



RANCANG BANGUN GAME SURVIVAL 3D “FUN SCIENCES ADVENTURE

Moh. Viki Zulfianto,

Mahasiswa Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: 171080200046@umsida.ac.id,

Cindy Taurusta, S.ST., M.T

Dosen Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

CINDYTAURUSTA@UMSIDA.AC.ID

Abstract

The purpose of this study was to design and build a 3D survival game "fun sciences adventure" using Unity 3D. The game is functioned to support the science learning process by utilizing game technology that is currently developing in the form of implementing artificial intelligence in it. In this study, the method used is the waterfall method (Somerville, 2011) which has 5 stages of research and the implementation of the finite state machine method to design the game in detail so that the manufacturing process runs optimally. The results of this study have developed a "fun sciences adventure" game that is suitable to be played and applied in science learning by obtaining testing criteria in the visual aspect of 90%, the objective aspect of 85%, and the user-friendly aspect of 88%. The conclusion in this research is that the game fun sciences adventure runs well, where this game can be used as a fun alternative learning tool for basic science for fifth grade elementary school students.

Keywords - Survival Games; Science; Unity 3D; Artificial Intelligence; Learning

I. Pendahuluan

Menurut sumber Kemendikbud, Jumlah siswa SD Indonesia berkisar diangka 25,2 juta siswa dengan persentase paling banyak dibandingkan dengan siswa-siswi jenjang atas. Jawa Barat merupakan provinsi dengan jumlah siswa SD terbanyak hingga mencapai 4,5 juta siswa, disusul provinsi Jawa Tengah dan provinsi Jawa Timur diposisi ke-3 dengan 2,8 juta siswa [1]. Dalam penerapan kurikulum baru yakni K13 bagi siswa SD, kurikulum 2013 memiliki sisi positif dalam hal planning oriented, action oriented, dan result oriented sehingga dapat menghasilkan insan Indonesia yang kreatif, inovatif, serta efektif melalui penguatan keterampilan, sikap, dan pengetahuan yang terintegrasi [2]. Sedangkan dalam sisi negatif, kurikulum dibuat melalui konsep pembelajaran model tematik yakni tergabungnya beberapa mata pelajaran dalam 1 tema seperti Bahasa Indonesia, IPA, IPS, PPKn, dan Seni Budaya, sehingga memberatkan siswa karena bertambahnya jam pelajaran serta terbatasnya siswa dalam memaksimalkan waktu konsentrasi belajar terkhususnya bagi siswa kelas V SD yang diharuskan memantapkan pengetahuan akan mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) guna menghadapi Ujian Nasional setahun mendatang.



Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam akan lebih menarik serta tidak mudah bosan bagi siswa SD kelas V dan dapat bermakna dalam pemanfaatannya apabila diintegrasikan melalui media pembelajaran yang senang dan mudah untuk dipelajari. Terlebih dengan ditambahkan situasi pandemi COVID 19 yang berakibat pembelajaran tingkat SD baik guru ataupun murid diharuskan mengakses pembelajaran via online atau daring. Salah satunya, dikemas melalui konsep game survival yang berbasis edukasi. Game berbasis edukasi ini cocok sebagai media penerapan pembelajaran yang mampu dimanfaatkan guru dalam mendukung kegiatan belajar, karena game sendiri memiliki daya tarik yang membuat user kecanduan dalam memainkan [3]. Dalam penerapan game, platform PC menjadi platform game yang berdampingan kualitasnya dengan android, alasannya dalam PC game memiliki grafis permainan yang lebih menawan, dan pastinya multifungsi.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Hizkia Dewa Agung tahun (2019) mengambil tema pembelajaran IPA yang dikhususkan dalam mengenalkan materi “Peristiwa Alam di Indonesia” bagi siswa kelas V SD. Game yang dibuat masih mengusung konsep 2D dan dibuat masih menggunakan Adobe Flash Player. Dalam arti lain, software pembuatan yang digunakan masih terbilang sederhana dan penelitian ini hanya fokus ke dalam 1 pokok bahasan saja [4].

Game survival “Fun Sciences Adventure” dirancang serta dibangun menggunakan grafis 3D berguna untuk mengembangkan dan mengenalkan mata pelajaran IPA dasar bagi kelas V SD. Model permainan yang mengusung tema survival ini dapat dimainkan secara berpetualang dengan pemberian studi kasus yang harus diselesaikan untuk bisa masuk kedalam level permainan berikutnya. Bukan hanya itu, dalam permainan ini user akan disuguhkan tampilan gameplay yang menarik dengan adanya zombie (bot komputer) yang telah diimplentasikannya artificial intelligence bertugas untuk menghalau user dalam menyelesaikan tantangan dalam game ini. Pemain yang memainkan karakter utama dalam game ini akan diberikan health bar di posisi atas karakter.

Untuk menambah kesan edukasi, peneliti juga membuat quiz tambahan seputar mata pelajaran IPA yang akan muncul ketika sudah selesai dalam memecahkan soal studi kasus sebelumnya. Game quiz tersebut menyuguhkan bab-bab mata pelajaran IPA dasar yang ada didalam beberapa buku tematik kelas V SD. Konsep game quiz ini dibuat dengan mengambil tema permainan drag and drop dengan gambar utama sebagai acuan soal yang akan diselesaikan. Sehingga secara tidak langsung, game ini dapat memberikan minat serta rasa penasaran siswa SD kelas V untuk mencoba langsung sekaligus belajar mata pelajaran IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) dasar secara menyenangkan dan efektif. Game survival 3D “fun sciences adventure” ini dirancang dengan memanfaatkan teknologi game yang berkembang di era sekarang melalui artificial intelligence guna menghadirkan game yang menarik untuk dimainkan serta mampu memberikan sisi edukasi mengenai ilmu pengetahuan alam dasar melalui konsep pembelajaran game survival.

II. Metode

A. Metode Pengembangan Waterfall

Menurut Presmaan, R.S (dalam Sasminto: 8) berpendapat bahwa metode waterfall atau model ADDIE merupakan salah satu metode/model pengembangan sistem informasi yang sekuensial dan sistematis. Dalam penelitian ini, peneliti menerapkan metode pengembangan waterfall untuk membantu



menyelesaikan game survival 3D ini. Kelebihan dalam metode ini yakni pengaplikasiannya yang simple dan memiliki tahapan yang runtut. Muali dari Requierements Definition – System and Software Design – Implementation and Unit Testing – Integration and System Testing – Operation and Maintenance sehingga meminimalis kesalahan yang terjadi dalam proses pembuatan game ini [5].

B. Flowchart

Flowchart juga memiliki kegunaan untuk berkomunikasi antara programmer yang bekerja dengan tim suatu proyek dengan klien dalam merancang sebuah aplikasi baru atau mengembangkan sebuah aplikasi lama. Flowchart membantu dalam hal mengkomunikasikan jalannya suatu aplikasi/program ke orang lain dengan lebih mudah [6]. Flowchart implementasi game survival 3D “fun sciences adventure” diawali dengan “start” yang berarti memunculkan tampilan splashscreen yang berisi loading bar progress dengan background sekolah dasar dan disertai dengan text awal permainan. Kemudian sistem akan menampilkan menu utama game yang nantinya user bisa memilih menu-menu yang tersedia. Dalam hal ini, terdapat 5 menu yang dapat diakses, diantaranya: menu play, menu help, menu about, menu setting, dan menu exit. Ke-5 menu tersebut merupakan button yang dapat di-click untuk memasuki perpindahan antar scene dalam game survival 3D “fun sciences adventure”.

C. Use Case

Menurut Prabowo Widodo (2011) berpendapat bahwa use case menggambarkan external view yang akan kita buat modelnya dari sistem yang akan dibangun serta diagram tidak terlalu identik dengan model, karena model use case cakupannya lebih luas dari diagram [7]. Sedangkan menurut Nurmoslim (2016) bahwa use case adalah salah satu diagram UML (Unified Modelling Language) dengan fungsi sebagai gambaran umum dari suatu aplikasi/program terhadap fungsionalitas yang pada dasarnya melibatkan sebuah sistem [8]. Use case diartikan sebagai gambaran fungsi utama dari suatu aplikasi yang didalamnya terdapat sebuah sistem yang berinteraksi dengan user secara sederhana [9].

D. Finite State Machine

Finite State Machine (FSM) merupakan sebuah metodologi perancangan kontrol yang fungsinya yakni dapat menggambarkan prinsip kerja dari sebuah sistem yang ada dengan menggunakan 3 hal berikut, diantaranya: state (keadaan), event (kejadian), dan action(aksi). Keuntungan menggunakan finite state machine yakni kemampuannya dalam mendekomposisi beberapa aplikasi yang ukurannya relatif besar dengan menggunakan sejumlah kecil item state. Selain itu, metode ini sangat cocok digunakan dalam perancangan software pengendalian secara basic yang memiliki sifat realtime dan reaktif [10].

Lokasi penelitian bertempat di Bimbingan Belajar Dusun Simorejo RT. 16 RW. 05 Desa Kesambi, Kecamatan Porong dan laboratorium multimedia UMSIDA. Dilaksanakan mulai bulan Agustus 2020 hingga Januari 2021.

1) Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- a. Data siswa/i SD kelas V yang melakukan bimbingan belajar di Dusun Simorejo RT. 16 RW. 05
- b. Bahan referensi tentang game survival yang berlandaskan materi ilmu pengetahuan alam



2) Analisis Kebutuhan Penelitian

Dalam penelitian game survival 3D “fun sciences adventure” memerlukan kebutuhan secara fungsional dan non-fungsional. Kebutuhan fungsional dalam game ini berisikan fitur dan metode yang akan diimplementasikan dalam sistem seperti menu-menu game dan gameplay utama. Sedangkan untuk kebutuhan non-fungsional dalam game fun sciences adventure mengacu pada spesifikasi minimal hardware dan software yang diperlukan. Dalam kebutuhan non-fungsional, game berbasis desktop ini dibuat menggunakan laptop yang memiliki processor AMD A9-9420 RADEON R5 dengan memory 4 GB. Sedangkan untuk menjalankan game ini diperlukan spesifikasi minimal processor AMD Radeon Graphics dengan OS Windows 10 64 bit. Game ini juga dibuat menggunakan Unity 3D Versi 2017.4.7f1 dengan text editor berupa Visual Studio 2019 serta Adobe Illustrator CC 2017 yang digunakan untuk mendesain sebuah komponen game seperti button menu, character berupa vektor 2D, dan lainnya yang mampu dipahami oleh siswa/i kelas V SD

3) Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mengumpulkan data sebagai sumber yang berguna untuk memperkuat penelitian. Metode tersebut meliputi:

a. Observasi

Observasi dalam penelitian ini dilakukan dengan mendatangi tempat bimbingan belajar Dusun Simorejo RT. 16 RW. 05, Desa Kesambi, Kecamatan Porong.

b. Wawancara

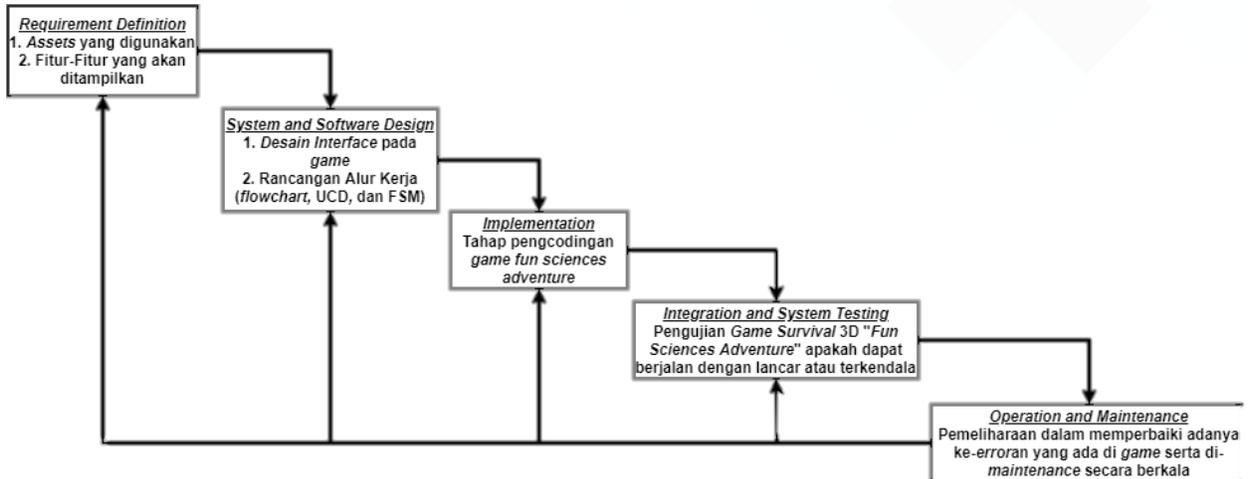
Peneliti melakukan wawancara dengan guru les mengenai bentuk pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam bagi kelas V SD serta mewawancarai beberapa anak kelas V SD dalam memahami pembelajaran mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dasar. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan peneliti di tempat bimbingan belajar, didapat bagaimana guru SD saat ini mengimplementasikan pembelajaran yang menarik, bisa melalui pembelajaran visual berupa gambar dan suara. Serta dari siswa kelas V SD, kurang bisanya memahami semua mata pelajaran yang disampaikan khususnya mata pelajaran IPA. Sehingga, media game merupakan pembelajaran yang dirasa mampu mendorong gairah bagi guru dalam mengembangkan serta mengajarkan IPA dasar secara menyenangkan. Karena terdapat komponen pendukung seperti gambar dan suara. Sedangkan bagi siswa kelas V SD, diharapkan syaraf motorik mampu menyerap model pembelajaran yang dibuat interaktif melalui sebuah game fun science adventure.

c. Studi Literatur

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan beberapa buku pembelajaran IPA (Tematik kelas V semester 1 dan semester 2), jurnal ilmiah, skripsi, serta internet yang menyediakan segala informasi-informasi terkait topik penelitian yang akan dikerjakan.

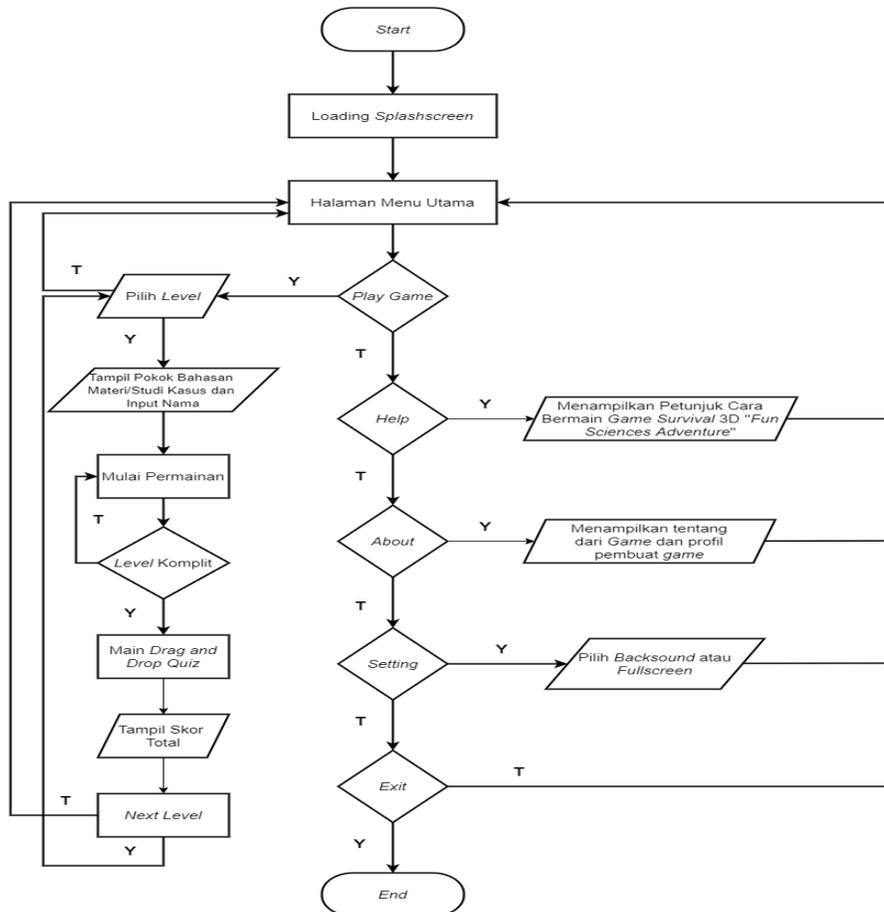


- 4) Tahap Perancangan Pembuatan Game Survival 3D “Fun Sciences Adventure”
a. Metode Pengembangan Waterfall

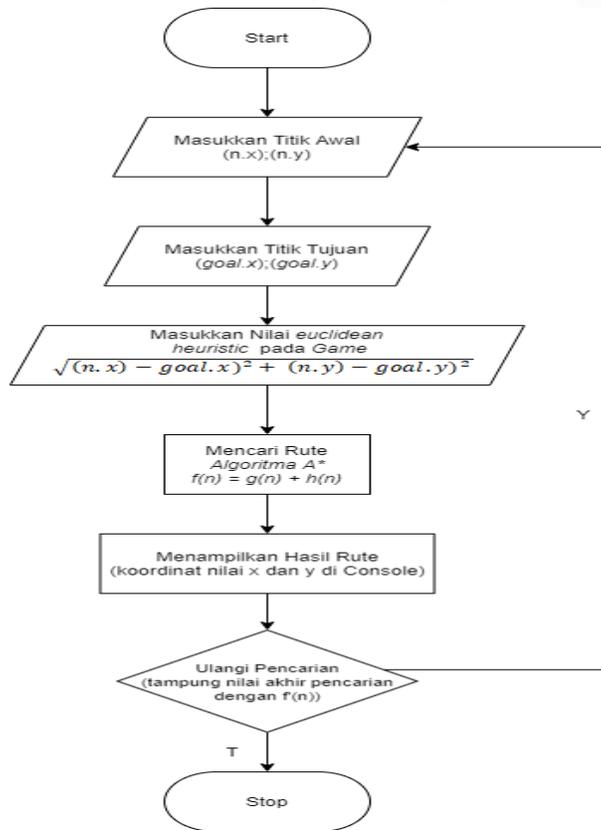


Gambar 1. Metode Waterfall Game Fun Sciences Adventure

- a. Flowchart

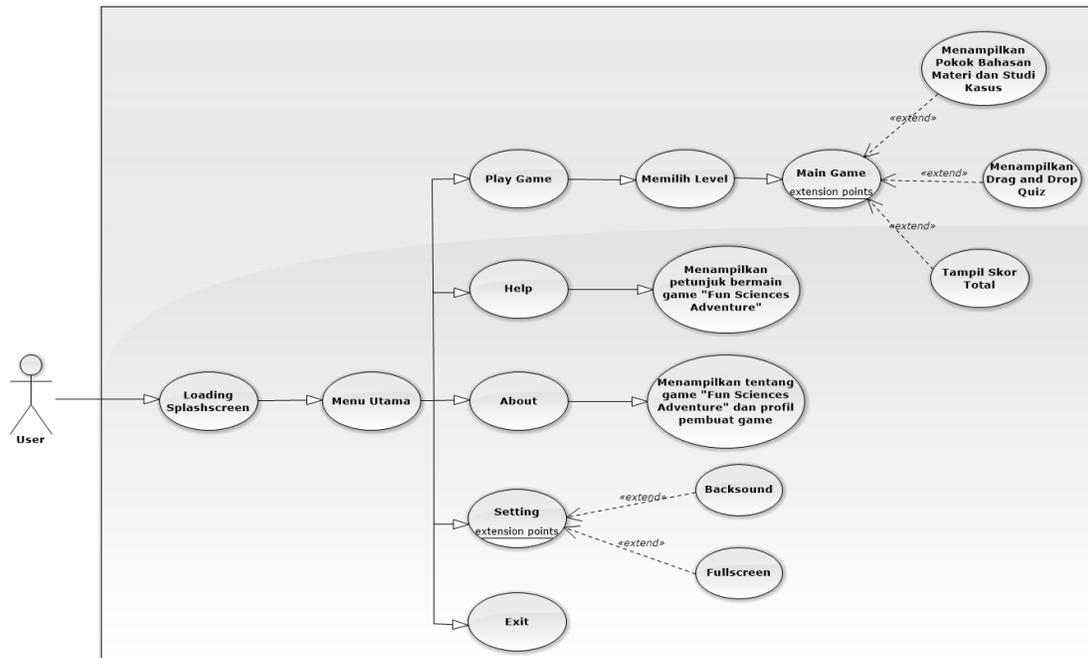


Gambar 2. Flowchart Game Survival 3D “Fun Sciences Adventure”



Gambar 3. Flowchart Penerapan Metode Algoritma A* pada Game

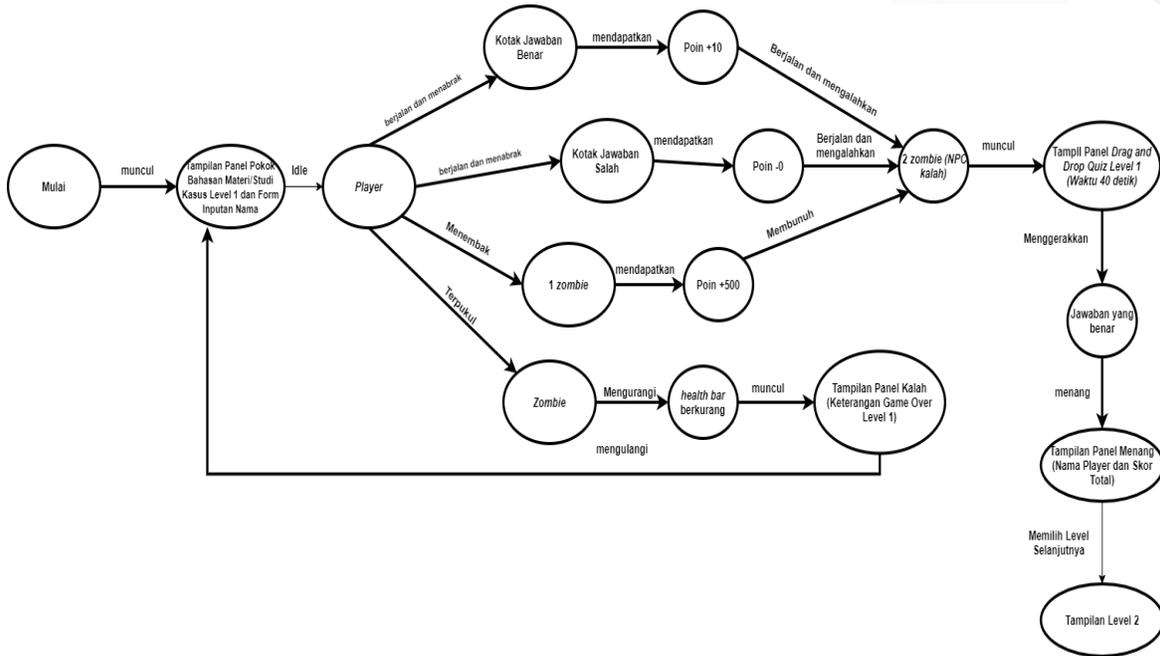
a. Use Case



Gambar 4. Use Case Diagram Game Survival 3D “Fun Sciences Adventure”



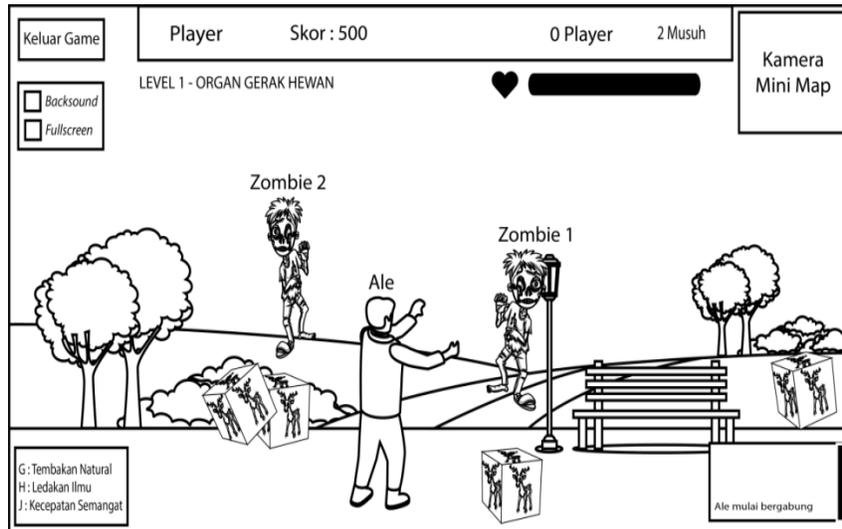
b. Finite State Machine



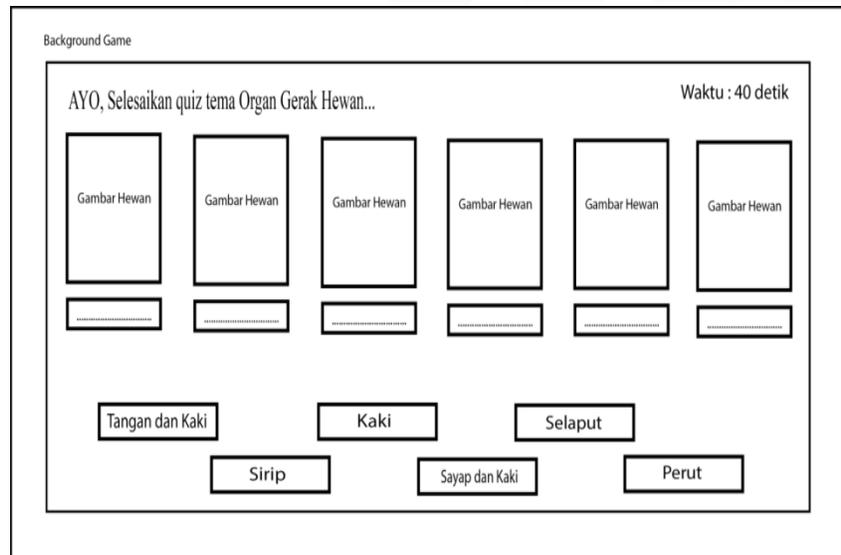
Gambar 5. Finite State Machine Game Survival 3D “Fun Sciences Adventure”

5) Desain Tampilan Antarmuka

Dalam game survival 3D “fun sciences adventure” memiliki tampilan menu dan gameplay yang berbeda-beda di tiap level stage.



Gambar 6. Rancangan Menu Gameplay Level 1



Gambar 7. Rancangan Menu Quiz Level 1

6) Rancangan Pengujian Sistem

Game survival 3D “Fun Sciences Adventure” merupakan jenis game survival yang dikolaborasikan dengan game edukasi menggunakan grafis 3D. Pengujian game ini menggunakan sistem blackbox testing, metode yang memungkinkan pengembangan software guna menghimpun kondisi input, syarat-syarat fungsional suatu program serta mengetahui adanya kesalahan yang terjadi. Hasil yang diuji setelah membuka game yakni mencoba semua button-button antar scene game dan menu pop-up bila diklik akan menuju ke tampilan selanjutnya, serta melakukan percobaan dengan memainkan gameplay disetiap level stage jika button/gameplay yang diuji benar maka lanjut ke tahap selanjutnya sedangkan jika tidak maka akan dilakukan pembetulan. Jika sudah sesuai maka akan diujikan pada siswa SD kelas V sebagai objek sasaran dalam penelitian ini. Adapun kuisioner penelitian yang nantinya akan diisi oleh responden objek penelitian dan responden ahli guna menentukan layak atau tidaknya game ini secara aspek visual, aspek tujuan, dan aspek user-friendly melalui perhitungan skala likert.

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian serta pembahasan terkait perancangan dan pembangunan game survival 3D dengan pemanfaatan teknologi yang berkembang saat ini mampu diimplementasikan melalui game “Fun Sciences Adventure” dengan bantuan game engine yakni Unity 3D. Pemanfaatan teknologi saat ini mampu diimplementasikan secara maksimal dengan memanfaatkan berbagai macam perangkat yang up to date serta dipadukan dengan fungsi-fungsi yang terdapat dalam bahasa pemrograman C#, fungsi-fungsi tersebut telah terakomodir dalam game engine Unity 3D. Game yang mengambil konsep petualangan dan edukasi ilmu pengetahuan alam ini juga mengimplementasikan artificial intelligence atau kecerdasan buatan, yang mana AI tersebut terletak pada NPC zombie. Penulis menanamkan AI pada karakter zombie dengan memanfaatkan algoritma A* yang difungsikan agar karakter zombie mampu mendekati player melalui node-node secara otomatis yang terbentuk melalui perhitungan algoritma A* melalui script. Karakter pemain diharuskan menyelesaikan misi dan memainkan drag and

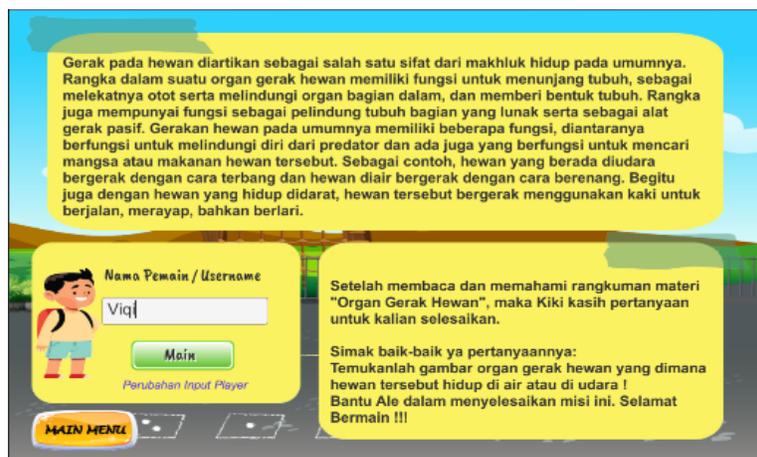


Academica Globe: Inderscience Research

drop quiz agar menang dan berhak untuk lolos ke level organ gerak hewan, bagaimana tubuh mengolah makanan?, komponen ekosistem, dan usaha pelestarian lingkungan.



Gambar 8. Halaman Menu Utama



Gambar 9. Halaman Menu Level 1



Gambar 10. Tampilan Menu Gameplay Level 1



Gambar 11. Tampilan Quiz Level 1

1) Pengujian Sistem Menggunakan Black-Box Testing

Black box testing akan menguji dengan melakukan pengamatan dari hasil eksekusi melalui data uji dan cek fungsional software.

Tabel 1. Uji Black Box Testing Halaman Gameplay

N o	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Kesimpulan
1	Jika user mengambil kotak jawaban benar atau salah level 1	Skor total akan diakumulasikan	Valid
2	Jika user dapat mengalahkan 2 monster/zombie pada level 1	<ul style="list-style-type: none"> Masuk ke menu drag and drop quiz level 1 Mendapat skor akumulasi 1000 	Valid
3	Jika user dikalahkan monster/zombie pada level 1	Healthbar berkurang sebanyak 25 %	Valid
4	Jika level 1 menampilkan menu drag and drop quiz	<ul style="list-style-type: none"> Muncul soal berupa gambar, dan jawaban berupa teks Waktu pengerjaan selama 40 detik 	Valid

Setelah melakukan pengujian sistem dengan balckbox testing maka disimpulkan bahwa hasil yang didapat sudah sesuai harapan.

2) Pengujian Algoritma A* Pada NPC

Perhitungan Algoritma A* jika diketahui posisi titik awal $n.x:32$, $n.y:18$ serta posisi titik tujuan $Goal.x:12$, $Goal.y:10$, maka dapat diperoleh hasil perhitungan melalui rumus:

$$g(32,18) = 1$$



Academica Globe: Inderscience Research

$$\begin{aligned}
 h(n) &= \sqrt{(n.x) - \text{goal}.x)^2 + (n.y) - \text{goal}.y)^2} \\
 h(32,18) &= \sqrt{(32 - 12)^2 + (18 - 10)^2} \\
 h(32,18) &= \sqrt{(20)^2 + (8)^2} \\
 h(32,18) &= \sqrt{400 + 64} \\
 h(32,18) &= \sqrt{464} \\
 h(32,18) &= 21,54 \\
 f(n) &= g(n) + h(n) \\
 f(32,18) &= 1 + 21,54 = 22,54 \qquad (1)
 \end{aligned}$$

Untuk mencari rute terpendek NPC dalam menemui karakter game membutuhkan 36 langkah dari titik NPC berdiri ke titik karakter dengan simpul yang diperiksa yaitu 66 simpul. Adapun perhitungan secara otomatis untuk menentukan titik-titik NPC mendekati player melalui tab console pada software Unity 3D.

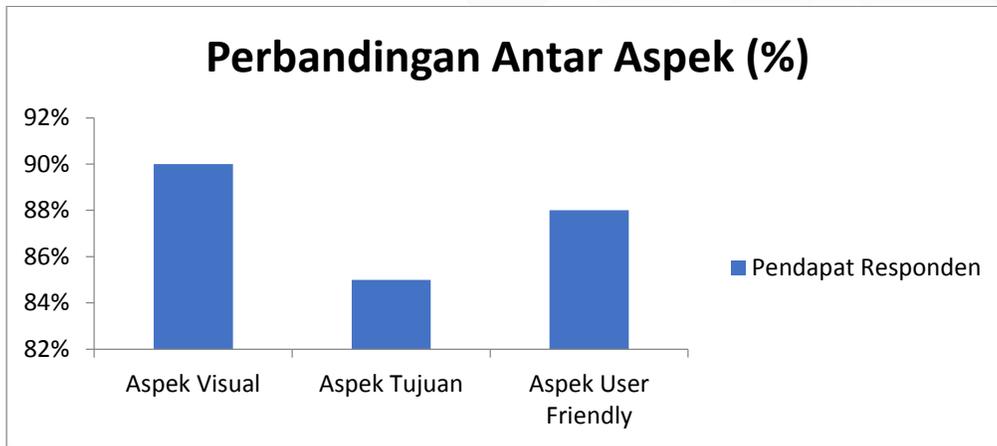
3) Pengujian Sistem

Untuk mengetahui dampak manfaat dalam menggunakan game survival 3D “fun sciences adventure” dapat dilakukan dengan beberapa tingkat pemahaman aspek-aspek. Pengujian ini dilakukan pengumpulan data survei terhadap 20 responden yang ditujukan kepada siswa/i kelas V SD Bimbingan Belajar di Dusun Simorejo RT. 16/RW.05 Desa Kesambi, Kecamatan Porong. Dimana hasil data tersebut sudah dilakukan proses perhitungan menggunakan skala likert dari hasil pernyataan/pertanyaan dalam kuisisioner. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Persentase Kuisisioner

N o	Aspek	Persentase Total	Keterangan
1	Aspek Visual	90 %	Sangat Baik
2	Aspek Tujuan	85 %	Sangat Baik
3	Aspek User-Friendly	88 %	Sangat Baik

Berdasarkan hasil perhitungan dan tabel persentase keseluruhan kuisisioner terhadap 20 responden, Penulis menyimpulkan bahwa game survival 3D “fun sciences adventure” dapat diterima serta mampu memberikan manfaat kepada target pemain yakni siswa/i SD kelas V terkait pembelajaran IPA dasar yang menyenangkan dan efektif. Berikut hasil perbandingan antara aspek-aspek yang terdapat pada kuisisioner.



Gambar 12. Diagram Perbandingan Antar Aspek

VII. Kesimpulan

Dalam hasil penelitian mengenai rancang bangun game survival 3D “fun sciences adventure” ada beberapa kesimpulan diantaranya: Terciptanya game survival “fun sciences adventure” dengan grafis 3D sebagai sarana alternatif pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dasar bagi siswa/i SD kelas V yang dapat dibuktikan melalui pengujian aplikasi kepada responden siswa/i SD kelas V dan responden ahli dengan persentase 90 %, aspek tujuan aplikasi yang memperoleh persentase 85 %, serta aspek user-friendly dengan perolehan sebesar 88 %, Gameplay survival dan quiz pendukung mampu diimplementasikan di setiap level stage dengan tingkat kesulitan berbeda-beda yaitu dengan jumlah NPC dalam gameplay dan waktu pengerjaan drag and drop quiz yang berbeda antara 4 level stage, serta penerapan Artificial Intelligence (AI) dalam karakter zombie berupa Algoritma A* dapat mendeteksi serta menentukan jalan terdekat melalui node-node yang di-scripting secara otomatis menuju karakter Ale (utama). Untuk lebih menyempurnakan aplikasi game survival 3D “fun sciences adventure” ini, peneliti memberikan beberapa saran yakni Game fun sciences adventure dapat dikembangkan dengan menambah level stage lebih banyak lagi dengan user interface serta user experience yang berbeda-beda dan lebih menarik untuk dimainkan.

Ucapan Terima Kasih

Dengan demikian, pada kesempatan kali ini izinkan saya sebagai penulis untuk menghaturkan terimakasih dan penghargaan yang sebesar sebesarnya kepada yang terhormat :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan sepenuhnya kepada saya
2. Adik dan ke.luarga yang telah memberikan dukungan berupa doa dan semangatnya.
3. Bapak Dr. Hidayatulloh, M.Si, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
4. Bapak Dr. Hindarto, S.Kom., MT, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
5. Bapak Ir. Sumarno., MM, selaku Kepala Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi
6. Terima kasih untuk sahabat saya angkatan 2017 Informatika khususnya kelas A1 Informatika yang telah senang dan susah bersama selama kuliah.



Serta kerabat dekat dan rekan rekan seperjuangan yang tak bisa kami tulis satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan balasan atas kebaikan yang sesuai dan setimpal.

Referensi

- [1] Kemdikbud. 2020. Jumlah Siswa SD 2020. <https://www.kemdikbud.go.id/> (akses tanggal 15 Oktober 2020).
- [2] Wamendik. 2014. Konsep dan Implementasi Kurikulum 2013. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [3] Febri. 2018. Pengembangan Edugame Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Role Play Game (RPG) Pada Mata Pelajaran Simulasi Digital Kelas X Tav Di SMKN 3 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 7(2).
- [4] Agung, H.D. 2019. Pengembangan Media Pembelajaran Scratch Pada Mata Pelajaran IPA Materi “Peristiwa Alam Di Indonesia” Untuk Siswa Kelas V Sekolah Dasar [skripsi]. Yogyakarta(ID). Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [5] Sasmito, Ginanjar Wiro. 2017. Penerapan Metode Waterfall Pada Desain Sistem Informasi Geografis Industri Kabupaten Tegal. *Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*. 2(1).
- [6] Anharku, “Flowchart”, diakses 19 Oktober 2020, dari <http://ilmukomputer.org>.
- [7] Widodo, Prabowo Pudjo. 2011. Menggunakan UML. Bandung: Informatika.
- [8] Nurmoslim, Arilla. 2016. Use Case Description. <https://sis.binus.ac.id/2016/06/15/use-case-description/> (akses 21 Oktober 2020).
- [9] Suryasari, dkk. 2012. Rancangan Aplikasi Customer Service Pada PT. Lancar Makmur Bersama. *Jurnal Sistem Informasi (JSI)*. 4(2): 468-476.
- [10] Setiawan, Iwan. 2006. Perancangan Software Embedded System Berbasis FSM. <http://www.elektro.undip.ac.id/iwan/Perancangan%20Software%20Embedded%20System%20Berbasis%20FSM.pdf>, (diakses 21 Oktober 2020).