dibuat menggunakan media kertas; idenya adalah hal ini dapat memberikan banyak masukan yang berguna untuk menghasilkan ide produk yang lebih baik dalam jangka panjang. Dan bagian gameplay/mekaniknya adalah yang membuat kertas prototipe ini benar-benar bersinar.

Desain awal Gameplay Runner Math disertakan dalam tahap Paper Prototyping versi pertama. Tabel 1 versi pertama makalah prototipe menjelaskan aturan permainan.

Tabel 1 Rules Paper Prototyping Iterasi Ke-1

Setup	Progression of play	Resolution
Tersedia karakter robot X untuk digunakan oleh pemain.	Robot X digunakan oleh pemain sebagai tokoh utama dalam permainan.	Pemain dianggap berhasil memulai permainan ketika mereka menekan tombol mulai dan berhasil memasuki permainan.
Tersedia empat nyawa dalam permainan.	Pemain memiliki empat nyawa yang harus dijaga agar tidak habis, minimal menyisakan satu.	Permainan akan berakhir dan dinyatakan gagal jika semua nyawa pemain telah habis.
Tersedia dua state dalam permainan yaitu MathChallengeState dan AdjustingAnswerState.	Pemain akan menghadapi tantangan berupa soal operasi matematika, termasuk penjumlahan, perkalian, pengurangan, dan pembagian.	Pemain perlu menjawab soal matematika dengan benar untuk membuka platform yang menghalangi atau yang hilang.
Tersedia tombol 'tambah' dan 'kurang' dalam permainan.	Saat pemain berada dalam tantangan MathChallengeState, tombol 'tambah' dan 'kurang' akan muncul.	Pemain menggunakan tombol 'tambah' dan 'kurang' untuk mengatur angka

		sehingga mendapatkan jawaban yang tepat
--	--	---

F. Paper Prototyping iterasi ke-2.

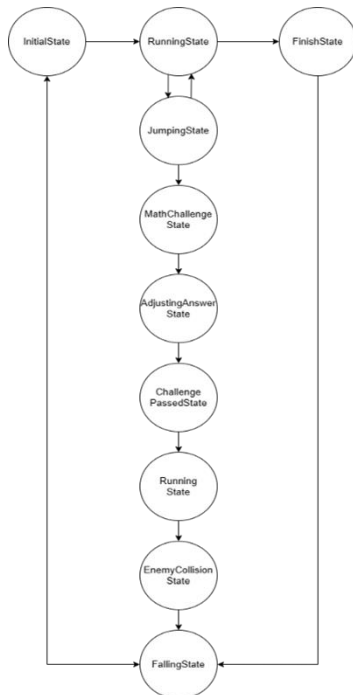
Dalam iterasi kedua dari paper prototyping, terdapat penambahan elemen waktu atau 'time' dalam Game state. Sebelumnya, permainan hanya melibatkan poin dan nyawa, namun kini waktu juga menjadi faktor penting yang harus diperhatikan selama permainan berlangsung. Menurut pakar Doni Putra Purbawa, penambahan waktu ini bertujuan untuk meningkatkan keseruan dan menghindari kebosanan pemain, mendorong mereka untuk bermain dengan lebih terpacu.

Selain itu, permainan juga diperkaya dengan fitur baru di mana pemain dapat mengambil item selama bermain, menambahkan tantangan dalam mencari item tersebut. Perubahan lain termasuk modifikasi pada state bergerak; pemain tidak hanya bergerak maju tetapi juga harus melompat dari satu platform ke platform lainnya. Tambahan signifikan lainnya adalah penambahan level boss dengan mekanik gameplay yang kompleks. Di awal permainan, pemain diberikan tiga nyawa dan boss memiliki sepuluh nyawa. Mekanik gameplay melibatkan operasi hitung tambah dan kurang dengan tingkat kesulitan yang meningkat, seperti contoh soal minus empat dikurangi minus sepuluh, dengan tiga pilihan jawaban yang tersedia.

Jika pemain menjawab dengan benar, nyawa boss akan berkurang, tetapi jika salah, nyawa pemain akan berkurang. Pemain juga berisiko kehilangan nyawa jika tidak menjawab dalam batas waktu yang ditentukan, yaitu 12 detik. Angka-angka untuk soal berikutnya dihasilkan secara acak, menambah unsur ketidakpastian dan tantangan. Permainan berlanjut dengan pemain yang berusaha mengurangi nyawa boss hingga habis untuk memenangkan permainan, sementara kegagalan dalam menjaga nyawa sendiri berarti kekalahan. Perubahan dan penambahan aturan ini tercatat dalam Tabel 4.9 yang menjelaskan rules paper prototyping iterasi ke-2.

G. Penerapan Finite State Machine

Diagram FSM dalam game ini mengelola perpindahan antara berbagai kondisi seperti berlari, melompat, dan menyelesaikan tantangan matematika. Pemain tidak akan kehilangan nyawa jika mereka tidak berhasil menyelesaikan tantangan matematika; mereka hanya perlu terus mencoba sampai mendapatkan jawaban yang benar. Namun, pemain akan kehilangan nyawa jika mereka bertabrakan dengan musuh atau terjatuh ke jurang. Game ini juga mencatat waktu yang dibutuhkan dari mulai hingga selesai, menggunakan waktu sebagai salah satu ukuran kinerja. FSM tidak hanya memudahkan pengelolaan kondisi dan transisi dalam game, tetapi juga mengintegrasikan aspek edukatif dan tantangan matematika ke dalam gameplay yang menarik dan interaktif.



Gambar 4 Alur FSM Operasi Aritmatika pada game runner math

Diagram Finite State Machine (FSM) untuk game ini menggambarkan berbagai keadaan yang dilalui pemain selama permainan. Di InitialState, permainan dimulai dengan pemain di posisi awal. Dari sini, pemain berpindah ke RunningState, di mana mereka bergerak maju, dapat melompat, dan menghadapi rintangan. JumpingState menggambarkan saat pemain sedang melompat. Ketika menghadapi rintangan operasi hitung, pemain memasuki MathChallengeState dan kemudian AdjustingAnswerState untuk menyesuaikan jawaban menggunakan tombol tambah dan kurang. Setelah menjawab dengan benar, pemain bergerak ke ChallengePassedState di mana rintangan terbuka. Jika pemain bertabrakan dengan musuh, mereka akan berada di EnemyCollisionState dan kehilangan nyawa, atau jika jatuh ke jurang, mereka akan berada di FallingState dan juga kehilangan nyawa. Akhirnya, FinishState dicapai ketika pemain mencapai garis finish dan permainan berakhir. Setiap panah dalam diagram menunjukkan transisi dari satu state ke state lain berdasarkan aksi pemain atau event yang terjadi dalam game.

H. Pengujian dan Analisis

Agar sebuah game dapat digunakan dan mencapai tujuan desainnya, game tersebut harus menjalani pengujian dan analisis terlebih dahulu untuk mengungkap kekurangan atau kesalahan apa pun. Metodologi pengujian perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi playtesting dan black box testing. Dengan metode ini, diharapkan permainan dapat dievaluasi secara menyeluruh dan diperbaiki sebelum dirilis ke pengguna. Metode ini berguna untuk mengevaluasi

sistem secara keseluruhan dan memastikan semua fungsi berjalan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Sementara itu, playtesting melibatkan pengujian permainan oleh pemain sebenarnya untuk mendapatkan umpan balik tentang gameplay, mekanik, dan keseluruhan pengalaman pengguna.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Prototyping (Paper Prototyping)

Paper prototyping melibatkan pembuatan desain awal game menggunakan media kertas. Metode ini diharapkan dapat memberikan banyak masukan yang berguna untuk menghasilkan desain produk yang lebih baik. Dengan menggunakan paper prototyping, pengembang dapat mengidentifikasi dan memperbaiki masalah desain sejak tahap awal, sehingga proses pengembangan selanjutnya menjadi lebih efisien dan efektif. Proses ini memungkinkan pengembang untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah sejak dini.

Fokus utama dari paper prototyping ini adalah pada bagian gameplay dan mekanik permainan. Dengan demikian, pengembang dapat menguji dan menyempurnakan elemen-elemen penting dari game sebelum melanjutkan ke tahap pengembangan yang lebih lanjut. Pendekatan ini membantu memastikan bahwa gameplay berjalan dengan lancar dan sesuai dengan harapan pemain.

1. Paper Prototyping iterasi ke-1

Pada tahap pertama iterasi Paper Prototyping, terdapat sketsa kasar dari gameplay Game Runner Math. Penjelasan lebih rinci mengenai aturan gameplay yang ada pada iterasi pertama paper prototyping ini dapat ditemukan pada Tabel 3.1. Sketsa dan aturan ini membantu memberikan gambaran awal tentang bagaimana permainan akan berjalan dan memungkinkan pengembang untuk menerima masukan yang berguna untuk perbaikan lebih lanjut. Skenario memainkan paper prototyping ini adalah sebagai berikut:

- Pemain memulai dari state awal dengan 4 health, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5 Implementasi Paper Prototyping State Awal Pemain

- Pemain dapat menggerakkan karakter menggunakan joystick geser dan tombol panah ke atas untuk melompat.
- Dalam skenario ini, pemain akan mencapai platform dengan kondisi math challenge state. Setelah berada di platform tersebut, tombol panah atas untuk melompat akan berubah menjadi tombol tambah dan kurang untuk menyesuaikan angka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.

- b. Setelah memilih tombol mulai, pemain akan dibawa ke menu pilih level, di mana semua level sudah terbuka dan bisa langsung dimainkan



Gambar 9 Implementasi Digital Prototyping Pilih Level

- c. Pada level tutorial, pemain akan dibawa ke dalam scene story sebelum memulai permainan. Scene story ini akan otomatis berganti ke slide berikutnya setiap 5 detik, atau pemain dapat menggunakan tombol skip yang terlihat pada Gambar 10 untuk melewati cerita.



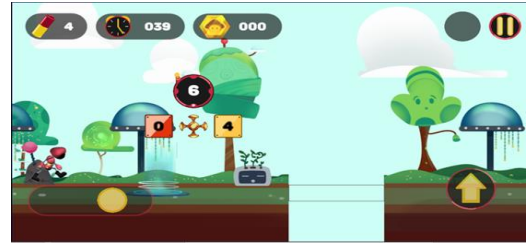
Gambar 10 Implementasi Digital Prototyping Story Permainan

- d. Setelah scene story selesai, terdapat panduan cara bermain Game Runner Math. Pemain dapat menekan layar untuk melanjutkan hingga panduan selesai, seperti yang terlihat pada Gambar 11, kemudian pemain bisa memainkan level tutorial.



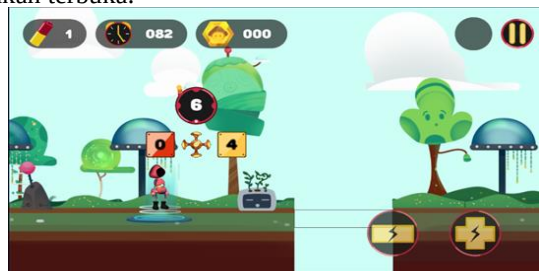
Gambar 11 Implementasi Digital Prototyping Panduan Bermain

- e. Gambar 12 menunjukkan implementasi dari gameplay Game Petualangan Runner Math, dengan karakter bernama X. Pemain dapat menggerakkan karakter menggunakan joystick geser ke kiri dan kanan, serta tombol panah ke atas untuk melompat dari satu platform ke platform lainnya.



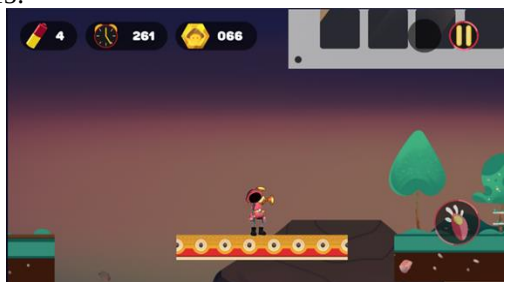
Gambar 12 Implementasi Digital Prototyping Gameplay

- f. Pada Gambar 13, pemain akan diberikan tantangan matematika jika berada di platform math challenge. Tombol melompat akan berubah menjadi tombol up dan down untuk menyesuaikan angka pada balok perhitungan. Jika pemain menyelesaikan tantangan pada platform tersebut, rintangan yang menghalangi akan terbuka.

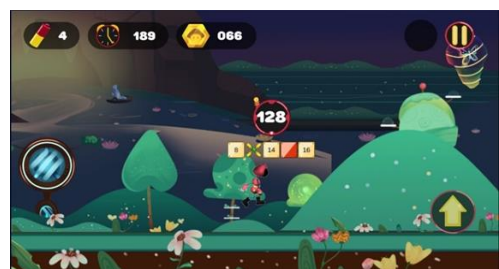


Gambar 13 Implementasi Digital Prototyping Platform Math Challenge

- g. Pemain diberikan batas waktu untuk menyelesaikan permainan. Pemain dapat mengumpulkan item fragment yang dapat digunakan untuk membeli skin di menu custom, serta item operasi hitung untuk menyelesaikan rintangan matematika, seperti yang terlihat pada Gambar 14. Untuk menggunakan item operasi hitung, pemain harus melompat ke arah balok kosong merah untuk melengkapi perhitungan matematika, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.

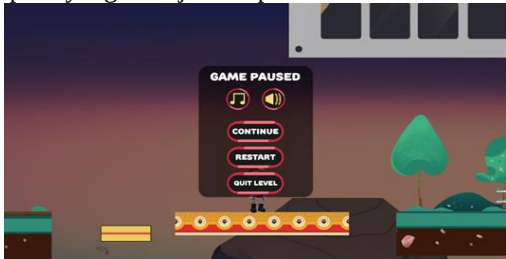


Gambar 15 Implementasi Digital Prototyping mengambil item



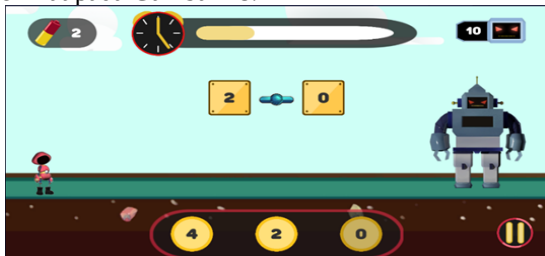
Gambar 16 Implementasi Digital Prototyping mekanisme item operasi hitung

- h. Pemain dapat menjeda permainan (pause) kapan saja selama permainan berlangsung. Ketika permainan dijeda, waktu dalam permainan juga akan berhenti, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Implementasi Digital Prototyping Paiuse Menu

- i. Terdapat beberapa checkpoint yang ditempatkan di berbagai lokasi. Checkpoint ini memastikan pemain tidak perlu memulai dari awal ketika kehilangan nyawa.
- j. Pada level bos, pemain harus menjawab soal matematika dalam waktu 12 detik. Pemain memiliki tiga nyawa, sementara bos memiliki sepuluh nyawa. Untuk menyelesaikan level ini, pemain harus menjawab soal dengan benar untuk mengurangi nyawa bos hingga nol. Jika pemain menjawab salah atau kehabisan waktu, nyawa pemain akan berkurang satu. Tersedia tiga pilihan jawaban, seperti yang terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Implementasi Digital Prototyping Level Bos

C. Pengujian Black Box

Setelah tahap implementasi selesai, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian dan analisis. Pengujian perangkat lunak dilakukan berdasarkan kebutuhan fungsional dengan menggunakan metode Black Box Testing. Di sisi lain, pengujian pengguna dilakukan melalui playtesting game secara langsung oleh peserta studi kasus, yaitu siswa-siswa dari Sekolah Dasar Negeri Kletek.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa perangkat lunak berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal. Hasil dari pengujian ini akan dianalisis untuk mengidentifikasi dan memperbaiki setiap masalah yang ditemukan sebelum perangkat lunak dirilis secara resmi. Seperti yang dijelaskan pada tabel 2, analisis ini sangat penting untuk menjamin kualitas dan kinerja perangkat lunak.

Tabel 2 Hasil Pengujian Perangkat Lunak Menggunakan Black Box Testing

Nama Uji	Hasil	Status
Berjalan Maju	Sistem berhasil membaca input dari joystick, sehingga karakter dapat bergerak sesuai dengan arah yang diinginkan oleh pemain.	Valid
Melompat	Karakter berhasil melompat ketika pemain menekan tombol "up".	Valid
Mengambil Item	Karakter berhasil mengambil item yang ada dalam permainan dan dapat menggunakan item tersebut dengan menempatkannya pada balok yang sesuai.	Valid
Terseang	Health pada karakter berkurang satu setiap kali pemain terkena serangan lawan, mengenai collider, atau jatuh ke jurang dalam permainan.	Valid
Kalah	Sistem berhasil menampilkan layar Game Over ketika pemain kehabisan health	Valid
Menang	Sistem berhasil menampilkan tower finish dan papan hasil skor permainan.	Valid
Checkpoint	Sistem berhasil mengembalikan pemain ke checkpoint, sehingga pemain tidak perlu memulai dari awal permainan.	Valid
Math Challenge	Sistem berhasil mengubah tombol, dan ketika jawaban math challenge benar, rintangan terbuka.	Valid

D. Fun Testing

Dalam pengujian reaksi kesenangan pengguna atau fun testing, peneliti membagikan beberapa pertanyaan melalui kuisioner kepada 20 siswa Sekolah Dasar Negeri Kletek setelah mereka selesai memainkan permainan. Penulis menggunakan skala Likert yang dibagikan melalui Google Form, dengan lima pilihan skala: sangat kurang (sangat sulit), kurang (sulit), cukup, bagus (mudah), dan sangat bagus (sangat mudah).

Hasil pengujian terhadap pengguna (fun testing) yang diperoleh dari kuisioner ditunjukkan pada Tabel 4.9. Kuisioner ini membantu mengukur tingkat kesenangan dan kemudahan yang dirasakan oleh para siswa saat bermain game.

Tabel 3 Hasil Pengujian terhadap Pengguna (Fun Testing)

Pertanyaan	Sangat Kurang	Kurang	Cukup	Bagus	Sangat Bagus
Game secara keseluruhan			1Anak	7Anak	12Anak
Tampilan pada Game			4Anak	6Anak	10Anak
Tingkat Keseruan Game			2Anak	6Anak	12Anak
Tingkat Kesulitan Game	1 Anak	2Anak	5Anak	2Anak	10 Anak

Berdasarkan hasil presentase analisis fun testing, dapat disimpulkan bahwa:

1. Game secara keseluruhan: Sebagian besar responden merasa sangat puas dengan permainan, dengan 91% responden memberikan penilaian sangat bagus atau bagus
2. Tampilan pada Game: Tampilan permainan juga diterima dengan baik oleh para responden, dengan 86% memberikan penilaian sangat bagus atau bagus

3. Tingkat Keseruan: Permainan dianggap sangat seru oleh mayoritas responden, dengan 90% memberikan penilaian sangat bagus atau bagus.
4. Tingkat Kesulitan Game: Tingkat kesulitan permainan dinilai cukup seimbang, dengan 78% responden memberikan penilaian cukup hingga sangat bagus.

Secara keseluruhan, hasil fun testing menunjukkan bahwa Game Runner Math diterima dengan baik oleh para siswa, baik dari segi kesenangan, tampilan, keseruan, maupun tingkat kesulitan. Hal ini menunjukkan bahwa permainan ini berhasil mencapai tujuan utamanya untuk memberikan pengalaman bermain yang menyenangkan dan edukatif.

E. Usability Testing

Usability Testing dilakukan dengan memberikan kuisioner kepada 20 responden menggunakan metode System Usability Scale (SUS). Hasil perhitungan skor SUS ditampilkan pada Tabel 4.10. Kuisioner ini membantu mengukur tingkat kegunaan dan kenyamanan pengguna saat berinteraksi dengan permainan.

Tabel 4 Hasil Penilaian Responden Menggunakan SUS

Responden	Hasil Penilaian	Skor
1	29 x 2,5	72,5
2	28 x 2,5	70
3	30 x 2,5	75
4	34 x 2,5	85
5	29 x 2,5	72,5
6	30 x 2,5	75
7	34 x 2,5	85
8	30 x 2,5	75
9	34 x 2,5	85
10	31 x 2,5	77,5
11	28 x 2,5	70
12	34 x 2,5	85
13	30 x 2,5	75
14	30 x 2,5	75
15	34 x 2,5	85
16	34 x 2,5	85
17	28 x 2,5	70
18	31 x 2,5	77,5
19	34 x 2,5	85
20	30 x 2,5	75
Rata Rata		1555 / 20 = 77,75

Dari hasil pengujian Usability Testing menggunakan metode System Usability Scale (SUS), diperoleh nilai rata-rata dari penilaian responden. Dari 20 responden, total nilai yang didapat adalah 1555, yang kemudian dibagi dengan 20 sehingga menghasilkan nilai rata-rata sebesar 77,75. Hasil analisis dari Usability Testing menunjukkan bahwa Game Runner Math mendapatkan nilai 77,75.

Berdasarkan analisis yang dijelaskan pada kajian teori, nilai ini berarti bahwa perangkat lunak dinyatakan acceptable, termasuk dalam grade C dengan rating excellent. Dengan demikian, Game Runner Math layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan operasi aritmatika siswa sekolah dasar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian terhadap game Runner Math untuk meningkatkan kemampuan operasi aritmatika bagi siswa, pada studi kasus Sekolah Dasar Negeri Kletek, telah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Berdasarkan rumusan masalah, hasil perancangan dan implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alur cerita Runner Math yang diimplementasikan dalam permainan didasarkan pada tema karakter robot, dengan tujuan untuk memperdalam pengalaman bermain. Pada tahap iterative with rapid prototyping, permainan mengalami dua kali iterasi dan menghasilkan delapan kebutuhan fungsional untuk game Runner Math.
2. Pada pengujian playtesting, terdapat dua hasil utama yaitu dari fun testing dan usability testing:
 - a. Fun Testing: Berdasarkan perhitungan interval pada setiap pertanyaan, skala interpretasi indeks menunjukkan nilai 91% untuk keseluruhan game yang dikategorikan sebagai "Sangat Bagus". Tampilan game mendapat presentase 86% yang juga dikategorikan sebagai "Sangat Bagus". Tingkat keseruan game memiliki nilai presentase 90% yang berada dalam kategori "Sangat Bagus", sedangkan tingkat kesulitan game dengan nilai presentase 78% dikategorikan sebagai "Bagus".
 - b. Usability Testing: Menggunakan metode System Usability Scale, Game Runner Math mendapatkan nilai 77,75. Ini berarti bahwa perangkat lunak dinyatakan acceptable, termasuk dalam grade C dengan rating excellent, sehingga game Runner Math layak digunakan sebagai media pembelajaran matematika dasar untuk meningkatkan kemampuan menghitung

B. Saran

Berikut adalah saran untuk pengembangan lebih lanjut game Runner Math:

1. Perlu adanya perbaikan dan penambahan pada lingkungan gameplay, termasuk penambahan soal cerita matematika, sehingga diharapkan gameplay permainan menjadi lebih menantang dan edukatif.
2. Disarankan untuk menambahkan lebih banyak level agar cerita dapat terus berlanjut. Karena game ini hanya didasarkan pada operasi aritmatika, belum ada mekanisme baru terkait gameplay rintangan matematika
3. Sebaiknya memanfaatkan aset dari situs web aset gratis agar tidak memerlukan waktu lama, atau meminta bantuan dari pihak yang bekerja di bidang pembuatan aset.

REFERENSI

- [1] Adi, G. (2021, Juni 19). 10 Games Matematika Menyenangkan dan Sederhana. Diambil kembali dari www.esaiedukasi.com/2021/06/10-games-matematika-menyenangkan-dan.html.
- [2] Ammariah, H. (2022, October 4). Barisan Aritmatika Bertingkat: Konsep Dasar, Rumus & Contoh Soal | Matematika Kelas 8. Retrieved

- from <https://www.ruangguru.com:https://www.ruangguru.com/blog/barisan-aritmatika-bertingkat-konsep-dasar-rumus-dan-contoh-soal>.
- [3] Indu. (2020). APLIKASI GAME EDUKASI LINGKUNGAN AGEN P VS SAMPAH BERBASIS ANDROID. Jurnal Ilmiah “Technologia”, Vol 11, No. 2, 86-90.
 - [4] Schreiber, I. (2009). game design concepts: an experiment in game design and teaching.
 - [5] Mikhanael, A. S. (2019, Maret). Pengembangan Board Game Edukasi Dengan Teknologi Augmented Reality (Studi Kasus Permainan Ular Tangga) . Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 3, No. 3, 2425-2435. Retrieved from <http://j-ptiik.ub.ac.id/>
 - [6] Dovetail. (2024, March 30). What you need to know about digital prototypes. Retrieved May 5, 2024, from dovetail: <https://dovetail.com/product-development/digital-prototype/>
 - [7] Pelle, I. (2021, Juli 14). Apa Itu Genre Game Platformer? Retrieved from esportsnesia.com: <https://esportsnesia.com/penting/apa-itu-genre-game-platformer/>
 - [8] Pritha, K. (2020, July 3). What Is a Likert Scale? Guide & Examples. Retrieved Mei 5, 2024, from scribbr: <https://www.scribbr.com/methodology/likert-scale/>
 - [9] Lathif, N. A. (2022). SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) SEBAGAI METODE PENGUJIAN KEGUNAAN PADA SITUS PROGRAM STUDI. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sistem Informasi (SITASI), 285-294. Retrieved from <http://sitasi.upnjatim.ac.id/>
 - [10] Dermawan, D. A., Suyatno, D. F., & Hawari, M. S. (2019). Simulasi Standard Operational Procedure Laboratorium Komputer Dengan Pemodelan Finite State Machine Pada Perilaku Teknisi. Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 14(1), 7-14.