

PERTAHANAN BANDAR PINTAR: PENDEKATAN PERMAINAN KEPADA PERANCANGAN INFRASTRUKTUR BANDAR

**NUR MURFIQAH NAJWA BINTI NAZRI,
MOHD NOR AKMAL KHALID**

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia

ABSTRAK

Sistem Permainan Strategi Bandar Pintar merupakan sebuah permainan simulasi pendidikan yang dibangunkan bagi meningkatkan kesedaran dan pengetahuan pengguna tentang konsep perancangan bandar lestari dan teknologi bandar pintar. Permainan ini dibina dengan menggabungkan elemen interaktif dan strategi pengurusan sumber seperti tenaga, air dan sisa, bagi membolehkan pemain merasai pengalaman dalam membentuk bandar yang seimbang dan mampan. Masalah utama yang dikenalpasti adalah kurangnya kesedaran dan minat masyarakat, khususnya generasi muda, terhadap isu kelestarian bandar, akibat kaedah penyampaian konvensional yang kurang menarik. Objektif projek ini adalah untuk membangunkan sebuah permainan yang menggunakan AI berasaskan peraturan (rule-based AI) bagi memberikan maklum balas kepada tindakan pemain, serta menyediakan persekitaran pembelajaran yang menyeronokkan dan mudah difahami. Kaedah pembangunan yang digunakan berasaskan seni bina Model-View-Controller (MVC) serta struktur projek yang dirancang menggunakan Struktur Pecahan Kerja (WBS). Tinjauan soal selidik melalui Google Form yang dijalankan selepas permainan dihasilkan bagi mengenalpasti tahap kefahaman pemain terhadap konsep kelestarian. Hasil ini membuktikan keberkesanan pendekatan gamifikasi dalam menyampaikan pengetahuan kompleks. Untuk penambahbaikan pada masa akan datang, permainan ini berpotensi untuk dipertingkatkan dengan integrasi AI adaptif, variasi cabaran bandar, serta sistem analisis prestasi pemain secara masa nyata.

PENGENALAN

Pertumbuhan bandar yang pesat tanpa perancangan mampan telah memberi tekanan besar kepada alam sekitar, termasuk kemusnahan habitat semula jadi, pencemaran dan penggunaan sumber yang berlebihan. Untuk menangani cabaran ini, pendekatan inovatif diperlukan dalam pengurusan sumber, tenaga dan pembangunan lestari. Teknologi kecerdasan buatan (AI) kini memainkan peranan penting dalam menyokong perancangan bandar pintar. Melalui pemprosesan data yang kompleks, AI dapat membantu merancang penggunaan sumber, menguruskan sisa, dan mencadangkan penyelesaian lestari. Salah satu pendekatan yang digunakan ialah model berasaskan peraturan (Rule-Based AI), yang membuat keputusan berdasarkan peraturan tertentu seperti zon larangan dan zon digalakkan untuk pembangunan.

Namun, kesedaran masyarakat, terutamanya golongan muda, terhadap kepentingan perancangan bandar lestari masih rendah. Kaedah pendidikan tradisional sering dianggap membosankan dan sukar difahami. Justeru, pendekatan berasaskan gamifikasi seperti permainan digital dilihat lebih berkesan dalam menarik minat dan menyampaikan mesej pendidikan dengan cara yang lebih interaktif.

Projek ini, bertajuk “Pertahanan Bandar Pintar: Pendekatan Permainan Kepada Perancangan Infrastruktur Bandar”, direka sebagai permainan strategi pertahanan (tower defense) yang berfungsi sebagai platform pembelajaran. Dalam permainan ini, pemain berperanan sebagai perancang bandar yang perlu membina infrastruktur, mengurus tenaga dan sumber secara strategik, serta memastikan pembangunan kekal lestari. AI berasaskan peraturan digunakan untuk mengenal pasti kawasan yang sesuai atau tidak sesuai untuk pembinaan, seperti zon merah, kuning dan hijau.

Matlamat projek ini ialah untuk menggabungkan elemen hiburan dan pendidikan dalam satu medium interaktif yang dapat meningkatkan kesedaran terhadap isu kelestarian dan perancangan bandar. Dengan ini, permainan bukan sahaja menghiburkan, tetapi juga berfungsi sebagai alat pendidikan yang menyemai nilai tanggungjawab dan kesedaran alam sekitar dalam kalangan pemain.

METODOLOGI KAJIAN

Permainan Pertahanan Bandar Pintar: Pendekatan Permainan Kepada Perancangan Infrastruktur Bandar menggunakan Model Pembangunan Spiral. Pendekatan ini membahagikan proses pembangunan kepada beberapa iterasi atau "spiral" yang lebih kecil dan sistematik. Setiap iterasi melibatkan empat fasa utama, iaitu perancangan, analisis risiko, pembangunan dan ujian, serta penilaian, yang terus berulang sehingga produk akhir sepenuhnya direalisasikan (Isha Amod, 2024). Model Spiral menyokong pendekatan iteratif yang fleksibel, di mana setiap iterasi boleh diteliti dan diperhalusi sebelum melangkah ke tahap pembangunan seterusnya. Ini amat ideal untuk menggabungkan maklum balas pengguna terhadap prototaip awal, membolehkan penyesuaian berterusan pada mekanik permainan, antara muka pengguna, dan kandungan pendidikan. Dengan cara ini, setiap perubahan atau penambahbaikan dapat dilaksanakan dengan lebih cekap berdasarkan keperluan dan jangkaan pemain. Pendekatan ini juga mengurangkan risiko dengan mengintegrasikan analisis risiko dalam setiap iterasi. Sebarang masalah berpotensi, sama ada dari segi mekanik permainan, reka bentuk grafik, atau kandungan pendidikan, boleh dikenal pasti dan ditangani pada peringkat awal. Ini membantu mengelakkan sebarang impak besar terhadap keseluruhan projek.

Fasa Perancangan:

Dalam fasa ini, keperluan projek dikenalpasti dan objektif untuk setiap iterasi ditetapkan. Ia bagi mengenalpasti keperluan fungsi utama permainan, seperti mekanik simulasi bandar, sistem pengurusan atau tenaga lestari. Memastikan permainan relevan dan menarik, analisis dilakukan keatas pengguna termasuk pelajar, pendidik dan orang awam. Ini bagi memastikan sistem pendidikan komponen, seperti bagaimana konsep kelestarian dimasukkan ke dalam permainan. Keutamaan pembangunan ditetapkan seperti memulakan dengan modul permainan asas sebelum menambah ciri interaktif.

Fasa Reka Bentuk:

Dalam fasa ini, keperluan projek dikenalpasti dan objektif untuk setiap iterasi ditetapkan. Seperti mekanik simulasi bandar, sistem pengurusan atau tenaga lestari. Memastikan permainan relevan dan menarik, analisis dilakukan keatas pengguna termasuk pelajar, pendidik dan orang awam. Memastikan sistem pendidikan komponen, seperti bagaimana konsep kelestarian dimasukkan ke dalam permainan. Keutamaan pembangunan ditetapkan seperti memulakan dengan modul permainan asas sebelum menambah ciri interaktif. Oleh itu, dokumen yang dihasilkan akan spesifikasi terhadap projek dan jadual pembangunan iteratif. Senarai keperluan juga dapat dicapai dalam iterasi pertama.

Fasa Pembinaan:

Fasa ini melibatkan proses pembangunan sebenar berdasarkan reka bentuk yang telah dirancang. Aktiviti utama dalam fasa ini termasuk membina komponen permainan asas, seperti algoritma AI, peta bandar dan elemen simulasi. Selain itu, mekanik permainan diintegrasikan dengan kandungan pendidikan, seperti cabaran untuk menguruskan sumber alam atau mengurangkan pembinaan di tempat yang tidak sepatutnya. Ujian dalaman turut dijalankan untuk memastikan setiap ciri berfungsi dengan baik, diikuti dengan penambahbaikan terhadap sebarang isu teknikal yang dikenal pasti dalam iterasi sebelumnya. Output daripada fasa ini adalah prototaip yang berfungsi dengan ciri asas permainan serta kod yang boleh diuji, termasuk mekanisme keputusan dan simulasi.

Fasa Penilaian:

Dalam fasa ini, prototaip atau hasil pembangunan diuji dan dinilai oleh pengguna sasaran atau pasukan pembangunan. Aktiviti utama adalah dengan mendapatkan maklum balas pengguna, termasuk pendidik dan pemain sasaran, berkaitan pengalaman permainan, kesan pendidikan dan interaktiviti. Keberkesanan fungsi permainan turut dinilai, seperti cara pemain menyelesaikan cabaran pengurusan bandar, di samping mengkaji sama ada objektif pendidikan dan hiburan telah tercapai. Sebarang risiko atau kelemahan yang dikenal pasti dalam proses ini akan diperbaiki

dalam iterasi berikutnya. Output daripada fasa ini merangkumi laporan maklum balas pengguna serta pelan tindakan untuk penambahbaikan pada spiral seterusnya.

Untuk menyokong proses ini, satu borang soal selidik telah dibangunkan menggunakan Google Form dan diedarkan kepada kumpulan sasaran, termasuk pelajar dan individu yang mewakili pengguna akhir. Borang ini merangkumi soalan kuantitatif dan kualitatif yang menilai aspek seperti kefahaman terhadap konsep bandar pintar, tahap keseronokan permainan, kebolegunaan antaramuka, serta keberkesanan elemen AI dan zon pembinaan. Dapatan daripada Google Form dianalisis untuk mengenal pasti kekuatan, kelemahan, dan cadangan penambahbaikan yang boleh dilaksanakan dalam versi akan datang. Pendekatan ini membolehkan penilaian yang lebih sistematik, serta memastikan permainan dibangunkan mengikut keperluan dan persepsi pengguna sebenar. Jadual 1 menunjukkan tafsiran skala skor min yang digunakan untuk mengukur kualiti setiap aspek yang diuji.

Skor Min	Tafsiran
1.00 - 2.32	Rendah
2.33 - 3.65	Sederhana
3.66 - 5.00	Tinggi

Jadual 1 Tafsiran Skala Skor Min

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Permainan *Pertahanan Bandar Pintar: Pendekatan Permainan Kepada Perancangan Infrastruktur Bandar* telah berjaya dibangunkan dan semua dokumentasi berkaitan turut disiapkan dengan lengkap. Sepanjang proses pembangunan, permainan ini dibina menggunakan enjin permainan Unity, yang dipilih kerana keupayaannya dalam menghasilkan interaksi permainan masa nyata (*real-time*) dan visual yang menarik. Beberapa bahasa pengaturcaraan telah digunakan termasuk C# untuk logik permainan dan pengendalian sistem seperti AI

berasaskan peraturan dan zon pembinaan. Selain itu, elemen antaramuka pengguna (UI) juga direka bentuk dalam Unity bagi memastikan pengalaman pemain yang intuitif dan responsif. Semua komponen ini digabungkan bagi menyokong objektif utama permainan, iaitu mendidik pemain tentang konsep kelestarian dan perancangan bandar pintar secara interaktif dan menyeronokkan.



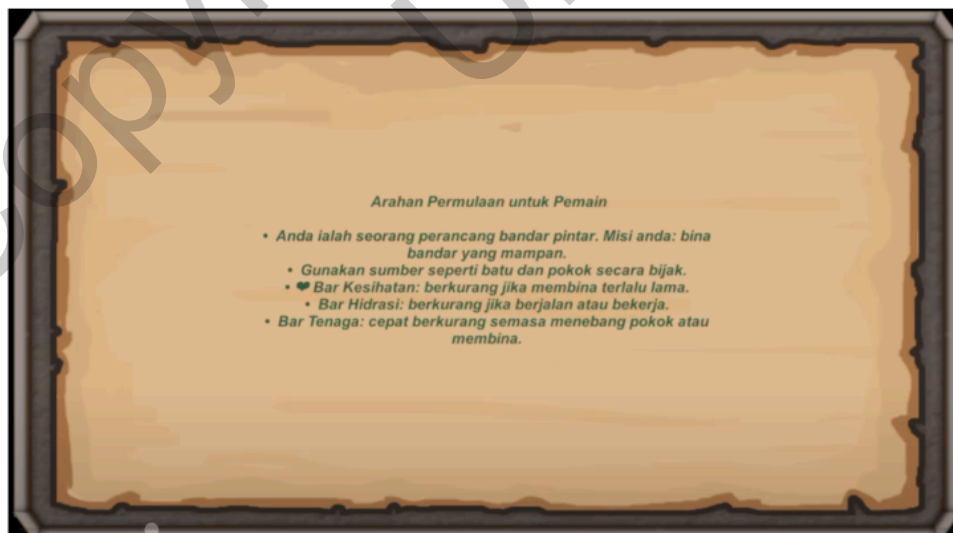
Rajah 1 Antara Muka Mula Permainan

Rajah 1 menunjukkan antara muka mula permainan. Pengguna boleh memulakan permainan baru atau menyambung permainan yang telah disimpan sebelum ini. Melalui muka mula permainan ini juga pemain akan keluar untuk tamatkan permainan.



Rajah 2 Antara Muka Memuatkan Permainan

Rajah 2 menunjukkan muka memuatkan permainan. Pengguna boleh menyimpan permainan dalam 3 file berbeza. Dan setiap file itu akan disimpan dalam bentuk .json. Pemain juga boleh mengemaskini simpanan permainan tersebut.



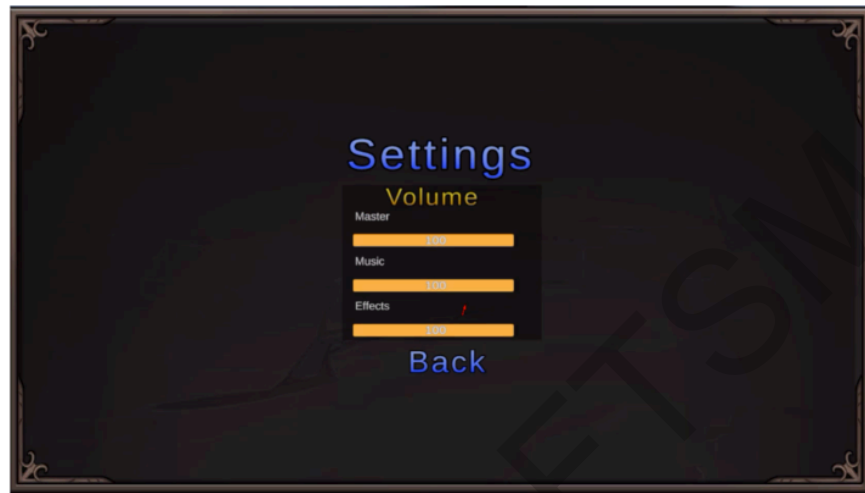
Rajah 3 Antara Muka Arahan Permainan

Rajah 3 menunjukkan antara muka arahan permainan. Pemain dapat memahami permainan melalui arahan yang disediakan. Arahan ini juga bagi membantu pemain untuk memulakan permainan. Terdapat beberapa mesej yang pemain dapat jadikan sebagai ilmu dalam arahan ini. Arahan ini mengandungi 3 muka untuk memastikan arahan lebih jelas kepada pemain.



Rajah 4 Antara Muka Sumber Dalam Inventori dan Krafting

Rajah 4 menunjukkan hasil kutipan sumber dalam Inventori. Pengguna dapat mengetahui berkenaan sumber melalui mesej apabila pengguna menggerakkan tetikus ke kawasan tersebut. Krafting pula digunakan untuk pengguna menukar barangan sumber dengan perkakas dan asas rumah lain. Sumber mestilah mencukupi untuk melakukan sebarang penukaran di karfting.



Rajah 5 Antara Muka Tetapan Permainan

Rajah 5 di atas menunjukkan tetapan apabila pemain ingin mengubahsuai bunyi. Pemain hanya perlu mengubah dan ia akan automatik tersimpan di dalam permainan. Dimana, jika pemain keluar dan masuk kembali dalam permainan tanpa menyimpan permainan tersebut, ia akan automatik tersimpan untuk permainan seterusnya.



Rajah 6 Antara Muka Mengutip Sumber

Rajah 6 di atas menunjukkan apabila pemain ingin mengutip sumber, tetikus yang sedang diarahkan ke sumber akan menunjukkan nama sumber, ia bagi memudahkan pemain untuk mengenalpasti sumber dan melihat sumber dengan lebih jelas.



Rajah 7 Antara Muka Mesej Pengesahan

Rajah 7 di atas menunjukkan antara muka mesej pengesahan. Mesej pengesahan ini akan diperoleh jika pemain ingin membuang barangan (sumber hasil kutipan) daripada dalam inventori. Pemain perlu menarik sumber ke ruang sampah dan setelah itu mesej pengesahan akan keluar. Ini bagi memastikan sumber dibuang dengan benar dan mengelakkan daripada berlakunya pembuangan tidak sengaja.

Pengujian Kotak Hitam

Pengujian kotak hitam dijalankan sepanjang proses pembangunan permainan *Smart City Strategist* bagi memastikan setiap fungsi utama beroperasi seperti yang direka. Dalam pendekatan ini, penguji menilai fungsi sistem berdasarkan input dan output tanpa mengetahui struktur dalaman kod. Antara fungsi yang diuji termasuk logik zon pembinaan (zon merah,

kuning, hijau), sistem pengesanan peraturan pembinaan, paparan amaran kepada pemain, sistem pertahanan menara, serta sistem ekonomi dan sumber. Setiap interaksi pemain diperhatikan bagi memastikan tiada pepijat (bug) seperti pembinaan di zon larangan, hilangnya UI, atau kerosakan pada peraturan AI. Melalui pengujian ini, beberapa kesilapan kecil dapat dikenal pasti dan diperbetulkan sebelum diteruskan ke fasa penilaian pengguna sebenar.

ID Pengujian	Kes Guna	Keputusan
1	Pemain faham selepas membaca arahan permainan.	Berjaya
2	Pemain mengutip sumber yang disediakan dalam permainan. Dan mesej kutipan keluar.	Berjaya
3	Pemain dapat merasakan getaran waktu menebang pokok.	Berjaya
4	Mesej amaran zon keluar. Mesej menebang juga akan keluar selepas pokok berjaya ditebang.	Berjaya
5	Load Game berjaya disimpan di file.	Berjaya
6	Permainan berjaya disimpan dan boleh terus untuk dimainkan.	Berjaya
7	Audio dimainkan sepanjang permainan.	Berjaya
8	Crafting menu berjaya dibuka dan pemilihan barang boleh berlaku.	Berjaya
9	Barang tiada selepas dibuang dari inventori.	Berjaya
10	Pemain berjaya main hingga mampu menghasilkan asas rumah.	Berjaya

Jadual 2 Skor Min Kecekapan Permainan.

Jadual 2 menunjukkan hasil bahawa majoriti pengguna dapat memahami mekanik permainan, mengenali ikon dan fungsi dengan mudah, serta merasakan antara muka mesra pengguna. Beberapa cadangan kecil dikemukakan untuk menambah baik paparan arahan dan susun atur butang.

Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna dilaksanakan bagi menilai sejauh mana permainan ini berkesan dalam menyampaikan konsep bandar pintar dan kelestarian kepada pemain. Borang soal selidik telah dibangunkan menggunakan Google Form dan diedarkan kepada pengguna sasaran, yang terdiri daripada pelajar dan pensyarah. Borang ini merangkumi bahagian seperti latar belakang pengguna, kefahaman konsep bandar pintar, keberkesanan elemen permainan (AI berasaskan peraturan, sistem zon, dan sistem pertahanan), serta aspek antaramuka dan keseronokan permainan. Soalan disusun dalam bentuk skala Likert dan jawapan terbuka untuk mendapatkan maklum balas kuantitatif dan kualitatif. Hasil daripada borang ini membantu pasukan pembangunan mengenal pasti kekuatan dan kelemahan dari perspektif pengguna sebenar, seterusnya digunakan untuk menambah baik pengalaman permainan dalam iterasi pembangunan seterusnya.

No	Item	Min
1	Saya dapat memulakan permainan dengan mudah.	4.19
2	Saya dapat membaca arahan awal dengan jelas.	4.71
3	Saya dapat mengutip sumber dengan mudah.	4.40
4	Saya dapat memahami arahan permainan dengan mudah.	4.43

5	Saya dapat memahami objektif permainan yang berkaitan dengan kelestarian bandar.	4.23
6	Saya tahu fungsi setiap zon seperti Zon Hijau, Zon kuning dan Zon Merah.	4.29
7	Sistem amaran dan cadangan AI dalam permainan membantu saya membuat keputusan.	4.29
8	Saya boleh mengakses dan menggunakan inventori dengan mudah.	4.19
	Min Keseluruhan	4.34

Jadual 3 Skor Min Kefahaman Permainan.

Jadual 3 merujuk kepada sejauh mana pemain memahami arahan dan fungsi dalam permainan serta bagaimana mereka berinteraksi dengan antara muka yang disediakan. Ia menilai sama ada pemain dapat mengawal watak, mengumpul sumber dan membina struktur dengan lancar tanpa kekeliruan. Tahap kefahaman yang baik menunjukkan bahawa reka bentuk permainan adalah mesra pengguna dan mudah difahami walaupun oleh pemain baharu.

No	Item	Min
1	Reka bentuk antara muka permainan menarik dan mudah digunakan.	4.00
2	Pergerakan elemen visual seperti pokok yang bergoyang memberi pengalaman yang realistik.	4.05
3	Teks, ikon dan elemen visual mudah dibaca dan difahami.	4.19
4	Saya berasa selesa dan menarik dengan paparan skrin dan susun atur permainan.	4.05

	Min Keseluruhan	4.07
--	-----------------	------

Jadual 4 Skor Min Reka Bentuk Permainan.

Jadual 4 menunjukkan reka bentuk antara muka permainan mendapat purata keseluruhan 4.07, menunjukkan kepuasan tinggi. Skor tertinggi (4.19) diberikan pada kejelasan teks, ikon dan elemen visual. Animasi seperti pokok bergoyang turut memberi kesan realistik (4.05). Susun atur dan paparan skrin juga dianggap selesai dan menarik. Ini membuktikan UI dan grafik permainan berfungsi dengan baik. Secara keseluruhan, pengguna selesai dan mudah memahami elemen visual yang disediakan.

No	Item	Min
1	Permainan berjalan dengan lancar tanpa gangguan atau ketinggalan semasa dimainkan.	4.14
2	Fungsi simpan dan muat semula permainan (save/load JSON) berfungsi dengan baik.	4.38
3	Butang dan kawalan responsif berfungsi dengan baik dan betul.	4.33
	Min Keseluruhan	4.28

Jadual 5 Skor Min Prestasi dan Kecekapan Permainan.

Jadual 4.19 menunjukkan prestasi sistem sangat memuaskan dengan purata keseluruhan 4.28. Fungsi simpan dan muat semula permainan mencatat skor tertinggi (4.38), menandakan fungsinya berkesan. Butang dan kawalan juga dilaporkan responsif dan tepat (4.33). Permainan berjalan lancar tanpa gangguan besar (4.14). Keseluruhan fungsi asas beroperasi dengan baik dan stabil. Menunjukkan sistem menyokong pengalaman bermain yang lancar dan boleh diandalkan.

No	Item	Min
1	Saya menikmati pengalaman bermain permainan ini.	4.19
2	Saya lebih memahami isu kelestarian dan perancangan bandar selepas bermain.	4.24
3	Permainan ini boleh digunakan sebagai bahan pendidikan untuk pelajar.	4.10
4	Saya berasa tindakan saya memberi kesan kepada kelestarian dalam permainan.	4.29
	Min Keseluruhan	4.21

Jadual 6 Skor Min Pengalaman Permainan.

Jadual 6 menunjukkan purata keseluruhan 4.21, menandakan pengalaman pengguna adalah positif. Responden paling setuju bahawa tindakan mereka memberi kesan kepada kelestarian (4.29). Kesedaran terhadap isu kelestarian dan perancangan bandar juga meningkat selepas bermain (4.24). Permainan dilihat berpotensi sebagai bahan pendidikan (4.10). Majoriti pengguna menikmati pengalaman bermain (4.19).

Cadangan Penambahbaikan

Bagi menambah baik sistem ini pada masa akan datang, pembangunan AI yang lebih pintar menggunakan teknik pembelajaran mesin (machine learning) boleh diteroka untuk menghasilkan simulasi yang lebih responsif terhadap tindakan pemain. Tambahan ciri seperti mod senario bandar berperingkat, sistem ganjaran dan analisis impak jangka panjang terhadap tindakan pemain juga dapat memperkayakan pengalaman pembelajaran. Dari sudut teknikal, permainan

boleh dioptimumkan untuk pelbagai platform dan peranti, termasuk versi mudah alih atau WebGL yang lebih lancar, agar capaian kepada khalayak pengguna lebih meluas. Penambahbaikan ini mencerminkan komitmen saya untuk terus menambah nilai kepada sistem serta memperluas pengetahuan dalam bidang AI, pembangunan permainan dan teknologi lestari. Melalui proses pembangunan ini, saya telah memperoleh kemahiran teknikal seperti pengurusan data, seni bina sistem serta implementasi AI berasaskan peraturan, sekali gus mengukuhkan asas saya dalam bidang Sains Komputer dan membuka peluang untuk meneroka penyelidikan yang lebih kompleks pada masa akan datang.

KESIMPULAN

Projek bagi Pertahanan Bandar Pintar: Pendekatan Permainan Kepada Perancangan Infrastruktur Bandar telah berjaya membangunkan sebuah permainan simulasi pendidikan yang interaktif dan bermaklumat untuk meningkatkan kesedaran serta pemahaman pengguna terhadap konsep perancangan bandar lestari. Melalui pendekatan gamifikasi yang menarik, pemain didedahkan kepada pelbagai aspek penting dalam pengurusan bandar seperti penggunaan tenaga, pengurusan sumber alam, serta penetapan zon guna tanah yang efisien. Pemain juga perlu membuat keputusan strategik yang memberi kesan terhadap kesejahteraan penduduk maya, sekaligus mempelajari kepentingan keseimbangan antara pembangunan dan kelestarian alam sekitar. Kajian soal selidik yang dijalankan sebelum dan selepas sesi permainan mendapati terdapat peningkatan yang ketara dalam tahap kefahaman dan kesedaran pemain terhadap prinsip-prinsip pembangunan lestari. Dapatan ini membuktikan bahawa pendekatan permainan bukan sahaja mampu menarik minat pengguna khususnya golongan muda, tetapi juga efektif dalam menyampaikan maklumat yang kompleks secara lebih mudah, menyeronokkan dan bermakna.

Kekuatan Sistem

Antara kekuatan utama sistem yang dibangunkan termasuklah antaramuka pengguna yang mesra dan intuitif, dimana ia membolehkan pemain memahami serta berinteraksi bersama permainan dengan mudah. Selain itu, sistem inventori dan krafting yang stabil membolehkan pemain mengurus sumber dengan cekap serta membina struktur penting secara berperingkat. Elemen

maklum balas berasaskan AI pula memberikan saranan yang membantu pemain membuat keputusan yang lebih lestari sepanjang permainan. Tambahan pula, projek ini telah dianalisis dengan teliti bagi memastikan semua unsur pengetahuan am yang berkaitan dapat disampaikan secara berkesan kepada pemain. Permainan ini juga berjaya menyampaikan kesedaran tentang kepentingan pemeliharaan sumber alam semula jadi, yang kini menjadi isu global sekiranya tidak diberi perhatian sewajarnya.

Kelemahan Sistem

Sistem ini turut menghadapi beberapa kekangan yang perlu diberi perhatian. Tahap kecerdasan buatan (AI) yang digunakan masih bersifat asas (rule-based) dan ianya belum cukup adaptif terhadap pelbagai corak tingkah laku pemain. Selain itu, prestasi permainan mungkin terjejas apabila dijalankan pada peranti berspesifikasi rendah, menyebabkan pengalaman pengguna tidak konsisten. Kandungan permainan juga masih terhad dari segi kepelbagaian cabaran dan tahap, yang boleh mengurangkan nilai permainan jangka panjang bagi sesetengah pemain yang mahukan lebih variasi dan kedalaman strategi.

PENGHARGAAN

Setinggi - tinggi penghargaan saya berikan kepada penyelia saya, Dr. Mohd Nor Akmal Khalid, serta penyelia bersama atas bimbingan, dorongan, dan tunjuk ajar sepanjang penyelidikan ini. Segala nasihat dan sokongan yang diberikan amat bermakna dalam memastikan kelancaran projek ini.

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung telah menyumbang kepada kejayaan projek ini. Segala bantuan, sokongan moral, serta perkongsian ilmu amat saya hargai. Semoga projek ini memberi manfaat kepada semua pada masa hadapan. Juga penghargaan kepada pihak yang telah menyediakan sokongan kewangan secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Sumbangan ini amat bermakna dalam memastikan kelancaran penyelidikan yang dijalankan.

RUJUKAN

- Arts, E. 2016. How SimCity BuildIt Created Future Cities. Electronic Arts: <https://www.ea.com/en-gb/news/how-simcity-buildit-created-future-cities> [30 Januari 2025].
- Burghate, M. 2018. Work Breakdown Structure: Simplifying Project Management. https://www.researchgate.net/publication/345762461_Work_Breakdown_Structure_Simplifying_Project_Management.
- Digital Twin. 2025. FNT Software: https://www.fntsoftware.com/en/solutions-overview/digital-twin?pk_campaign=AdWords-21028600706&pk_kwd=&pk_source=google&pk_medium=cpc&pk_content=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQIAwOe8BhCCARIsAGKeD57hNI_EqCnGlsfVRYmC_HjPIHe1DhG497f4qeCCopqsG4lBJ9GBhCgaAhRmEALw_wcB.
- Fang, B., Yu, J., Chen, Z., Osman, A.I., Farghali, M., Ihara, I., Hamza, E.H., Rooney, D.W. & Yap, P.-S. 2023. Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. *Environmental Chemistry Letters* 21(21).
- Howard, A. 2015. How IBM Is Using Big Data To Battle Air Pollution In Cities. https://www.huffpost.com/entry/ibm-big-data-air-pollution_n_56684e44e4b080eddf565510.
- Isha Amod Gujarathi, Norris, W.R. & Patterson, A. 2024. Spiral Development for Non-Software Product and System Engineering.
- Koivisto, J. & Hamari, J. 2019. The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management* 45(1): 191–210.
- Li, Y., Lai, Y. & Lin, Y. 2024. The Role of Diversified Geo-Information Technologies in Urban Governance: A Literature Review. *Land* 13(9): 1408–1408.
- Lim, C., Cho, G.-H. & Kim, J. 2021. Understanding the linkages of smart-city technologies and applications: Key lessons from a text mining approach and a call for future research. *Technological Forecasting and Social Change* 170: 120893.

- Martinez, J.R. 2020. Game AI techniques applied to city simulations. *Game AI techniques applied to city simulations*.
- Mohanty, S.P., Choppali, U. & Kougianos, E. 2016. Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone. *IEEE Consumer Electronics Magazine* 5(3): 60–70.
- Moura, F. & de Abreu e Silva, J. 2019. Smart Cities: Definitions, Evolution of the Concept and Examples of Initiatives. *Industry, Innovation and Infrastructure*: 1–9.
- Tiwari, S. & Gupta, A. 2019. Use case specifications: How complete are they? *Journal of Software: Evolution and Process* 32(1).

Nur Murfiqah Najwa Binti Nazri (A194770)

Dr. Mohd Nor Akmal Khalid

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
Universiti Kebangsaan Malaysia