

# **SIMULASI PENYEBARAN WABAK (SPECK)**

**MOHAMED SHAMEER ALI BIN A.M ABDUL RAHMAN  
DR HAFIZ BIN MOHD SARIM**

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia*

## **ABSTRAK**

Sistem yang dibangunkan adalah sebuah simulasi kecerdasan buatan (AI) yang bertujuan untuk melihat cara penyebaran atau pergerakan sesuatu partikel di kawasan tertutup menggunakan pergerakan dan tingkah-laku NPC (Watak pemain komputer). Project ini bertujuan untuk menyelesaikan beberapa masalah, antaranya ialah kesukaran menentukan corak pergerakan partikel antara manusia. Tambahan pula, kita tidak mengetahui kawasan yang perlu diberi tumpuan untuk dibersihkan atau di sanitasi ketika sesuatu wabak atau pencemaran sedang merebak. Masyarakat juga tidak peka atau tidak tahu bagaimana partikel-partikel ini merebak. Masalah-masalah ini menjadikan sukar untuk kerja-kerja sanitasi dan pembersihan serta mengundang kepada kerja yang tidak cekap dan pembaziran. Masyarakat juga tidak tahu akan kesan dari penjarakan sosial serta cara mengurangkan pencemaran/wabak. Simulasi yang ingin dibangunkan boleh digunakan oleh pihak berkuasa dalam pembersihan untuk mengetahui dan mengenal pasti kawasan-kawasan yang perlu diberi tumpuan jika belaku pencemaran atau wabak. Masyarakat juga boleh menggunakan simulasi ini untuk menguji partikel-partikel dengan spesifikasi yang berbeza di kawasan-kawasan dan tingkah laku NPC yang berbeza. Simulasi ini berbeza dengan pendekatan yang digunakan sebelum ini dimana simulasi sebelum ini lebih kepada simulasi matematik yang memberikan data dan tidak menunjukkan secara visual tentang pergerakan partikel dan manusia. Metodologi pembangunan yang akan digunakan untuk membangunkan simulasi ini ialah kaedah Agile. Simulasi ini akan dibangunkan sebagai sebuah aplikasi untuk komputer.

## **1. PENGENALAN**

Projek ini bertujuan membangunkan sebuah simulasi yang bertujuan untuk mengkaji pergerakan partikel antara pemain komputer atau dikenali sebagai Non-Player Character (NPC) yang mempunyai tingkah laku berbeza di dalam sesebuah kawasan yang tertutup. Matlamat projek ini ialah menunjukkan kawasan yang berisiko supaya proses sanitasi lebih tertumpu serta projek ini juga digunakan untuk mendidik pemain bagaimana partikel merebak dan kepentingan penjarakan sosial serta kepentingan pelitup muka. Simulasi ini juga mengambil perhatian berkaitan perbezaan penyebaran partikel-partikel ini berdasarkan NPC yang tidak memakai pelitup muka dan NPC yang memakai pelitup muka serta jenis pelitup muka yang dipakai. Hal ini kerana jenis-jenis pelitup muka juga memainkan peranan dalam kadar penyebaran partikel.

Simulasi memainkan peranan yang penting di dalam aplikasi ini. Simulasi bermaksud realiti tiruan yang digunakan untuk membuat sesuatu perkara tanpa mengganggu dunia sebenar. Simulasi ini digunakan untuk melatih, membuat kajian dan menguji sesuatu perkara atau orang. Simulasi digunakan kerana ia mudah untuk kita membuat sesuatu perkara tanpa melakukannya di tempat yang sebenar atau tanpa menggunakan peralatan yang mahal. Oleh

itu simulasi dapat digunakan untuk kita mengetahui cara penyebaran partikel-partikel atau wabak di sesuatu kawasan.

Disebabkan partikel-partikel bergerak dengan cara yang berbeza mengikut saiz dan berat partikel serta bergantung kepada jenis kawasan dan pengudaraan di tempat tersebut, simulasi ini dapat memberikan gambaran bagaimana partikel-partikel itu bergerak berdasarkan spesifikasi yang diberikan. Simulasi ini dapat membantu menunjukkan kawasan yang berisiko supaya kawasan tersebut dapat diberikan tumpuan. Dengan simulasi ini juga, para pemain dapat mempelajari bagaimana partikel-partikel bergerak antara manusia di kawasan yang tertutup. Hal ini dapat mendidik mereka tentang kepentingan penjarakan sosial serta kepentingan menjaga persekitaran mereka.

## **2. PENYATAAN MASALAH**

Saiz zarah dikaitkan secara langsung dengan potensinya untuk menyebabkan masalah kesihatan. Zarah-zarah kecil yang berdiameter kurang daripada 10 mikro meter menimbulkan masalah yang paling besar, kerana ia boleh masuk jauh ke dalam paru-paru anda, malah ada yang boleh masuk ke dalam aliran darah anda (Environmental Protection Agency, Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM), 2021). Zarah-zarah atau “Partikel” seperti habuk, bakteria, virus dan pelbagai lagi sentiasa berada di sekeliling kita. Partikel ini susah dilihat menggunakan mata kasar dan perlukan teknologi seperti mikroskop untuk melihatnya. Walaupun partikel atau habuk ini kecil dan susah dilihat, ia sentiasa bergerak dan merebak. Ia juga dapat melekat pada mana-mana tempat mahupun pada manusia. Jika zarah-zarah ini berbahaya, ia dapat menjadi satu wabak yang dapat menjangkiti pelbagai pihak. Antara wabak-wabak yang berbahaya yang pernah kita hadapi ialah seperti “Bubonic Plague” atau lebih dikenali sebagai “Black Plague” yang berpunca dari bakteria *Yersinia pestis*. Terdapat juga wabak seperti Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) yang disebabkan virus SARS-CoV-1, wabak ini bermula pada tahun 2003 dan virus tersebut telah bermutasi dan menjadi virus COV-2 dan telah mula merebak semula pada tahun 2020. Bukan ini sahaja, terdapat pelbagai lagi wabak seperti Ebola, Polio, dan Smallpox yang sangat berbahaya dan telah meragut banyak nyawa.

Cara wabak atau partikel ini tersebar bergantung kepada saiz dan berat partikel tersebut. Sebagai contoh virus SARS-CoV-2 iaitu Covid-19 merebak antara orang yang bersentuhan rapat antara satu sama lain, biasanya dalam jarak 1 meter (jarak pendek). Seseorang boleh dijangkiti apabila aerosol atau titisan yang mengandungi virus disedut atau bersentuhan terus

dengan mata, hidung atau mulut. Virus ini juga boleh merebak dalam persekitaran dalaman yang kurang pengudaraan dan/atau sesak. Ini kerana aerosol kekal terampai di udara atau bergerak lebih jauh daripada 1 meter (jarak jauh). Orang juga mungkin dijangkiti dengan menyentuh permukaan yang telah dicemari oleh virus apabila menyentuh mata, hidung atau mulut mereka tanpa membersihkan tangan mereka. Di sini kita dapat lihat bahawa virus covid-19 ini tidaklah “*Airborne*” atau merebak melalui udara tetapi ia merebak dari seseorang atau dari sesuatu permukaan kerana virus ini boleh dianggap berat dan tidak mudah dibawa angin.

Untuk mengawal penyebaran partikel atau wabak, kita perlu sentiasa sanitasi kawasan-kawasan yang terdedah dengan wabak tersebut dan perlu mengenal pasti tahap merebak wabak tersebut. Ketika kita dilanda wabak Covid-19 diseluruh dunia pada tahun 2020, kita mengalami pelbagai kesulitan dalam membendung wabak ini. Kerajaan Malaysia sendiri mengalami kerugian yang banyak di dalam proses membendung wabak ini di Malaysia. Antara faktor yang menjadi punca wabak ini susah dibendung ialah:

**i. Susah untuk mengenal pasti kawasan yang mudah tercemar:**

Kita mengalami kesukaran dalam mencari kawasan-kawasan yang mudah tercemar dan perlu diberi perhatian. Oleh itu kita telah sanitasi semua kawasan mahupun kawasan tersebut tidak mempunyai penyebaran virus. Hal ini juga menghalang kita dari memberi tumpuan kepada kawasan yang mudah tercemar.

**ii. Tidak dapat mengenal pasti corak penyebaran wabak:**

Wabak-wabak atau partikel ini merebak dengan cara yang sukar untuk dikenal pasti. Walaupun sesetengah partikel tersebut berat dan sukar untuk merebak melalui udara, ia juga mampu merebak dengan jauh. Di sini kita sukar untuk menentukan corak penyebaran sesuatu partikel itu kerana ia dipengaruhi oleh pelbagai faktor-faktor yang lain.

**iii. Tiada platform atau peralatan untuk membuat kajian berkenaan penyebaran wabak atau partikel:**

Kita masih lagi tiada satu peralatan untuk mengkaji semua perkara ini. Simulasi yang dibuat untuk penyebaran wabak juga tidak dapat memberikan bacaan yang betul dan sukar untuk digunakan oleh pelbagai pihak.

### 3. OBJEKTIF KAJIAN

- i. Membangunkan simulasi yang menunjukkan bagaimana partikel pernafasan tersebar dan mencemari permukaan pada satu ruang tertutup yang dikongsi oleh orang awam.
- ii. Mereka bentuk rangka kerja AI yang mengawal tingkah laku berbeza oleh *NPC* (Watak pemain komputer) dan sumbangan tingkah-laku ini dalam sebaran partikel di ruang tertutup.
- iii. Menguji kebolehan dan keberkesanan simulasi ini dalam meniru situasi sebenar

### 4. METOD KAJIAN

Dalam pembangunan simulasi ini, metodologi yang akan digunakan ialah Model *Agile*. Model ini mempunyai beberapa fasa iaitu fasa perancangan, fasa reka bentuk, fasa pembangunan, fasa pengujian, fasa pelepasan, dan akhir sekali fasa maklum balas. Fasa-fasa ini dikira sebagai satu kitar dan kitaran ini akan berulang bagi setiap keperluan yang akan dibangunkan sehingga setiap keperluan di dalam projek ini lengkap. Antara sebab kenapa metodologi ini dipilih adalah, proses pembangunan akan cepat dan tidak akan menggunakan masa yang banyak. Seterusnya sebarang perubahan dapat ditangani dengan segera sebelum beralih kepada keperluan yang lain. Pengguna juga dapat memberikan maklum balas terhadap setiap keperluan dan perubahan boleh dilakukan dengan mudah.



Rajah 1 : Metodologi Agile

Rajah 1 menunjukkan fasa-fasa yang terlibat dalam kitaran metodologi *Agile*. Kitaran dimulakan dengan proses Perancangan (*Planing*), Reka bentuk (*Design*), Pembangunan (*Development*), Pengujian (*Testing*), Pelepasan (*Deployment*), Maklum Balas (*Feedback*). Berikut adalah penerangan fasa-fasa dalam metodologi *Agile*:

**i. Perancangan**

Mengenal pasti keperluan, masalah, objektif serta menyediakan usulan projek dan kajian sastera. Di sini juga kita mengenal pasti masalah atau kekangan yang akan dihadapi dan cara untuk menanganinya. Fasa ini bertujuan untuk mengumpul maklumat mengenai projek supaya proses pembangunan dapat dijalankan tanpa masalah.

**ii. Reka bentuk**

Setelah mengumpul keperluan dan mengenal pasti masalah, fasa reka bentuk akan dijalankan. Dalam proses ini, sistem atau aplikasi ini akan dirangka mengikut kriteria dan keperluan yang ditetapkan. Reka bentuk seperti seni bina, pangkalan data, paparan dan aliran data akan dirangka di dalam fasa ini. Reka bentuk yang telah di rangka di dalam fasa ini akan digunakan sebagai panduan untuk fasa seterusnya iaitu fasa pelaksanaan.

**iii. Perlaksanaan**

Hasil dari proses reka bentuk akan dirujuk untuk fasa pelaksanaan ini. Di sini, proses yang akan dijalankan adalah seperti pengaturcaraan, pembinaan paparan, algoritma dan pangkalan data.

**iv. Pengujian**

Fasa ini akan menguji pelaksanaan yang telah dilakukan untuk melihat produk yang terhasil itu berfungsi dengan baik atau tidak serta mengenal pasti sebarang masalah yang dihadapi agar dapat diperbaiki dengan segera. Jika terdapat sebarang masalah atau ralat, proses reka bentuk dan pelaksanaan akan di ulangi sehingga masalah tersebut diperbaiki. Sekiranya tiada sebarang masalah, fasa seterusnya akan dilaksanakan.

**v. Pelepasan**

Fasa ini berkaitan cara bagaimana projek tersebut dipasarkan dan di edarkan. Di dalam fasa ini projek tersebut boleh dilancarkan secara berfasa seperti fasa *Alpha*, *Beta* atau *Final Release* kepada pengguna.

**vi. Maklum Balas**

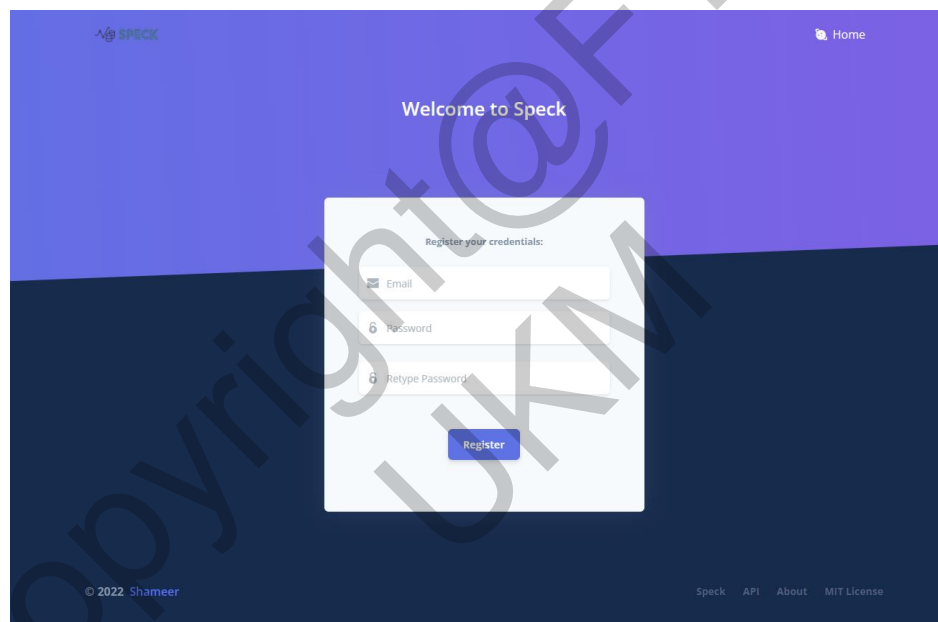
Di fasa terakhir ini, maklum balas mengenai projek tersebut akan di kumpul dan dinilai. Maklum balas tersebut boleh di kumpul melalui pelbagai cara, antaranya soal selidik, maklum balas, temuduga dan pelbagai lagi kaedah yang melibatkan pengguna.

Sepanjang proses pembangunan ini, kebarangkalian berlakunya perubahan tidak dapat dielakkan. Oleh itu proses pembangunan haruslah fleksibel untuk menyelesaikan masalah-masalah yang akan dihadapi dengan mudah. Oleh itu metodologi *Agile* ini sesuai untuk membangunkan simulasi ini kerana sifatnya yang fleksibel terhadap perubahan serta membolehkan proses pembangunan berjalan dengan cepat.

## 5. HASIL KAJIAN

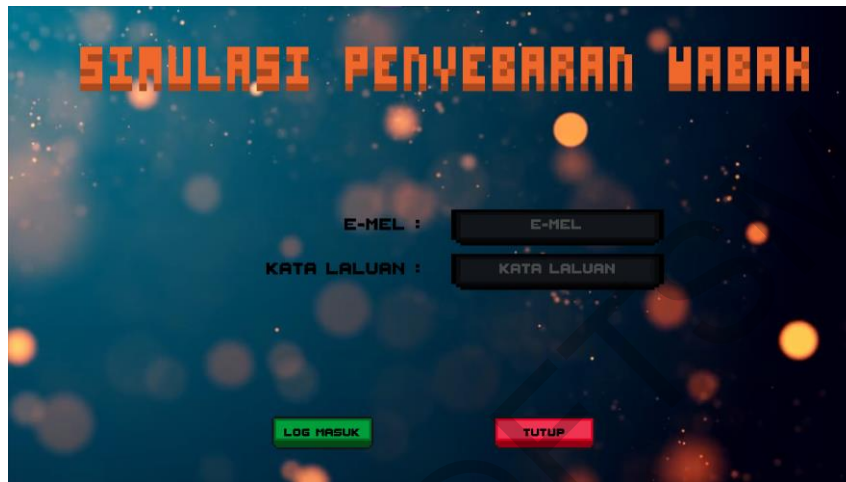
Sistem simulasi penyebaran wabak (SPECK) dibangunkan menggunakan bahasa pengaturcaraan C# untuk bahagian simulasi dan PHP, HTML dan JavaScript untuk bahagian API dan laman sesawang. Proses penyimpanan dan pengambilan data dilakukan dengan menggunakan API yang telah dibina menggunakan Laravel dan data simulasi disimpan di pangkalan data MySQL.

Rajah 2 menunjukkan antara muka laman sesawang [speck.lepak.xyz](http://speck.lepak.xyz) yang membolehkan pengguna mendaftar e-mel dan kata laluan mereka. Mereka kemudian akan mendapat e-mel dan perlu membuat pengesahan.



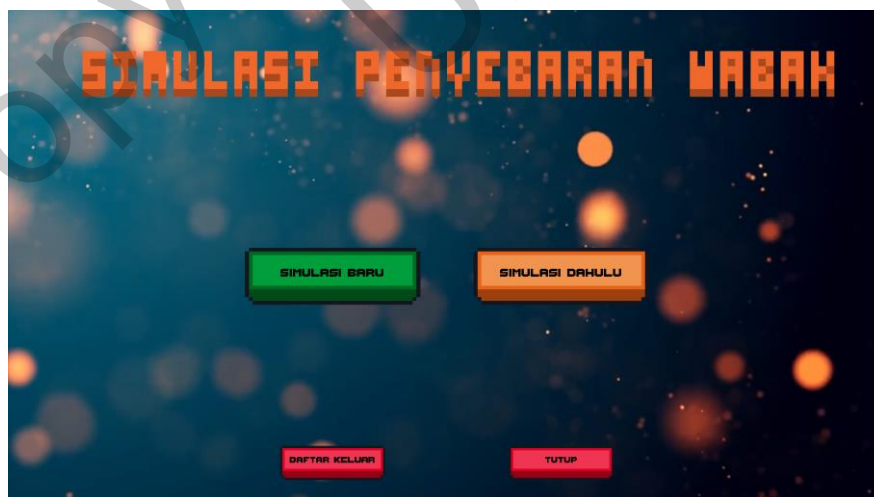
Rajah 2 : Antara Muka mendaftar pengguna

Rajah 3 di bawah menunjukkan antara muka halaman daftar masuk. Pengguna dikehendaki untuk memasukkan nama dan kata laluan mereka seterusnya menekan butang LOG MASUK.. Pengguna dapat masuk ke dalam sistem ini sekiranya mereka telah mendaftar di laman sesawang SPECK dan telah membuat pengesahan e-mel mereka.



Rajah 4.8 : Antara Muka Log Masuk

Rajah 3 menunjukkan halaman utama pengguna. Pengguna perlu memilih sama ada mereka ingin mula simulasi baru, menyambung simulasi terdahulu atau membina simulasi baru. Pengguna perlu memilih salah satu dari butang SIMULASI BARU dan SIMULASI DAHULU.



Rajah 3 : Antara Muka Halaman Utama



Rajah 4 menunjukkan antara muka untuk pengguna memilih kawasan simulasi. Jika pengguna memilih untuk memulakan simulasi baru mereka akan melihat papan ini di mana terdapat beberapa simulasi yang diberikan oleh simulasi ini. Pengguna perlu memilih salah satu simulasi dari paparan. Pada peringkat awal ini, satu simulasi yang diberikan kepada pengguna iaitu di stesen kereta api.



Rajah 4 : Antara Muka Memilih Simulasi

Rajah 5 menunjukkan antara muka simulasi selepas pengguna memilih salah satu simulasi dari halaman di rajah 4. Disini terdapat satu dialog bagi pengguna mengisi tetapan untuk simulasi yang akan dimulakan. Pengguna perlu memasukkan tetapan simulasi seperti bilangan *NPC* dan beberapa tetapan yang lain seterusnya menekan butang **PLAY**.



Rajah 5 : Antara Muka Tetapan Simulasi

Rajah 6 menunjukkan paparan ketika simulasi sedang berjalan. Disini pengguna dapat melihat kawasan, kawasan yang dicemari oleh partikel merah.



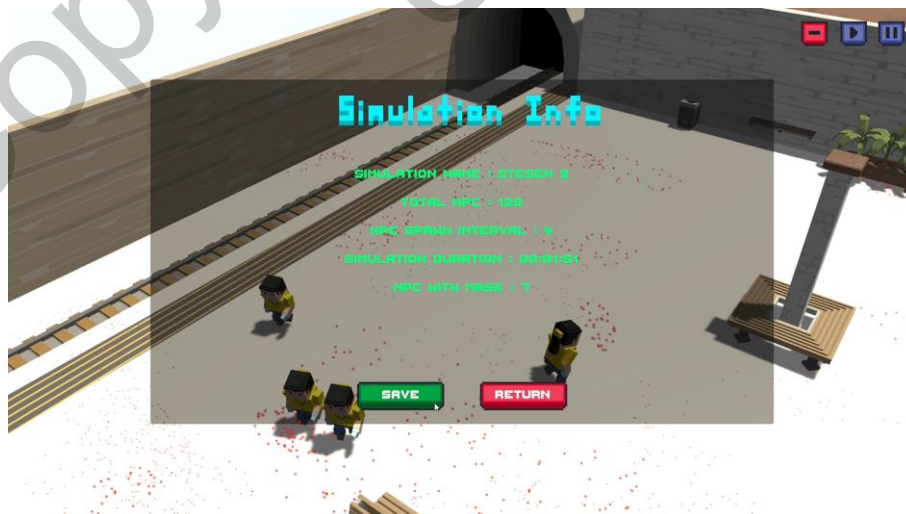
Rajah 6 : Antara Muka Simulasi

Rajah 7 menunjukkan bahawa pengguna dapat bergerak di dalam simulasi tersebut untuk melihat sesuatu kawasan dengan jelas. Pengguna dapat memberhentikan simulasi seketika atau memberhentikan simulasi selamanya dengan menekan dua butang di bahagian atas.



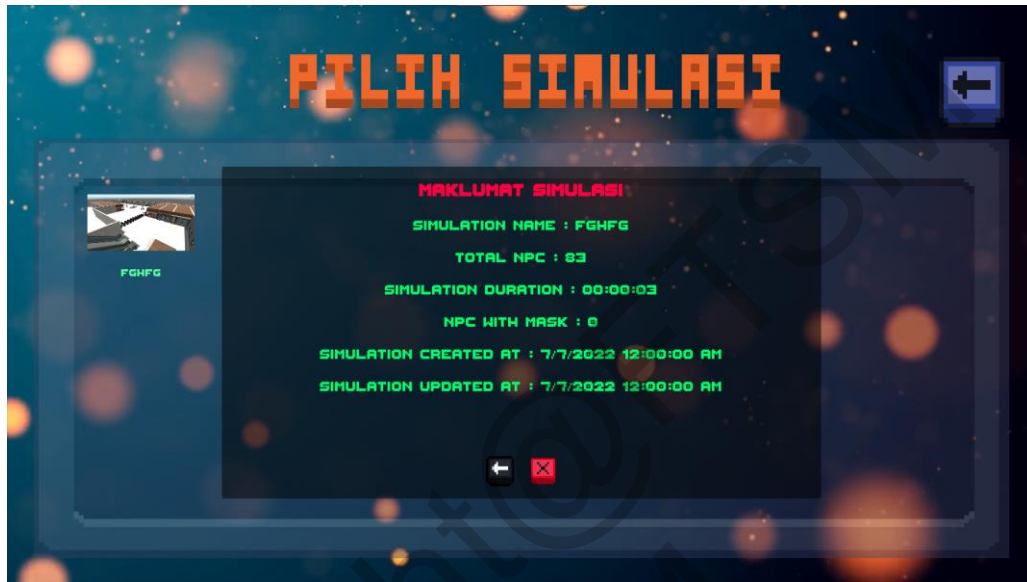
Rajah 7 : Antara Muka Simulasi

Rajah 8 menunjukkan paparan yang akan diterima pengguna sekiranya mereka memberhentikan simulasi selamanya. Disini pengguna dapat memilih samada mereka ingin menyimpan maklumat simulasi tersebut atau tidak.



Rajah 8 : Antara Muka Memberhentikan Simulasi

Sekiranya pengguna memilih “Simulasi Dahulu” di Rajah 3 mereka akan ke antara muka maklumat simulasi. Rajah 9 menunjukkan antara muka dan dialog yang akan dipaparkan jika memilih untuk melihat maklumat simulasi terdahulu. Disini pengguna mendapatkan data simulasi dahulu. Pengguna dapat membuang maklumat simulasi jika mereka ingini.



Rajah 9 : Antara Muka Maklumat Simulasi

## 6. KESIMPULAN

Kesimpulan ini merangkumi dari segi aspek kekangan yang terdapat dalam sistem serta penambahbaikan yang boleh dilakukan pada masa akan datang bagi mencapai tahap kepuasan pengguna terhadap sistem ini. Sepanjang projek ini dijalankan, pelbagai keperluan dan maklumat yang penting telah dikenal pasti sebelum proses pembangunan dijalankan bagi membantu proses pembangunan sistem dapat berjalan dengan lancar dan memenuhi keperluan pengguna. Simulasi ini dapat digunakan oleh pihak berkuasa untuk mengenal pasti kawasan-kawasan yang perlu mereka memberi tumpuan ketika proses sanitasi.

### 6.1 CADANGAN PENAMBAHBAIKKAN

Penambahbaikan bagi sesebuah sistem dilakukan untuk membaiki kelemahan sedia ada yang terdapat dalam sistem yang dibangunkan. Terdapat beberapa cadangan penambahbaikan untuk simulasi ini bagi memastikan simulasi ini mampu memenuhi keperluan pengguna dari semasa ke semasa. Antara cadangan penambahbaikan pada masa hadapan adalah:

- i. Membangunkan sebuah simulasi untuk mengenal pasti kawasan dan cara sesuatu partikel itu merebak. Simulasi ini bakal dapat digunakan di kawasan seperti stesen LRT/ kereta api atau di kawasan-kawasan lain untuk mengenal pasti bagaimana partikel ini merebak di kawasan itu.
- ii. Simulasi ini juga dapat diubahsuai oleh penggunanya seperti menambah bilangan *NPC* atau manusia dan mengetahui kadar penyebaran wabak di kawasan yang sesak atau tidak sesak. Simulasi ini juga memberikan pengguna mengubur sifat-sifat sesuatu partikel seperti berat, sifat fizikal, saiz, kadar penyebaran dan pelbagai lagi bagi mengetahui bagaimana partikel yang mempunyai sifat-sifat seperti itu merebak.
- iii. Simulasi mempunyai halaman untuk pemain melihat dan menggunakan persekitaran yang dibuat oleh pemain lain.
- iv. Pangkalan data perlu mempunyai ruang atau tempat untuk menyimpan data-data dan persekitaran yang dibina oleh pemain lain.

## 6.2 PENYELIDIKAN MASA HADAPAN

Simulasi ini masih boleh ditambah baik pada masa akan datang. Pada masa ini simulasi in hanya memberi peluang pengguna untuk melakukan simulasi di suatu tempat sahaja. Jika pengguna ingin melakukan simulasi di kawasan yang berlainan, mereka perlu mengubahnya menggunakan perisian *Unity* tersebut.

Pada masa akan datang, simulasi ini boleh ditambah baik dengan pilihan untuk pengguna membina kawasan yang mereka ingini sendiri didalam aplikasi ini menggunakan rangka kerja yang telah dibina. Tambahan pula, pergerakan dan interaksi NPC di dalam simulasi ini boleh diperbaiki dengan memperbaiki modal AI yang telah dibina. Modal AI yang dibina menggunakan konsep *Digital Human Modeling*.

Modal NPC yang bergerak didalam simulasi ini menggunakan laluan yang telah ditetapkan. NPC tersebut memilih laluan secara rawak antara senarai laluan yang boleh dipilih. Antara contoh laluan yang terdapat didalam simulasi ini ialah:

- Mula → ATM → Tiket → Kawasan menunggu → Kereta-Api
- Mula → Tiket → Kawasan menunggu → Kereta-Api

Kaedah ini akan memakan masa yang banyak jika pengguna membuat kawasan yang mempunyai pelbagai jenis laluan kerana pengguna terpaksa memasukkan setiap jenis laluan ke dalam sistem sebelum memulakan simulasi. Hal ini boleh diperbaiki dengan membuat modal AI yang baru dimana AI dapat merangka laluannya sendiri dengan menggunakan kaedah *Machine Learning* seperti *Supervised Learning* atau setarah dengannya.

Selain itu, satu modal AI baru bole dirangka untuk meniru pergerakan partikel seperti didunia sebenar. Partikel dapat bertidak balas dengan udara dan bertidak berbeza mengikut suhu, kelembapan udara dan persekitaran. Modal ini boleh ditambahbaik dengan membuat partikel tersebut berinteraksi dengan NPC yang lain supaya pengguna dapat mengetahui pemindahan partikel dari satu individu ke individu yang lain lalu mendapatkan pihak yang tercemar dengan sesuatu partikel.

## 7. RUJUKAN

- Asadi, S. C. (2020). *Efficacy of masks and face coverings in controlling outward aerosol particle emission from expiratory activities*. Scientific Reports.
- Ather B, M. T. (2021). *Airborne Precautions*. StatPearls Publishing.
- Bo Peng, R. W. (2021). Population simulations of COVID-19 outbreaks provide tools for risk assessment and continuity planning. *JAMIA Open*.
- Brehmer, J. (2021). Simulation-based inference in particle physics. *Nature Reviews Physics*, 305.
- Dassault Systèmes'. (2020). *Dassault Systèmes' 3DEXPERIENCE Lab OPEN COVID-19 Community Uses Sneeze Simulation to Support PPE Design*. Didapatkan dari 3ds: <https://www.3ds.com/newsroom/media-alerts/dassault-systemes-3dexperience-lab-open-covid-19-community-uses-sneeze-simulation-support-ppe-design>
- Gruber, K. (2018, March 7). *Cleaning up pollutants to protect future health*. Didapatkan dari Nature: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-02481-5>
- Haekal, M. M. (2021, July 30). *Apa Itu Agile? Pengertian, Prinsip, Metode, dan Kelebihan*. Didapatkan dari NiagaHoster: <https://www.niagahoster.co.id/blog/agile-adalah/>
- IGI Global. (2021). *What is Simulation*. Didapatkan dari IGI Global: <https://www.igi-global.com/dictionary/simulation/26957>
- Kerr CC, S. R. (2021). Covasim: An agent-based model of COVID-19 dynamics and interventions. *PLOS Computational Biology* .
- KUMAR, B. (2020, Jun 23). *BHAVESH KUMAR*. Didapatkan dari FirstPost: <https://www.firstpost.com/tech/science/simulating-sneezes-can-help-us-plan-around-covid-19-unlock-1-0-reopening-economies-8512291.html>
- Maghsoudi, S. (2020, March 19). *Building your own Covid-19 Epidemic Simple Model Using Python*. Didapatkan dari Towards Data Science: <https://towardsdatascience.com/building-your-own-covid-19-epidemic-simple-model-using-python-e39788fbda55>
- Md Nor, N., Chee, W., Ibrahim, N., Jaafar, M. H., Zainol Rashid, Z., Mustafa, N., . . . Mohd Nadzir, M. (2021). Particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) as a potential SARS-CoV-2 carrier. *Scientific Reports*, 1-4.
- United States Environmental Protection Agency. (2021, May 26). *Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM)*. Didapatkan dari United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
- World Health Organisation. (2020). Cleaning and disinfection of environmental surfaces in. *WHO-2019-nCoV-Disinfection*, 1-5.
- World Health Organisation. (2020, Desember 13). *Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?* Didapatkan dari World Health Organisation:

<https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>

World Health Organisation. (2021). *COVID-19: physical distancing*. Didapatkan dari World Health Organisation: <https://www.who.int/westernpacific/emergencies/covid-19/information/physical-distancing>

WZDX News. (2020). *Simulation shows how COVID-19 could spread at Thanksgiving table*. Rock City Now.

Simulasi Penyebaran Wabak.(SPECK). <https://speck.lepak.xyz/>

Mohamed Shameer Ali Bin A.M Abdul Rahman (A17386)  
Dr Hafiz Bin Mohd Sarim  
Fakulti Teknologi & Sains Maklumat,  
Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM  
UKM