

Perancangan Simulasi Prosedur Evakuasi Darurat Gempa Bumi di Gedung X Berbasis *Virtual Reality*

Simulation Design of Earthquake Emergency Evacuation Procedure in X Building Based on Virtual Reality

Aurelia Anna Irenne Siregar¹, Clara Theresia^{1*}

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

*Penulis korespondensi: Clara Theresia, claratheresia@unpar.ac.id


Abstrak

Kemampuan respon dalam evakuasi darurat menjadi hal yang penting untuk melatih bagaimana praktik masyarakat berhadapan dengan bencana alam. Dengan adanya perkembangan teknologi, *Virtual Reality (VR)* menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai pelatihan dasar untuk kesiapsiagaan penghuni gedung tinggi saat gempa bumi. Penggunaan *virtual reality* dalam pelatihan simulasi dapat menghindari kecelakaan saat pelatihan dan menggunakan biaya yang rendah untuk validasi alat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi simulasi evakuasi darurat gempa bumi dengan *virtual reality*. Penelitian ini menggunakan tahapan desain interaksi untuk merancang simulasi evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X sebagai salah satu contoh bangunan tingkat tinggi untuk fasilitas akademik. Terdapat 4 tahapan proses, tahap pertama mengidentifikasi kebutuhan rancangan simulasi dengan melakukan observasi gedung dan wawancara terhadap 10 responden. Teridentifikasi 7 spesifikasi kebutuhan untuk membuat prototipe rancangan simulasi. Tahap kedua, memilih dan menilai alternatif konsep yang ada oleh responden. Konsep yang terpilih adalah konsep kedua dengan nilai skornya 4,15. Berdasarkan hasil konsep yang terpilih dan wawancara saran perbaikan konsep, maka dilakukan tahapan ketiga. Tahap ketiga adalah merancang prototipe simulasi dengan menggunakan software unity dan perangkat *virtual reality*. Hasil rancangan simulasi terdapat ruangan dan lorong kelas, tangga darurat dan lantai dasar gedung hingga assembly point di luar gedung. Tahap keempat adalah melakukan evaluasi oleh responden terhadap hasil rancangan simulasi. Hasil evaluasi memperoleh tingkat efektivitas sebesar 90%, tingkat efisiensi 80% dan usability pada skor SUS 77,75. Berdasarkan dari hasil ketiga aspek tersebut, hasil rancangan simulasi memiliki tingkat usability yang baik. Rekomendasi perbaikan diberikan yaitu perhatikan tata letak rambu assembly point dan informasi lantai pada tangga darurat secara lebih jelas.

Kata kunci: desain interaksi, gempa bumi, virtual reality, usability

How to Cite:

Siregar, A.A.I. and Theresia, C. (2023) 'Perancangan simulasi prosedur evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X berbasis *virtual reality*', *Journal of Integrated System*, 6(2), pp. 144–163. Available at: <https://doi.org/10.28932/jis.v6i2.7696>.

© 2023 Journal of Integrated System. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 

Abstract

Response skills in emergency evacuation are important to train people on how to deal with natural disasters. With the development of technology, virtual reality is one of the alternatives that can be used as basic training for the preparedness of high-rise building occupants during an earthquake. The use of virtual reality in simulation training can avoid accidents during training and use low costs for tool validation. Therefore, this research aims to design and evaluate an earthquake emergency evacuation simulation with virtual reality. This research uses the interaction design stage to design an earthquake emergency evacuation simulation in the X Building as an example of a high-level building for academic facilities. There are 4 stages of the process, the first stage identifies the needs of simulation design by conducting building observations and interviews with 10 respondents. Seven specifications were identified to create a prototype simulation design. The second stage, selecting and assessing alternative concepts by respondents. The selected concept is the second concept with a score of 4.15. Based on the results of the selected concept and interview suggestions for concept improvement, the third stage was carried out. The third stage is designing a simulation prototype using unity software and virtual reality devices. The results of the simulation design include classrooms and hallways, emergency stairs and the ground floor of the building to the assembly point outside the building. The fourth stage is to evaluate the results of the simulation design by the respondents. The evaluation results obtained an effectiveness level of 90%, an efficiency level of 80% and usability at an SUS score of 77.75. Based on the results of these three aspects, the simulation design has a good level of usability. Recommendations for improvement are given, namely pay attention to the layout of assembly point signs and floor information on emergency stairs more clearly.

Keywords: earthquake, interaction design, virtual reality, usability

1. Pendahuluan

Bencana alam merupakan kejadian luar biasa yang tidak dapat diprediksi oleh manusia. Contoh bencana alam misalnya gempa bumi, banjir, tsunami dan lainnya. Gempa bumi menjadi salah satu bencana alam yang sering dialami oleh Indonesia. Berdasarkan National Oceanic and Atmospheric Administration (2022), Indonesia menempati posisi tiga negara teratas yang sering mengalami gempa bumi. Menurut Sabtaji (2020), provinsi Jawa Barat menjadi daerah Indonesia yang memiliki jumlah kejadian gempa bumi paling banyak untuk pulau Jawa. Walaupun begitu, masyarakat Indonesia masih belum mengetahui bagaimana cara mempersiapkan diri terhadap bencana alam. Korban dari gempa bumi tentu tidaklah sedikit, salah satu penyebab korban gempa dalam jumlah yang banyak adalah kurangnya pengetahuan dan kesiagaan dari masyarakat saat menghadapi bencana alam gempa bumi (Pribadi dan Yuliawati, 2009).

Meskipun di Indonesia sudah memiliki Badan Nasional Penanggulangan Bencana, yang bertugas mengeluarkan Pedoman Sistem Peringatan Dini. Namun berdasarkan temuan, masyarakat Indonesia masih memiliki kekurangan dalam hal kemajuan dasar dalam pengetahuan, penelitian dan pencegahan terhadap bencana alam (World Risk Report, 2022). Terdapat empat komponen yang dapat memenuhi sistem peringatan dini bencana. Kemampuan respon menjadi salah satu komponen penting yang mendukung sistem peringatan dini. Respon yang dimaksud yaitu praktik terkait bagaimana masyarakat berhadapan dengan bencana alam. Hal ini tentu dapat dilatih serta dikembangkan dengan tujuan untuk membangun budaya ketahanan dan keselamatan pada masyarakat. Respon saat kondisi darurat memegang peranan penting untuk membantu perilaku seseorang saat menghindari bahaya (Zhu dan Li, 2020).

Adanya perkembangan teknologi yang semakin maju misalnya saja *Virtual Reality* (VR), tentu dapat menjadi alternatif dalam pelatihan kemampuan respon untuk kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana alam. Penggunaan VR dalam proses evakuasi darurat dibagi menjadi 3 tingkatan berbeda yaitu *pre-emergency* (kemampuan dalam mengenali bahaya dan pelatihan safety), respon manusia dalam bahaya (human evacuation serta mencari dan menyelamatkan) serta yang terakhir *post emergency recovery* (proteksi bahaya dan rekonstruksi bangunan) (Zhu dan Li, 2020).

Penelitian ini berupaya untuk membuat simulasi pelatihan bahaya dalam tahapan sebelum dan respon saat terjadi bahaya gempa bumi. Pelatihan dasar ini bertujuan untuk mempersiapkan seseorang dalam menghadapi simulasi untuk evakuasi darurat gempa bumi pada penghuni gedung tingkat tinggi. Pada penelitian ini gedung tingkat tinggi yang dimaksud adalah Gedung perkuliahan sebuah Universitas yang selanjutnya akan di sebut dengan Gedung X. Gedung perkuliahan ini merupakan bangunan tingkat tinggi dengan total 17 lantai yang biasa digunakan sebagai ruangan perkuliahan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan penghuni Gedung X yaitu mahasiswa dan bagian *building management* gedung, salah satu permasalahan yang sulit dihadapi oleh masyarakat saat akan menghadapi bencana alam gempa bumi pada umumnya adalah kepanikan. Misalnya saja kondisi seperti berlari keluar dengan cepat, menggunakan tangga darurat, berteriak, dan berdesak-desakan dan kumpulnya banyak manusia disatu tempat. Temuan lainnya diperoleh bahwa masih banyak orang awam yang belum mengetahui bagaimana cara berlindung pada struktur bangunan tinggi.

Pihak *building management* Gedung X sudah berupaya untuk menyediakan sejumlah fasilitas Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), seperti alat pemadam kebakaran, rambu – rambu evakuasi darurat, tangga darurat, pakaian untuk sebagai pelindung, Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K), *video safety induction* dan pedoman prosedur Kesehatan, Keselamatan, Keamanan dan Lingkungan (K3L). Namun walaupun Gedung X sudah memiliki fasilitas, panduan dan alat untuk K3, berdasarkan jawaban dari 9 mahasiswa, masih banyak siswa yang belum mengetahui terkait fasilitas K3 yang ada. Penyebabnya adalah kurangnya sosialisasi terkait simulasi langsung dan panduan K3L pada Gedung X, terutama untuk mahasiswa. Penerapan K3L Gedung X sampai saat ini mengutamakan pegawai, teknisi, *cleaning service*, satpam dan *traffic warden*.

Menurut wawancara dengan pihak *building management* Gedung X, sosialisasi terkait K3L lebih diprioritaskan pada pihak tertentu karena pihak-pihak tersebut yang lebih mengenal bagian gedung seperti apa dan alat – alat untuk mengantisipasi bencana alam maupun non bencana alam. Misalnya, jika saat bencana alam gempa bumi terjadi dan terjadi kebakaran akibat kerusakan gempa bumi, maka bagian teknisi yang akan lebih memiliki pengalaman untuk menghadapi hal tersebut. Pihak *building management* Gedung X menganggap K3L yang ada bersifat secara pengetahuan umum, sehingga mahasiswa sudah memenuhi syarat tersebut untuk memiliki pengetahuan umum terkait dengan K3L pada gedung. Namun 9 dari mahasiswa menjawab, jika mereka berada dalam Gedung X pada lantai tertinggi, 6 mahasiswa akan langsung menuju tangga darurat.

Jawaban dari responden mahasiswa tersebut tentu memiliki alasan, di mana mereka belum pernah merasakan tragedi gempa bumi yang sebenarnya. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan pada 9 mahasiswa, pelatihan simulasi langsung perlu dilakukan untuk bencana alam seperti gempa bumi. Pelatihan simulasi ini akan lebih baik jika mengetahui cara menghindari dari kerumunan manusia dan membantu melatih mengenal struktur bangunan yang kuat untuk berlindung sampai bencana berhenti. Namun, kelemahan dari simulasi langsung ini adalah membuat mahasiswa kehabisan waktu, tenaga dan takut merusak fasilitas gedung jika belum terbiasa.

Berdasarkan hasil wawancara, pihak *building management* dan mahasiswa berharap jika terdapat inovasi baru dengan skenario detail untuk pelatihan bencana alam yang dapat dirasakan secara langsung tanpa menggunakan waktu dan tenaga yang banyak, akan membantu untuk meningkatkan kebiasaan perilaku saat pasca bencana. Simulasi evakuasi bencana secara langsung memiliki kelebihan yaitu dapat dialami secara nyata tanpa adanya ilusi digital. Namun, simulasi langsung memiliki kelemahan dari sisi biaya yang lebih besar karena membutuhkan bantuan pengarah dari para ahli dan sumber daya yang besar untuk

menambah efek bencana alam. Selain itu terdapat kekurangan dari sisi pemanfaatan waktu yang tidak fleksibel karena harus dipersiapkan jauh – jauh hari untuk dilaksanakan, koordinasi simulasi yang memakan waktu lama dan serta memunculkan kekhawatiran terhadap keamanan akan simulasi langsung terhadap bencana.

Berdasarkan penelitian *Virtual Reality* (VR) terhadap pelatihan evakuasi darurat bencana, terdapat sejumlah kelebihan dengan menggunakan teknologi VR. Kelebihannya adalah suasana dan lingkungan yang dapat dirancang sama dengan keadaan nyata dengan melibatkan karakter–karakter virtual, menghindari terjadinya kecelakaan atau risiko saat pelatihan jika dibandingkan dengan simulasi langsung, penggunaan waktu yang fleksibel, menghemat tenaga, dapat mengalami berbagai skenario lingkungan bencana, dan mendapatkan respon yang baik dari pengguna VR. Namun, tetap terdapat kelemahan dengan teknologi ini, yaitu penggunaan VR yang terbatas, di mana tidak dapat dipakai secara bersamaan oleh banyak orang. Selain itu, dapat mengalami gejala ketidaknyamanan dari pemakaian VR, seperti pusing mual dan kehilangan orientasi atau di sebut juga *cybersickness* karena pemakaian VR yang tentu adanya batas waktu pemakaian.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang simulasi prosedur evakuasi darurat gempa bumi berbasis virtual reality pada Gedung X dan mengevaluasi hasil dari rancangan simulasi. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan desain interaksi. Menurut Preece, Rogers dan Sharp (2019), desain interaksi adalah bagaimana melakukan suatu perancangan untuk mendukung kebutuhan manusia dalam hal komunikasi yang interaktif. Octavia, Yogasara, Theopilus dan Theresia (2022) menyimpulkan bahwa praktik desain interaksi juga perlu mengetahui kapabilitas dan kebutuhan pengguna, serta pilihan teknologi yang digunakan. Suatu rancangan produk yang semakin meningkatkan interaktif dengan manusia dalam penggunaannya, tentu akan memberikan emosi–emosi yang positif dan tentu bermanfaat untuk kehidupan sehari–hari.

2. Tinjauan Pustaka

Menurut Walle, Brugghemans dan Comes (2016), kesadaran situasional memberikan pondasi dasar bagi seseorang untuk mengambil keputusan dalam merespon keadaan darurat bencana. Oleh karena itu, dinilai sangat penting adanya simulasi dalam mengatasi insiden yang ada agar mengurangi korban jiwa. Simulasi memberikan kontribusi kepada kesadaran situasional dengan akademik dalam bidang pengurangan risiko bencana (Komatsuzaki, Otsuyama dan Hiroi, 2022).

Virtual Reality (VR) sangat populer dalam berbagai bidang, salah satu nya adalah pelatihan darurat (Feng et al., 2020). VR sebagai alat simulasi pelatihan digital tentu sama efisiennya dengan pelatihan simulasi langsung saat diintegrasikan strategi pedagogik yang konsisten dan pelatihan yang jelas. Penggunaan VR yang dimaksud bukan untuk menggantikan metode simulasi pelatihan langsung, namun perlu dipertimbangkan untuk dikombinasikan dengan sistem pelatihan non-digital. Hal ini dikarenakan VR dapat berkontribusi dalam pengembangan pendekatan multimodal, berpusat pada peserta pelatihan dan aktif secara nyata (Philippe et al., 2020). Terdapat empat elemen khas VR sebagai alat pendidikan, yaitu: merespon secara fisik dan emosional berbagai rangsangan, melibatkan pengalaman multisensorik, kesetaraan dan kesamaan dalam merespons situasi, serta menarik secara bagaimana proses, waktu dan tempat berubah setiap melakukan sesuatu (Cooper dan Thong, 2018).

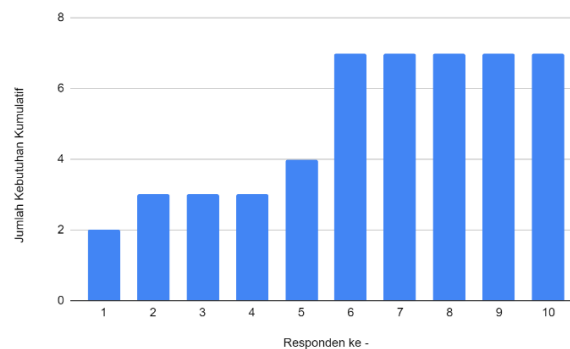
Penelitian perancangan simulasi prosedur evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X berbasis *virtual reality* menggunakan metode Desain Interaksi. Proses desain interaksi dilakukan dalam 4 tahapan, yaitu *discovering requirements, designing alternatives, prototyping dan evaluating* (Preece, Rogers dan Sharp, 2019). Tahapan pertama yaitu *Discovering requirements* dengan upaya melakukan identifikasi kebutuhan yang diperlukan oleh pengguna. Pengumpulan data

dari responden terkait dengan daftar kebutuhan dalam perancangan. Berdasarkan daftar kebutuhan tersebut, kemudian dikembangkan dan dibagi ke beberapa kelompok untuk dapat menentukan desain alternatif selanjutnya. Tahapan kedua yaitu *Designing Alternatives*, berdasarkan identifikasi kebutuhan sebelumnya, maka rancangan alternatif diperlukan untuk membuat sejumlah alternatif konsep yang dapat mewakili kebutuhan pengguna. Terdapat dua aktivitas dalam tahapan ini, yaitu desain konseptual untuk jenis dan bagaimana pengguna berinteraksi dengan rancangan yang dibuat. Sedangkan untuk desain konkret lebih memperhatikan tampilan dari rancangan produk nantinya. Setelah memilih konsep yang terpilih terbaik dengan melihat desain alternatif yang dipilih, maka akan dilakukan pembuatan rancangan yang terpilih atau disebut juga perancangan prototipe. Pembuatan rancangan dapat dibuat dalam 2 jenis wujud prototipe, yaitu *low-fidelity* dan *high-fidelity*. Sehingga, perancangan dapat dilihat kekurangan dan kelebihan yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Tahapan keempat yaitu *evaluating* merupakan tahap mengevaluasi prototipe yang sudah dibuat. Tahapan ini mengevaluasi berdasarkan perspektif pengguna.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan dilakukan dengan dua cara yaitu dengan observasi dan wawancara. Observasi dilakukan untuk mengetahui seperti apa bentuk sisi gedung dan jalur evakuasi untuk dirancang dalam simulasi evakuasi darurat gempa bumi dengan aplikasi *unity* pada *virtual reality*. Selanjutnya dilakukan wawancara kepada sepuluh orang responden yang memiliki profil seperti mahasiswa dan satpam yang sering menempati Gedung X. Wawancara bersifat *semi-structured*, wawancara dapat dihentikan apabila tidak terdapat penambahan kebutuhan. Gambar 1 merupakan hasil dari jumlah kumulatif kebutuhan yang teridentifikasi. Berdasarkan pada Gambar 1, diketahui tidak terdapat penambahan kebutuhan yang teridentifikasi untuk rancangan simulasi prosedur evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil grafik histogram bahwa setelah dari responden ke 7 tidak ada penambahan kebutuhan. Tabel 1 merupakan rekapitulasi kebutuhan yang dapat diidentifikasi.



Gambar 1. Jumlah kumulatif kebutuhan teridentifikasi

Tabel 1. Kebutuhan teridentifikasi

No	Daftar Kebutuhan Pengguna
1.	Mebutuhkan ruangan tangga darurat yang tidak monoton
2.	Mebutuhkan rambu-rambu evakuasi darurat yang jelas terlihat
3.	Mebutuhkan simulasi dengan fitur guncangan pada gedung
4.	Mebutuhkan simulasi dengan sirine mudah terdengar
5.	Mebutuhkan simulasi dengan fitur tampak atau audio kerusakan gedung
6.	Mebutuhkan bantuan peralatan keselamatan dasar dan peralatan P3K (pertolongan pertama) setiap lantai
7.	Mebutuhkan simulasi dengan fitur banyak orang-orang dalam gedung

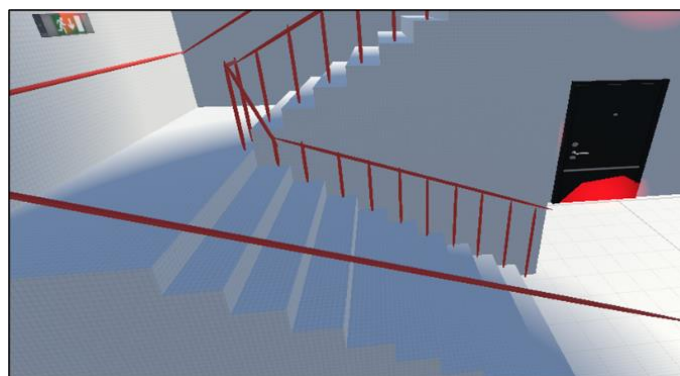
3.2 Perancangan Alternatif Konsep

Perancangan alternatif konsep memperhatikan tahapan prosedur evakuasi gempa bumi yang berlaku seperti dapat dilihat pada Gambar 2. Petunjuk utama seperti diwajibkan menggunakan tangga darurat dan berlindung saat terjadi gempa. Perancangan alternatif konsep juga berupaya memenuhi kebutuhan yang telah teridentifikasi sebelumnya dari hasil wawancara. Alternatif konsep hanya terdapat pada konsep lingkungan tangga darurat untuk melakukan evakuasi darurat pada gedung tinggi (Karena merupakan bagian dari prosedur dasar dalam evakuasi gempa). Pembuatan tangga darurat disesuaikan dengan bentuk tangga darurat yang terdapat pada Gedung X di mana tidak ada perubahan bentuk. Sedangkan konsep untuk kebutuhan lainnya dilakukan sama untuk ketiga konsep dari lingkungan tangga darurat yang telah dirancang dalam aplikasi *Unity*.

Konsep kebutuhan lainnya terdapat 6 buah, di antaranya adalah rambu-rambu evakuasi, fitur guncangan, suara sirine, benda terjatuh, peralatan keselamatan dan fitur orang-orang dalam gedung. Terdapat 3 alternatif konsep yang dirancang untuk simulasi evakuasi darurat untuk gempa bumi ini. Alternatif konsep lingkungan tangga darurat pertama dapat dilihat pada Gambar 3 merupakan gambaran dari konsep pertama dari tangga darurat.



Gambar 2. Tahapan evakuasi bencana gempa bumi yang ada di Gedung X

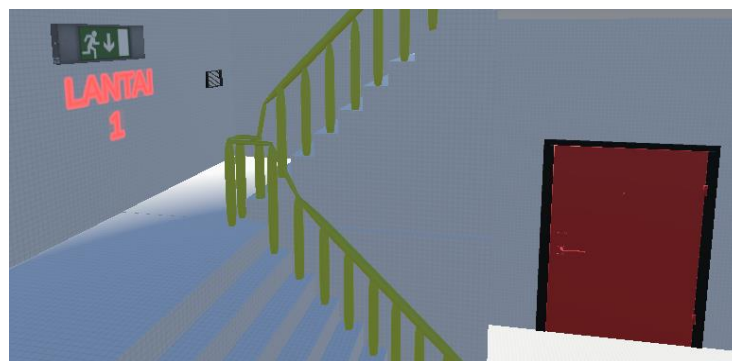


Gambar 1. Alternatif konsep pertama tangga darurat

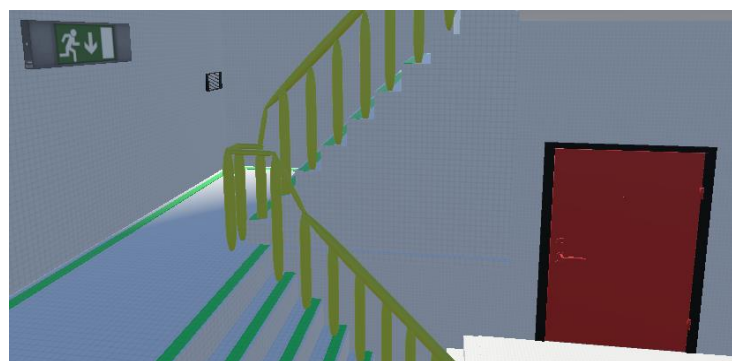
Pada Gambar 3 di atas, terdapat hasil rancangan untuk tangga darurat untuk evakuasi pada gedung tinggi. Tangga darurat yang dibuat sudah memenuhi prinsip ergonomi yang tepat dengan ukuran lebar kedalaman tapak berkisar 30 cm serta tinggi anak tangga 18 cm (Ningrum dan Haqi, 2020). Tangga darurat ini dirancang dengan memiliki pintu keluar masuk yang berwarna hitam, namun memiliki lampu penanda berwarna merah. Pegangan pada tangga darurat (*handrail*) diberikan warna merah dikedua sisi bagian tangga. Hanya terdapat satu rambu-rambu yang dimiliki, dengan menggunakan panah ke bawah yang menunjukkan untuk segera turun dari gedung. Rambu-rambu tersebut juga memiliki cahaya warna merah agar mudah ditemukan oleh pengguna gedung tinggi.

Alternatif Konsep 2 dirancang memiliki fitur-fitur yang sama dengan Konsep 1, mulai dari fitur dan rambu yang dibutuhkan diperlukan. Namun, terdapat perbedaan pada lingkungan tangga darurat, di mana lingkungan tangga darurat terdapat beberapa hal yang tidak ada pada Konsep 1. Gambar 4 menunjukkan hasil rancangan untuk konsep alternatif yang kedua. Dapat dilihat pada Gambar 4, pintu darurat dirancang dengan warna merah, seperti pada umumnya untuk mempermudah pengguna mencarinya. Desain *handrail* pada tangga darurat ini diberikan warna kuning, dengan rambu yang memiliki arah panah untuk segera turun dari gedung. Perbedaan konsep disini terletak pada adanya penanda tangga darurat tersebut berada pada lantai beberapa setiap pengguna gedung akan turun dan adanya ventilasi udara pada setiap lantai tangga darurat. Ventilasi udara tentu digunakan agar suasana tangga darurat tidak terlalu pengap jika terdapat banyak orang-orang yang melewati tangga darurat tersebut dan masih bisa bernafas lega. Petunjuk lantai tersebut itu juga digunakan untuk mengarahkan pikiran pengguna untuk tenang, di mana ketika sudah mencapai lantai dasar maka dipastikan mereka akan segera dapat keluar dari gedung.

Alternatif Konsep 3 juga dirancang memiliki fitur-fitur yang sama dengan Konsep 1. Namun, alternatif Konsep 3 memiliki persamaan dengan Konsep 2. Alternatif Konsep 3 memiliki keunikan pada rancangannya yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 2. Alternatif Konsep 2 tangga darurat



Gambar 3. Alternatif Konsep 3 tangga darurat

Gambar 5 merupakan hasil dari rancangan simulasi untuk evakuasi darurat pada gedung. Terlihat sama dengan Konsep 2, di mana persamaannya terletak dari warna merah pada pintu darurat, tangga handrail warna kuning, rambu-rambu panah kebawah dan ventilasi udara. Namun, perbedaannya terletak pada penanda setiap anak tangga, di mana penanda ini bertujuan untuk menghindari kecelakaan saat menuruni tangga dalam keadaan panik sehingga ini juga mencegah adanya kecelakaan saat menggunakan tangga darurat. Warna hijau pada tangga ini bertujuan untuk tetap terlihat walaupun lampu pada ruangan dalam keadaan mati dan tentu memberikan rasa nyaman dan bukan pertanda bahaya.

Rancangan simulasi yang telah dibuat memiliki fitur guncangan yang terasa pada pandangan pengguna VR. Fitur ini didukung juga dengan terlihatnya benda-benda yang jatuh di pandangan pengguna VR, sehingga memicu kesadaran pengguna bahwa saat ini sedang terjadi gempa bumi pada simulasi tersebut. Selain itu juga terdapat fitur bunyi sirine yang sebagai penanda pengguna VR untuk melakukan sesuatu karena keadaan sekitar sedang tidak baik-baik saja. Bunyi sirine menggunakan suara yang sama untuk ketiga konsep agar responden lebih familiar bahwa sirine itu peringatan akan bencana alam gempa bumi dalam hasil rancangan simulasi evakuasi darurat. Dalam memudahkan pengguna VR segera melakukan evakuasi tentu diperlukan fitur rambu-rambu dalam menyelamatkan diri. Gambar 6 merupakan rambu-rambu evakuasi darurat yang terdapat pada gedung pada simulasi.

Terdapat sejumlah rambu-rambu yang tersedia dalam rancangan simulasi. Bagian pertama, terdapat rambu-rambu untuk menunjukkan pintu tangga darurat dan peta setiap lantai dari gedung untuk memudahkan melakukan evakuasi. Pada bagian kedua, terdapat petunjuk evakuasi gempa bumi dan rambu-rambu yang terdapat pada lorong kelas tempat mahasiswa melakukan aktivitas akademik yang menuju tangga darurat untuk kedua sisi gedung. Bagian ketiga, terdapat rambu-rambu *assembly point*, di mana titik kumpul ini tentu berada jauh dari jangkauan tempat gedung berada dan dipastikan tidak terkena reruntuhan gedung saat gempa bumi terjadi. Selain itu terdapat gambaran peralatan keselamatan yang tersedia di setiap lantai gedung dekat pintu darurat pada Gambar 6.



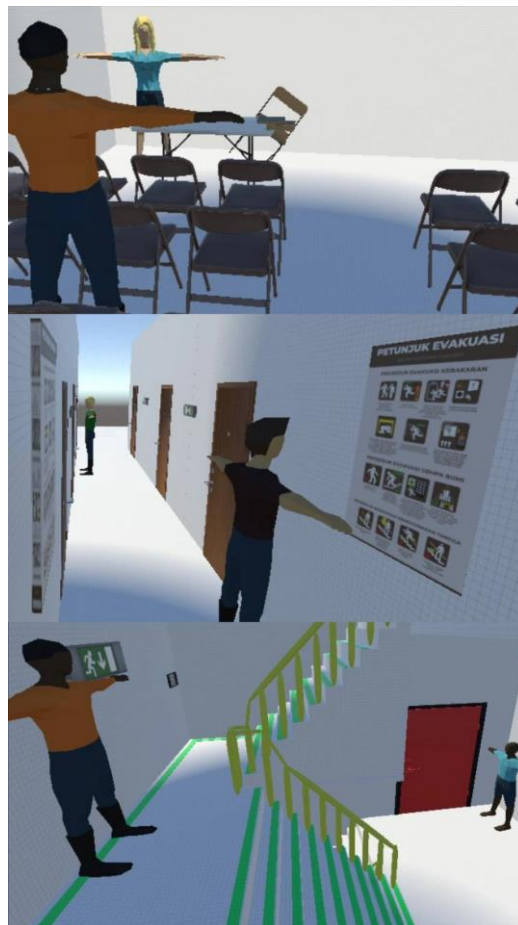
Gambar 4. Konsep rambu-rambu evakuasi darurat

Gambar 7 menunjukkan peralatan keselamatan untuk pemadaman kebakaran pada simulasi VR. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi jika terdapat kebakaran dalam gedung yang diakibatkan oleh gempa bumi. Fitur lainnya yaitu peralatan untuk pertolongan pertama jika terjadi kecelakaan oleh pengguna gedung akibat gempa bumi. Untuk merasakan simulasi gempa bumi terjadi, maka diberikan fitur gambar orang-orang atau *Non-Player Character* (NPC) dalam Gedung X pada Gambar 8.

Dapat dilihat pada Gambar 8, fitur NPC ini membuat pengguna VR dapat menyadari bahwa mereka tidak sendirian dalam gedung tersebut. Oleh karena itu, pengguna juga akan merasakan bahwa dalam gedung tinggi terdapat penghuni yang lain untuk melakukan evakuasi darurat bersama dengan mereka. NPC yang ada dapat memicu pengguna menjadi lebih tanggap dalam evakuasi darurat.



Gambar 5. Konsep peralatan keselamatan evakuasi darurat



Gambar 6. Konsep fitur *non-player character*

3.2.1 Pemilihan Konsep

Terdapat tiga alternatif konsep untuk lingkungan VR tangga darurat dan beberapa fitur-fitur yang ditambahkan. Tahapan selanjutnya yaitu dilakukan pemilihan konsep. Pemilihan konsep dilakukan dengan menggunakan *concept scoring*. Tahapan ini melibatkan sejumlah 10 responden, di mana sebelumnya responden telah diberikan penjelasan terlebih dahulu dari hasil rancangan konsep sebelum diberikan penilaian. Penilaian ini diberikan pada spesifikasi dari konsep yang ada sesuai dengan hasil identifikasi kebutuhan. Responden memberikan nilai menggunakan skala *likert* 1 sampai 5, di mana 1 untuk sangat tidak setuju dan 5 untuk sangat setuju. Hasil dari ketiga konsep ini nantinya akan dirata-ratakan untuk setiap spesifikasi lalu dikalikan dengan bobot yang telah ditentukan. Tabel 2 merupakan hasil dari perhitungan *concept scoring* untuk setiap alternatif konsep.

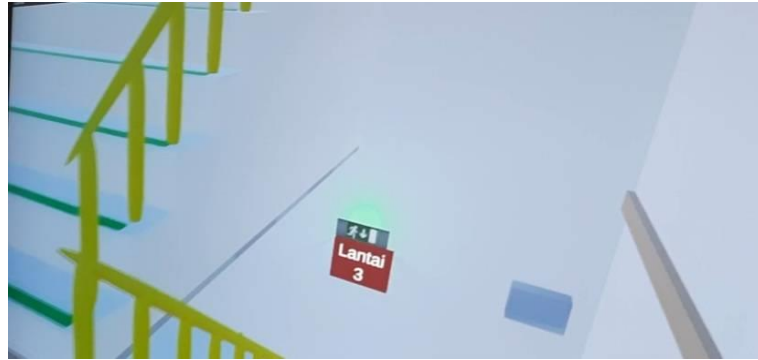
Berdasarkan hasil Tabel 2, jika dibandingkan dari hasil nilai ketiga konsep, maka Konsep 2 memiliki nilai yang paling unggul (skor terbobot=4,15) dibandingkan dari Konsep 1 dan Konsep 3. Sehingga, alternatif Konsep 2 terpilih menjadi konsep yang digunakan untuk tahap selanjutnya, yaitu pembuatan rancangan akhir untuk simulasi evakuasi darurat gempa bumi pada Gedung X.

Tabel 2. Perhitungan *concept scoring* alternatif konsep

No	Spesifikasi	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Rata-rata Rating	Weighted Score	Rata-rata Rating	Weighted Score	Rata-rata Rating	Weighted Score
1	Mebutuhkan ruangan tangga darurat yang tidak monoton (atau cukup bervariasi)	14,5%	3,8	0,55	4,3	0,62	3,7	0,54
2	Mebutuhkan rambu-rambu evakuasi darurat yang jelas terlihat	14,5%	3,9	0,57	3,9	0,57	3,9	0,57
3	Mebutuhkan simulasi dengan fitur guncangan pada gedung	14,5%	3,9	0,57	3,9	0,57	3,9	0,57
4	Mebutuhkan simulasi dengan sirine mudah terlihat secara visual	14,5%	4,7	0,68	4,7	0,68	4,7	0,68
5	Mebutuhkan simulasi dengan fitur tampak kerusakan gedung atau benda jatuh	13%	3,8	0,49	3,8	0,49	3,8	0,49
6	Mebutuhkan bantuan peralatan keselamatan dasar dan medis setiap lantai	14,5%	4,3	0,62	4,3	0,62	4,3	0,62
7	Mebutuhkan simulasi dengan fitur banyak orang-orang dalam gedung	14,5%	4,1	0,59	4,1	0,59	4,1	0,59
Total		100,0%	28,5	4,08	29	4,15	28,4	4,06

3.2.2 Perbaikan Konsep Terpilih

Alternatif konsep yang terpilih yaitu konsep kedua. Konsep yang ada kemudian dibuat menjadi sebuah prototipe. Namun, terdapat saran perbaikan untuk kekurangan konsep kedua dapat ditutupi oleh konsep lainnya dan beberapa tambahan. Gambar 9 merupakan hasil gambaran perbaikan konsep terpilih.



Gambar 7. Perbaikan konsep terpilih

Gambar 9 merupakan hasil perbaikan dengan menggabungkan konsep satu dan ketiga khususnya untuk bagian penanda anak tangga. Penanda anak tangga ini diberikan pada konsep kedua. Fitur penanda lantai pada tangga darurat perlu untuk diperbaiki dan dimodifikasi. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan memberikan penanda lantai dengan *background* merah dan angka pada tulisan lantai yang berwarna putih. Fitur pada bagian *exit* dibuat dengan menggunakan konsep pertama yaitu dengan adanya lampu berwarna hijau agar terlihat lebih mencolok.

3.3 Pembuatan Prototipe

Tahap selanjutnya adalah melakukan pembuatan prototipe secara digital dengan aplikasi *Unity*. Pembuatan prototipe digital ini merancang bagian jalur evakuasi Gedung X dari lantai 4 sampai lantai 1. Hal ini diasumsikan mahasiswa sedang didalam kelas sehingga tidak menggunakan *basement* dan lantai 4 keatas tidak dirancang karena diasumsikan lantai 4 sudah mewakili bentuk ruangan kelas pada umumnya yang sama dengan kelas pada lantai di atasnya. Prototipe akan dibuat dalam bentuk *high-fidelity prototype*, untuk dapat langsung dicoba menggunakan perangkat VR.

3.3.1 Ruangannya Kelas

Prototipe ruangan kelas dibuat dengan hampir menyerupai keadaan kelas pada Gedung X. Di mana terdapat beberapa kursi, meja didalamnya, gambaran jendela dibagian sisi kiri ruangan kelas dan penambahan karakter-karakter mahasiswa untuk suasana kelas lebih hidup bagi pengguna VR. Pada Gambar 10 merupakan hasil penggambaran simulasi untuk ruangan kelas. Gambar 10 merupakan tampilan dari ruangan kelas diluar pandangan ketika perangkat VR belum digunakan. Selain dari bentuk ruangan kelas yang digunakan, dirancang juga dalam simulasi terdapat lorong kelas. Gambar 11 merupakan hasil penggambaran simulasi untuk lorong kelas.



Gambar 8. Tampilan ruangan kelas



Gambar 9. Tampilan lorong kelas

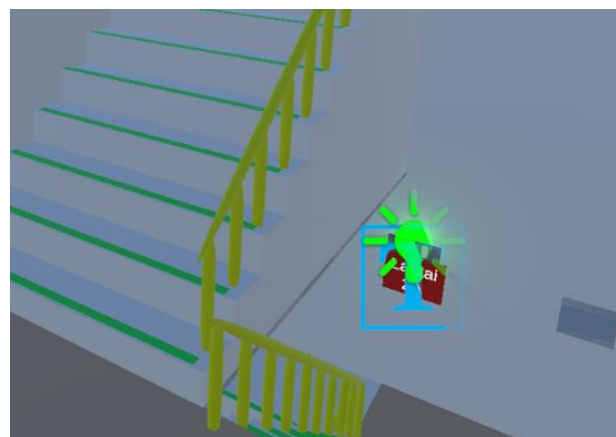
Dapat dilihat pada Gambar 11, tampilan lorong kelas terdapat beberapa karakter–karakter seperti mahasiswa, beberapa rambu untuk jalur evakuasi, serta poster evakuasi darurat yang berada di tengah–tengah lorong. Lalu di ujung lorong pintu darurat baik ujung kanan dan ujung kiri, serta beberapa atribut keselamatan yang berada didekat pintu tersebut. Pada lorong kelas ini juga terdapat 6 ruangan kelas untuk 3 sebelah kanan dan 3 sebelah kiri.

3.3.2 Jalur Evakuasi Gedung

Prototipe jalur evakuasi gedung dirancang dengan melibatkan tangga darurat dan lantai dasar Gedung sampai titik *assembly point*. Prototipe jalur evakuasi gedung dirancang sesuai dengan konsep terpilih yang telah dilakukan sebelumnya. Gambaran tangga darurat ini terdapat beberapa fitur gabungan antara konsep kedua dengan konsep ketiga. Gambar 12 merupakan hasil gambaran bentuk tangga darurat.

Gambar 12 merupakan hasil prototipe tangga darurat yang digunakan untuk evaluasi uji coba penggunaan VR. Prototipe tangga darurat ini dirancang sedemikian rupa dengan sebaiknya, hal ini dikarenakan suasana tangga darurat yang baik dan fitur – fitur yang diharapkan terdapat pada tangga darurat dapat memudahkan cara evakuasi darurat dengan lebih teratur sebagai latihan pada simulasi. Selain itu akhir dari melakukan evakuasi darurat adalah sampai pada *assembly point* (titik kumpul).

Gambar 13 merupakan gambaran jalur sampai pada titik kumpul yang berada di luar gedung. Gambar 13 menjelaskan posisi titik kumpul di luar gedung, dekat dengan pintu darurat. Ketika keluar dari pintu darurat, pengguna VR diharapkan langsung menuju keluar gedung atau area terbuka terdekat, sampai menuju rambu untuk titik kumpul. Rambu titik kumpul disini menunjukkan bahwa area tersebut aman dan diperkirakan terhindar dari reruntuhan gedung.



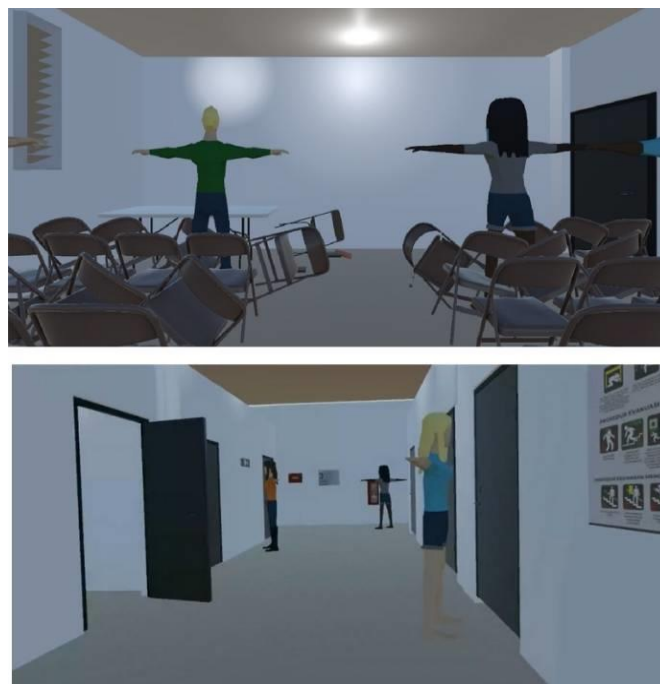
Gambar 10. Tampilan tangga darurat



Gambar 11. Tampilan titik kumpul

3.4 Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui apakah rancangan simulasi evakuasi darurat gempa bumi Gedung X sudah mampu menjawab kebutuhan pengguna dan memeriksa kelayakan VR cukup *usable* untuk dipakai. Evaluasi ini menggunakan *usability testing*, di mana terdapat 3 aspek yang diuji pada tahap ini yaitu efektivitas, efisiensi dan *usability* dengan menggunakan *System Usability Scale (SUS)*. Tahap pengujian dimulai dengan pembuatan skenario untuk menentukan tugas-tugas yang dilakukan dalam skenario tersebut. Skenario 1 adalah pengguna VR akan berada di ruangan kelas, lalu mendengar suara sirine dan dentuman gempa bumi terjadi. Tindakan pertama dilakukan pengguna VR adalah berdiri di dinding ruangan kelas beberapa saat, sampai dirasa tenang. Pengguna VR berjalan keluar kelas dengan membuka pintu kelas sampai ia berada di sekitar lorong kelas. Gambar 14 adalah bentuk dari Skenario 1.



Gambar 12. Tampilan Skenario 1

Skenario 2 adalah pengguna VR melihat sekitar lorong kelas untuk menemukan petunjuk evakuasi darurat. Petunjuk evakuasi darurat telah dibaca dan pengguna VR berjalan mendekati pintu darurat dan menyadari bahwa terdapat *first aid* dan peralatan keselamatan dekat dengan pintu darurat. Gambar 15 adalah bentuk dari Skenario 2.

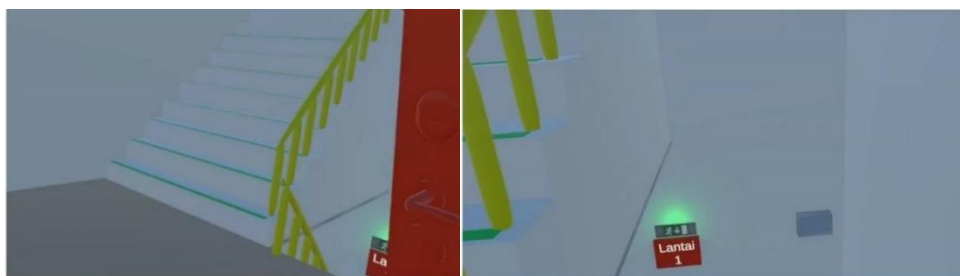
Skenario 3 adalah pengguna VR melangkah masuk ke pintu darurat untuk melakukan evakuasi darurat dengan tenang. Tetap waspada dan teliti saat menuruni tangga darurat dengan berpegang pada *handrail* tangga dan penanda anak tangga untuk tidak terjatuh sampai lantai 1. Selain itu terdapat informasi angka setiap lantai, untuk mengetahui keberadaan pengguna VR saat menuruni tangga. Gambar 16 merupakan tampilan dari Skenario 3 pada VR.

Skenario 4 merupakan tahapan di mana pengguna VR sudah berada dilantai dasar yaitu lantai 1 dan bersiap untuk keluar dari Gedung X. Selanjutnya pengguna akan keluar dari ruangan tangga darurat, dan melihat rambu untuk menuju gerbang keluar gedung. Setelah keluar dari gedung, pengguna VR menuju *assembly point* untuk area aman dan jauh dari gedung. Pada Gambar 17 adalah bentuk dari Skenario 4.

Setelah dari pembuatan skenario ini, tentu terdapat tugas-tugas didalamnya yang perlu dilakukan oleh pengguna VR. Profil responden yang akan melakukannya adalah mahasiswa kampus yang melakukan kegiatan di Gedung X dan menjadi responden sebelumnya dalam identifikasi kebutuhan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat VR yaitu *Oculus Rift S* dan PC dari ruangan Laboratorium Gedung X. Gambar 18 merupakan tampilan dari beberapa dokumentasi dari kegiatan *usability testing* yang telah dilakukan.



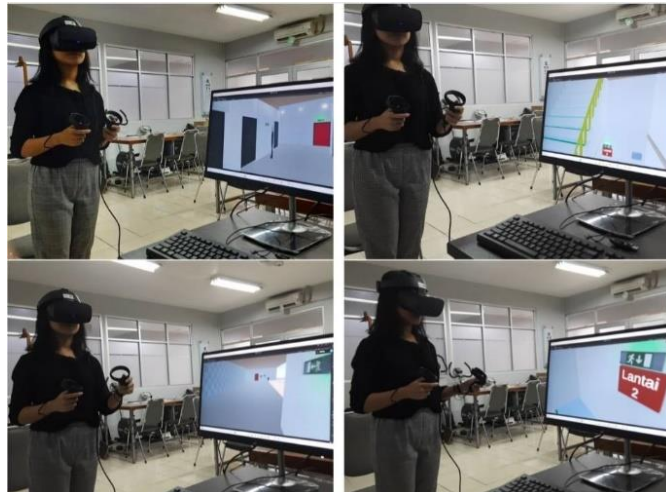
Gambar 13. Tampilan Skenario 2



Gambar 14. Tampilan Skenario 3



Gambar 15. Tampilan Skenario 4



Gambar 16. *Usability testing* simulasi *virtual reality*

Gambar 18 merupakan hasil dari kegiatan proses *usability testing* terhadap rancangan simulasi evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X. Uji coba ini akan diukur 3 aspek untuk evaluasi rancangan simulasi. Aspek–aspek tersebut adalah efisiensi, efektivitas dan *System Usability Scale*. Kriteria keberhasilan mengerjakan tugas pada efektivitas dan efisiensi yang baik berada pada tingkat 70% (Rubin dan Chisnell, 2008; Sauro dan Lewis, 2012).

Aspek pertama pada tahap ini adalah efektivitas dari hasil rancangan. Efektivitas ini melihat apakah responden yang mencoba dapat melakukan seluruh tugas yang diberikan sebelumnya dengan baik atau tidak. Berikut ini merupakan Rincian tugas yang diberikan pada setiap responden sebagai berikut: 1. Pengguna mendengarkan bunyi sirine dan melangkah keluar ruangan kelas, 2. pengguna membaca Petunjuk evakuasi darurat, 3. Pengguna menemukan rambu-rambu untuk evakuasi ke tangga darurat, 4. Pengguna menemukan sejumlah alat K3, 5. Mencari dan menemukan pintu tangga darurat, 6. Pengguna menuruni anak tangga di pintu darurat hingga ke lantai, 7. Pengguna melangkah keluar pintu darurat dan melangkah keluar Gedung X untuk menuju titik kumpul.

Tabel 3 merupakan hasil dari aspek efektivitas dari setiap responden. Pada Tabel 3 dihasilkan bahwa rata–rata efektivitas adalah 90% dari 10 responden yang melakukan uji efektivitas. Selain itu, tugas yang efektivitas nya terdapat kesalahan adalah pada tugas 6 dan 8. Kesalahan responden pada tugas 6 adalah melangkah naik tangga darurat ke lantai atas, di mana seharusnya responden turun ke lantai di bawahnya. Selain itu, responden turun lantai yang bukan lantai dasar (lantai 1), sehingga responden melangkah keluar dilantai yang tidak seharusnya. Sedangkan untuk tugas 8, responden masih berkeliling dalam gedung untuk menemukan *assembly point*, di mana seharusnya langsung melangkah keluar gedung dengan adanya pantulan cahaya pada rancangan dan melihat tiang *assembly point* di luar gedung.

Aspek kedua yang akan dilakukan adalah efisiensi prototipe, di mana aspek ini digunakan untuk mengukur waktu dari responden dalam melakukan tugas tanpa kesalahan. Sebelum mengukur efisiensi, perlu untuk dilakukan perhitungan waktu penyelesaian maksimum (WPM) dari setiap tugas terlebih dahulu. Hal pertama yang dilakukan yaitu menentukan penyesuaian untuk WPM dengan menggunakan penyesuaian Shumard, dengan nilai 80 dalam kategori *excellent* (Sutalaksana, Anggawisastra dan Tjakraatmadja, 2006). Hal ini dikarenakan dalam melaksanakan tugas–tugas saat simulasi berlangsung dengan VR, responden diharapkan melakukannya dengan cepat dan paham terhadap langkah untuk melakukan evakuasi darurat saat gempa bumi di gedung tinggi. Pada Tabel 4 adalah hasil rekapitulasi waktu penyelesaian maksimum berdasarkan uji coba peneliti terlebih dahulu.

Setelah mendapatkan WPM pada Tabel 4, maka akan dilakukan evaluasi untuk aspek efisiensi. Pengukuran waktu setiap tugas menggunakan *stopwatch*. Waktu dari responden setelah mengerjakan tugas akan dibandingkan dengan WPM untuk dinyatakan berhasil atau tidak. Pada Tabel 5 merupakan rekapitulasi hasil dari evaluasi aspek efisiensi.

Pada Tabel 5 dihasilkan bahwa rata-rata efisiensi untuk evaluasi hasil rancangan simulasi adalah 80%. Di mana terdapat beberapa tugas yang memiliki tingkat efisiensinya rendah, di antaranya adalah tugas 1,4,6, dan 8. Evaluasi responden pada tugas 1 dan 4 membutuhkan waktu yang lama, namun dapat berhasil tanpa adanya kesalahan. Sedangkan untuk tugas 6 dan 8 memiliki penyebab yang sama dengan aspek efektivitas. Aspek ketiga yang akan dilakukan adalah usability dengan menggunakan *System Usability Scale (SUS)*. Penilaian ini menggunakan skala *likert* dengan nilai 1 (sangat tidak setuju) dan nilai 5 (sangat setuju).

Tabel 6 adalah rekapitulasi penilaian responden yang telah dilakukan. Tabel 6 menunjukkan hasil untuk rata-rata skor SUS yang adalah 77,75. Nilai skor tersebut termasuk dalam grade B+ atau rentang yang dapat diterima penggunaannya untuk hasil evaluasi aspek *usability*. Hal ini menyatakan bahwa rancangan simulasi evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X dapat digunakan.

Tabel 3. Rekapitulasi uji efektivitas

Responden	Tugas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	o	o	o	o	o	o	o	o
2	o	o	o	o	o	o	o	o
3	o	o	o	o	o	x	o	o
4	o	o	o	o	o	o	o	x
5	o	o	o	o	o	o	o	o
6	o	o	o	o	o	o	o	x
7	o	x	o	o	o	x	o	x
8	o	o	o	o	o	o	o	x
9	o	o	o	x	o	o	o	o
10	o	o	o	o	o	o	o	o
Jumlah responden yang berhasil mengerjakan tugas tanpa kesalahan	10	9	10	9	10	8	10	6
Efektivitas	100%	90%	100%	90%	100%	80%	100%	60%
Rata-rata efektivitas	90,00%							
Keterangan	o: Responden melakukan tugas tanpa kesalahan x: Responden melakukan tugas dengan adanya kesalahan							

Tabel 4. Penyesuaian waktu penyelesaian maksimum

Tugas	Waktu (detik)	Waktu Normal (detik)
1	11,87	15,79
2	3,12	4,15
3	11,32	15,06
4	8,56	11,38
5	5,67	7,54
6	63,1	83,92
7	4,79	6,37
8	37,83	50,31

Tabel 5. Rekapitulasi uji efisiensi

Responden	Tugas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	14,45	3,21	13,21	8,78	4,32	73,1	3,31	40,03
2	16,15	3,45	12,87	8,01	5,34	82,75	4,66	38,78
3	14,21	2,89	12,6	7,45	5,03	64,02	4,78	37,67
4	15,89	3,67	12,91	11,98	5,78	63,5	4,9	61,12
5	11,6	3,45	14,54	10,02	5,05	63,1	4,56	37,03
6	14,32	4,03	13,56	8,67	5,89	85,98	4,34	60,02
7	16,1	4,1	14,98	11,75	6,07	84,43	9,45	58,74
8	14,02	3,9	14,01	7,56	5,98	85,1	10,02	57,01
9	11,54	4,07	12,77	12,22	4,03	86,54	5,21	48,32
10	11,89	2,76	12,93	8,1	6,32	78,9	6,01	41,54
WPM	15,79	4,15	15,06	11,38	7,54	83,92	6,37	50,31
Jumlah responden yang berhasil mengerjakan tugas tanpa kesalahan	7	10	10	7	10	6	8	6
Efisiensi	70%	100%	100%	70%	100%	60%	80%	60%
Rata-rata efisiensi	80.00%							

Tabel 6. Rekapitulasi skor SUS

Rekapitulasi	Responden									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total Skor	31	34	28	35	35	28	30	27	29	34
Skor SUS	77,5	85	70	87,5	87,5	70	75	67,5	72,5	85
Rata-rata Skor SUS	77,75									

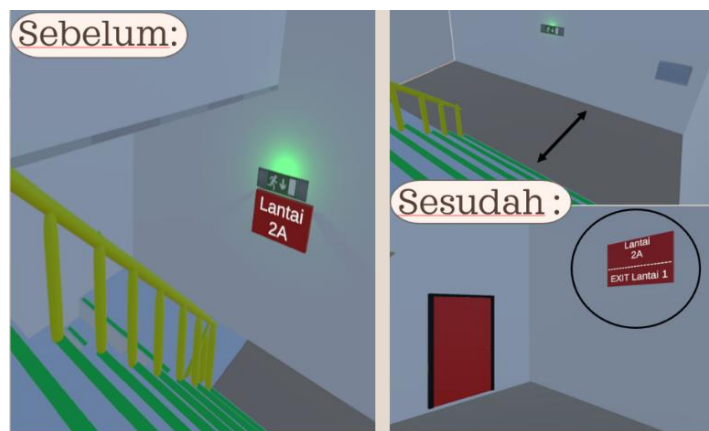
3.5 Perbaikan Prototipe

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa perbaikan untuk prototipe digital dalam rancangan simulasi. Perbaikan ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas, efisiensi dan *usability* simulasi evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X berbasis VR. Tabel 7 adalah penjabaran beberapa hal yang mengalami perbaikan pada prototipe. Berdasarkan Tabel 7, maka dilakukan perbaikan untuk tugas 6 terlebih dahulu. Masalah pertama dilakukan perbaikan dengan menambah luas antar tangga darurat. Masalah kedua dilakukan perbaikan dengan memindahkan posisi tulisan informasi lantai dekat pintu darurat dan tulisan "Exit Lantai 1" di bawahnya. Pada Gambar 19 adalah hasil perbaikan prototipe untuk tugas 6.

Gambar 19 merupakan hasil perbaikan ada di sebelah kanan dan sebelah kiri kondisi sebelum melakukan perbaikan. Hal yang sama juga dilakukan pada tugas 8, perbaikan dilakukan dengan menambah rambu *assembly point* dalam gedung dengan panah arah keluar diatas nya. Ketinggian tiang rambu pada luar gedung diturunkan agar mudah terlihat dan menaruh cahaya hijau di sekitar rambu. Gambar 20 merupakan hasil perbaikan prototipe tugas 8. Gambar 20 menjelaskan hasil perbaikan disebelah kanan sebelah kiri kondisi sebelum melakukan perbaikan. Perbaikan ini tentu bertujuan untuk responden tidak kesulitan untuk menemukan rambu *assembly point* saat akan melakukan simulasi dengan cepat. Perbaikan pada prototipe terus dilakukan sampai menjadi rancangan yang baik.

Tabel 7. Rekapitulasi perbaikan prototipe

Tugas	Deskripsi Tugas	Masalah	Perbaikan
6	Menuruni tangga darurat sampai akhir Lantai 1	Responden merasa pusing saat akan menuruni tangga, sehingga terhenti sejenak lalu melanjutkan tugas	Menambah luas antar tangga darurat untuk pengguna dapat berjalan sejenak dan tidak merasa langsung turun ke lantai berikutnya.
		Responden masih kesulitan mencari informasi untuk keberadaan lantai dan menyarankan untuk menulis keberadaan lantai untuk keluar gedung	Memindahkan tulisan informasi lantai dekat pintu darurat dan tulisan "Exit Lantai 1" di bawahnya
8	Melangkah keluar dari gedung	Responden masih kesulitan menemukan rambu <i>assembly point</i> untuk keluar dari gedung	Menambah rambu <i>assembly point</i> dalam gedung dengan panah arah keluar diatasnya dan menurunkan ketinggian tiang rambu di luar gedung agar mudah terlihat. Selain itu menaruh cahaya hijau di sekitar rambu.



Gambar 17. Perbaikan lantai darurat



Gambar 18. Perbaikan rambu *assembly point*

4. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan dari hasil penelitian sebagai berikut: yang pertama diperoleh hasil rancangan simulasi evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X memperhatikan kejelasan visual rambu – rambu evakuasi dan mudah terlihat, fitur seperti benda jatuh, fitur suara sirine, fitur dentuman gempa bumi dan getaran, memiliki banyak karakter–karakter penghuni gedung, memiliki peralatan keselamatan disetiap lantai serta memiliki ruangan tangga darurat yang memiliki informasi dan tidak monoton. Berikut merupakan link untuk melihat hasil rancangan guncangan, sirine dan audio kerusakan: <https://youtu.be/xfoU6CxBOkw>. Rancangan simulasi evakuasi bencana dari gempa bumi sudah terbukti mampu membantu proses pelatihan untuk

cepat bertindak dan tanggap dalam melakukan evakuasi. Dengan adanya langkah-langkah yang tepat dari pengguna gedung, tentunya akan mempercepat proses evakuasi. Pelatihan simulasi ini bertujuan untuk membuat pengguna bisa cukup responsive dan mampu mengingat setiap keadaan sekitar serta dapat fokus melakukan evakuasi sesuai dengan pedoman yang baik. Berdasarkan hasil evaluasi pada 3 aspek untuk *usability testing*, diperoleh masing – masing nilainya. Aspek efektivitas memiliki nilai sebesar 90%, aspek efisiensi memiliki nilai sebesar 80% dan aspek *System Usability Scale* (SUS) memiliki nilai sebesar 77,75 yang berada dalam rentang grade B+. Hasil dari ketiga aspek dapat dikatakan rancangan simulasi evakuasi darurat gempa bumi di Gedung X dapat digunakan dengan baik.

Daftar Pustaka

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2012) *Pedoman Sistem Peringatan Dini Berbasis Masyarakat*. Available at: https://bpbdbantenprov.go.id/upload/deni/foto/Pedoman_EWS_Masyarakat.pdf (Accessed: 20 February 2023).

Cooper, G, and Thong, L (2018) *Implementing virtual reality in the classroom: envisaging possibilities in STEM Education*. Leiden: Koninklijke Brill NV.

Feng, Z. *et al.* (2020) ‘An immersive virtual reality serious game to enhance earthquake behavioral responses and post-earthquake evacuation preparedness in buildings’, *Advanced Engineering Informatics*, 45, p. 101118. Available at: <https://10.1016/j.aei.2020.101118> (Accessed: 20 February 2023).

Komatsuzaki, N., Otsuyama, K. and Hiroi, U. (2022) ‘How the choice of temporary housing impacts on widespread displacement after large-scale flooding? A disaster recovery simulation in Tokyo metropolitan area’, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 81, pp. 1-18 Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103243> (Accessed: 20 February 2023).

Octavia, J. R., Yogasara, T., Theopilus, Y., and Theresia. C. (2022) *Desain Interaksi: Fundamental dan Proses*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Philippe, S. *et al.* (2020) ‘Multimodal teaching, learning and training in virtual reality: a review and case study’, *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(5), pp. 421–442. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.07.008> (Accessed: 20 February 2023).

Preece, J., Rogers, F., and Sharp, H (2019). *Interaction design: beyond human computer interaction*, 5th edn. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.

Pribadi, K.S. and Yuliawati, A.K. (2009) ‘Pendidikan siaga bencana gempa bumi sebagai upaya meningkatkan keselamatan siswa (studi kasus pada SDN Cirateun dan SDN Padasuka 2 Kabupaten Bandung)’, 9. Available at: <http://jurnal.upi.edu/abmas/view/418/pendidikan-siaga-bencana-gempa-bumi-sebagai-upaya-meningkatkan-keselamatan-siswa--studi-kasus-pada-sdn-cirateun-dan-sdn-padasuka-2-kabupaten-bandung-.html> (Accessed: 20 February 2023).

Rubin, J. and Chisnell, D. (2008) *Handbook of usability testing 2nd edn*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Sabtaji, A. (2020) ‘Statistik kejadian gempa bumi tektonik tiap provinsi di wilayah Indonesia selama 11 tahun pengamatan (2009 – 2019)’, *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 1(7), pp. 31-46. Available at: https://www.researchgate.net/publication/342783355_Statistik_Kejadian_Gempa_Bumi_Tek

tonik_Tiap_Provinsi_Di_Wilayah_Indonesia_Selama_11_Tahun_Pengamatan_2009-2019/citations (Accessed: 23 Maret 2023).

Sauro, J. and Lewis, J. R. (2012). *Quantifying the user experience practical statistics for user research*. Wyman Street, Waltham, MA, USA: Elsevier Inc.

Sutalaksana, I.Z., Anggawisastra, R., and Tjakraatmadja, J.H. (2006) *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Walle, B. V., Bruggemans, B., and Comes, T. (2016) 'Improving situation awareness in crisis response teams: an experimental analysis of enriched information and centralized coordination', *International Journal of Human-Computer Studies*. 95, pp. 66-79. Available at: <https://10.1016/j.ijhcs.2016.05.00>.

World Risk Report (2022) *Focus: Digitalization*. Available at: <https://reliefweb.int/report/world/worldriskreport-2022-focus-digitalization> (Accessed: 14 March 2023).

Zhu, Y and Li, N. (2020) 'Virtual and augmented reality technologies for emergency management in the built environments: a state-of-the-art review', *Journal of Safety Science and Resilience*. 2(1), pp. 1-10.