

Project One Virtual Reality Overseer: Gamifikasi Pengendalian Kerumunan dalam Virtual Reality untuk Program CuriousU Summer School

Prabu Dzaky Yoga Pradana¹, Supeno Mardi Susiki Nugroho¹

¹Dept. Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Email: prabu14@mhs.te.its.ac.id, mardi@its.ac.id,

=

Abstrak

Program CuriousU Summer School telah menarik lebih dari 300 peserta mahasiswa dari seluruh dunia dan jumlahnya terus meningkat. Meningkatnya jumlah peserta CuriousU menjadi perhatian bagi panitia karena jumlah peserta akan berbanding lurus dengan jumlah permasalahan yang akan terjadi selama acara berlangsung. Kekhawatiran utama panitia meliputi peserta yang mengalami kesulitan dalam menemukan lokasi kelas di area kampus serta kepadatan area kantin saat waktu makan malam. Hal ini membuat panitia khawatir terhadap keselamatan para peserta, khususnya mereka yang bukan warga negara Belanda, apabila terjadi keadaan darurat. Proyek Satu bertujuan untuk mengembangkan sebuah aplikasi Virtual Reality yang dapat memantau dan mengarahkan kerumunan, yang dalam konteks penelitian ini adalah para peserta Program CuriousU Summer School.

Keyword: Pengendalian Kerumunan, Virtual Reality, Pelacakan Wi-Fi

Keyword: Crowd Control, Virtual Reality, Wi-fi Tracking

Diterima Redaksi: 05-02-2024 Selesai Revisi: 15-02-2024 Diterbitkan Online: 15-03-2024
DOI: <https://doi.org/10.59378/jcenim.v2i1.48>

I. PENDAHULUAN

CuriousU menyelenggarakan sebuah program *summer school* berdurasi sembilan hari dengan konsep festival yang ditujukan bagi mahasiswa dari berbagai negara di dunia selama periode liburan musim panas. Program ini mencakup beragam aktivitas, antara lain kegiatan akademik, pertunjukan musik, olahraga, teater, serta sesi dengan pembicara inspiratif. Kelompok sasaran dari program *summer school* ini adalah mahasiswa internasional. Pada tahun 2017, program tersebut diikuti oleh sebanyak 300 mahasiswa yang berasal dari 50 negara berbeda. Seluruh rangkaian kegiatan diselenggarakan di area kampus University of Twente dengan memanfaatkan berbagai fasilitas permanen, seperti gedung dan lapangan olahraga, serta fasilitas temporer, seperti tenda festival dan area perkemahan. Pola penggunaan lokasi oleh mahasiswa ditentukan oleh program umum dan program individu yang telah ditetapkan dalam Summer School.

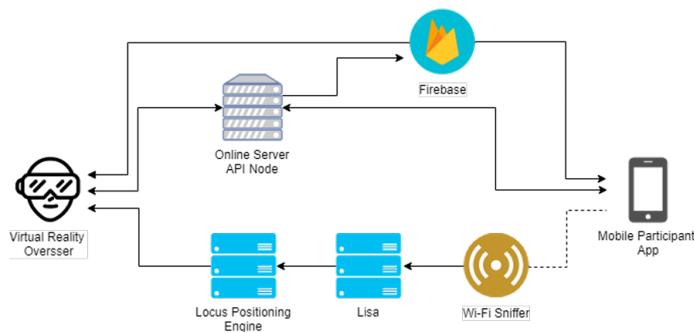
Pada pelaksanaan edisi sebelumnya, pihak penyelenggara mengidentifikasi bahwa mahasiswa tidak selalu mampu menemukan lokasi tujuan dengan mudah akibat keterbatasan pemahaman terhadap lingkungan kampus. Kondisi tersebut juga menyebabkan terjadinya akumulasi mahasiswa pada lokasi-lokasi tertentu, yang berpotensi menimbulkan permasalahan keselamatan yang signifikan. Oleh karena itu, penyelenggara berupaya untuk mengarahkan pergerakan mahasiswa agar seluruh fasilitas yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal serta aliran pergerakan massa dapat berlangsung secara tertib dan lancar, tanpa hanya mengandalkan instruksi langsung. Beberapa lokasi yang diidentifikasi sebagai titik kritis meliputi ruang-ruang terbatas, seperti lapangan voli yang terletak di area terpencil, serta area makan malam yang mengalami kepadatan tinggi akibat berkumpulnya kelompok besar pada waktu yang bersamaan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan dua buah aplikasi. Aplikasi pertama adalah aplikasi berbasis Virtual Reality yang disebut Virtual Reality Overseer (VRO), yang dirancang untuk

memantau lokasi peserta dalam lingkungan virtual serta memberikan arahan dan instruksi kepada peserta. Aplikasi kedua adalah aplikasi mobile berbasis Android dan iOS yang disebut Mobile Participant App (MPA), yang berfungsi untuk menerima arahan dan instruksi dari Overseer, menyediakan mekanisme permintaan bantuan kepada supervisor VRO apabila peserta berada dalam kondisi darurat, serta berperan sebagai perangkat pelacakan lokasi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya di bidang *Security Science* [1], diketahui bahwa waktu reaksi dan evakuasi massa ketika diarahkan dari pusat kendali menggunakan pengeras suara lebih singkat dibandingkan dengan metode pengarahan yang dilakukan oleh petugas secara langsung di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah aplikasi Virtual Reality yang memungkinkan pengguna untuk mengarahkan tidak hanya kelompok besar, tetapi juga peserta secara individual menuju lokasi-lokasi tertentu selama pelaksanaan CuriousU Summer School di kampus University of Twente. Mekanisme komunikasi utama antara overseer dan peserta dilakukan melalui pengiriman notifikasi *push* ke aplikasi mobile yang wajib diinstal oleh seluruh peserta.

II. DESAIN SISTEM TINGKAT ATAS



Gambar 1: Desain sistem tingkat atas

Dalam rangka melakukan pengendalian kerumunan, VRO memerlukan informasi posisi peserta yang diperoleh melalui pelacakan perangkat mobile yang digunakan di area kampus. Proses pelacakan ini dilakukan dengan memanfaatkan sensor WiFi yang disediakan oleh Bluemark. Sensor tersebut mendeteksi setiap perangkat mobile yang berada dalam jangkauan dan memiliki koneksi WiFi yang aktif. Data hasil deteksi kemudian dikirimkan melalui LISA dan diproses lebih lanjut oleh Locus, yaitu sebuah perusahaan pihak ketiga yang menyediakan solusi *WiFi Positioning System* (WPS). Rincian implementasi teknis yang diterapkan oleh Bluemark, LISA, dan Locus tidak diketahui secara detail oleh Project One. Proses pemrosesan tersebut menghasilkan data posisi yang direpresentasikan menggunakan sistem koordinat Rijksdriehoekscordinaten (RD). Selanjutnya, data posisi yang telah diproses dikirimkan secara *streaming* ke VRO dengan menggunakan protokol MQTT [2].

Untuk memungkinkan komunikasi dengan satu, beberapa, atau seluruh peserta, sistem memerlukan mekanisme pengiriman notifikasi *push* ke perangkat mobile peserta. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pemanfaatan Firebase Cloud Messaging (FCM), yang memungkinkan pengiriman notifikasi *push* ke berbagai platform sistem operasi melalui satu Application Programming Interface (API). FCM menggunakan token unik, yang dikenal sebagai token Firebase, untuk mengidentifikasi setiap perangkat sehingga sistem dapat menentukan tujuan pengiriman notifikasi secara spesifik. Token Firebase dihasilkan oleh aplikasi MPA yang harus diinstal oleh peserta agar dapat menerima notifikasi dari VRO.

Mekanisme untuk mendorong partisipasi peserta dalam mengunduh dan menggunakan MPA dirancang oleh tim *Game Design*. Mekanisme tersebut mengusung narasi pertarungan antara kebaikan dan kejahatan, di mana peserta diharuskan menyelesaikan misi berbasis geo-lokasi untuk mengalahkan pihak antagonis dan meningkatkan skor pada papan peringkat yang dapat diakses secara publik. Progres permainan peserta beserta token Firebase disimpan dalam bentuk profil pengguna.

Integrasi antara token Firebase, progres permainan, dan lokasi perangkat diperlukan agar VRO dapat mengirimkan notifikasi kepada peserta tertentu. Integrasi ini diwujudkan melalui API yang dikembangkan secara mandiri. Untuk menghubungkan profil peserta dengan lokasi perangkat yang diidentifikasi melalui alamat MAC, dirancang sebuah server berbasis PHP dan basis data MariaDB. Sistem ini memungkinkan VRO untuk mencocokkan profil peserta dengan aplikasi yang terinstal. Pada saat peserta

melakukan pendaftaran melalui MPA, aplikasi akan mengirimkan alamat MAC dan nama pengguna ke API. VRO kemudian dapat mencocokkan profil peserta dengan lokasi perangkat karena sensor WiFi juga menggunakan alamat MAC sebagai pengenal.

VRO dikembangkan menggunakan Unity dan menampilkan representasi tiga dimensi dari kampus University of Twente serta area CuriousU Summer School. Aplikasi ini melakukan *streaming* data lokasi dari API Locus untuk menampilkan posisi peserta secara real-time pada peta kampus dengan menggunakan sistem koordinat RD.

Dengan memanfaatkan pengendali Oculus Touch, operator VRO dapat melakukan navigasi di dalam aplikasi serta memilih satu, beberapa, atau seluruh peserta untuk mengirimkan notifikasi atau misi secara langsung. Selain itu, operator VRO dapat menunjuk suatu lokasi tertentu pada permukaan tanah untuk menetapkan misi secara acak pada lokasi tersebut.

Misi juga dapat ditetapkan secara otomatis oleh VRO pada area dengan tingkat kepadatan rendah guna menjaga distribusi kerumunan. Setiap misi memiliki batas waktu, tingkatan, serta jenis tujuan yang berbeda. Batas waktu ditetapkan untuk memastikan peserta bergerak menuju lokasi misi dalam rentang waktu yang wajar. Setiap kali misi ditetapkan, seluruh peserta akan menerima notifikasi sebagai pemberitahuan. Apabila seorang peserta berada dalam radius 15 meter dari misi yang aktif, peserta tersebut akan menerima notifikasi yang memuat rincian misi.

Aplikasi mobile tidak hanya berfungsi sebagai media penerima notifikasi dari VRO, tetapi juga menyediakan fitur gamifikasi yang dirancang untuk mendorong peserta bergerak menuju lokasi-lokasi yang telah ditetapkan oleh operator VRO.

Misi ditampilkan pada peta di dalam aplikasi yang merepresentasikan area kampus universitas, sehingga peserta dapat memanfaatkan peta tersebut untuk mencapai lokasi misi dan menavigasi lingkungan kampus. Peta ini tidak menampilkan posisi peserta maupun arah navigasi secara eksplisit, sehingga peserta didorong untuk melakukan eksplorasi secara mandiri.

Aplikasi ini menyediakan halaman misi yang menampilkan daftar misi aktif, tertunda, dan telah diselesaikan oleh peserta. Peserta dapat menyelesaikan misi untuk memperoleh poin dan meningkatkan peringkat pada papan peringkat yang juga dapat diakses melalui aplikasi. Penyelesaian misi umumnya dilakukan dengan memindai kode QR yang terdapat pada gedung-gedung UT atau pada perangkat peserta lain, sehingga mendorong eksplorasi lingkungan dan interaksi sosial antar peserta. Selain itu, peserta dapat memasukkan kursus CuriousU yang dipilih dan melihat jadwal kegiatan secara rinci selama satu minggu.

III. PROJECT ONE BACK-END

A. Skema Basis Data

Skema basis data dibagi ke dalam empat kelompok utama, yaitu Users (peserta CuriousU), Courses, Quest and Goal, serta Mission Marker. Secara keseluruhan, skema ini terdiri atas 10 tabel, 4 tabel enumerasi, dan 3 *view*.

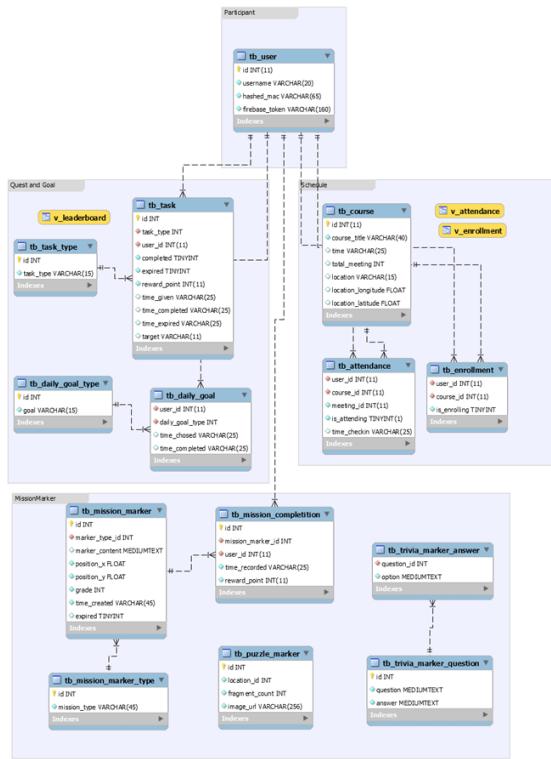
Kelompok Users berfungsi untuk mengelola data peserta. Alasan hanya terdapat satu tabel dalam kelompok ini adalah karena Project One tidak menyimpan informasi pribadi peserta dalam jumlah besar. Selain itu, sistem menggunakan JSON Web Token (JWT) untuk aplikasi mobile. Dengan demikian, tabel autentikasi yang umumnya menyimpan pasangan email dan kata sandi, dan biasanya terdapat dalam kelompok ini, tidak diperlukan.

Tabel Mission Marker menyimpan informasi mengenai jenis marker dan *marker content id*. Konten mission marker dipisahkan ke dalam tiga tabel yang berbeda, di mana masing-masing tabel memiliki struktur tersendiri. Tabel mission marker secara virtual mereferensikan konten marker yang bersesuaian menggunakan dua variabel tersebut. Keterbatasan pada basis data terstruktur mengharuskan dibuatnya solusi yang bersifat sub-optimal untuk membentuk relasi satu-ke-banyak pada struktur tabel ini.

Kelompok Courses saat ini belum dimanfaatkan karena informasi terkait mata kuliah disimpan pada basis data lokal di perangkat smartphone dan tidak disimpan pada server daring.

B. Layanan REST API

Sebuah REST API dikembangkan sebagai media komunikasi antara VRO dan MPA. REST API ini diintegrasikan dengan Firebase Cloud Messaging Admin SDK. Secara keseluruhan terdapat 14 *endpoint* yang mengakomodasi komunikasi sistem, elemen gamifikasi, serta operasi mutasi basis data. REST dipilih karena sifatnya yang *stateless* serta karakteristik pengembangan yang independen terhadap platform



Gambar 2: Struktur dan relasi tabel basis data

[3].

IV. VIRTUAL REALITY OVERSEER

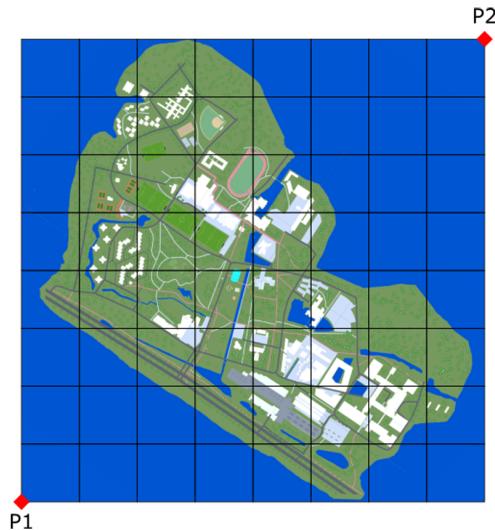
A. Pelacakan Posisi Peserta

Data pelacakan posisi peserta disediakan oleh solusi Locus WPS melalui LISA, dengan memanfaatkan sensor pelacakan WiFi dari Bluemark. Data yang diperoleh mencakup alamat MAC, *timestamp*, serta posisi perangkat mobile peserta. Informasi posisi direpresentasikan menggunakan sistem koordinat RD (Rijksdriehoekscordinaten) yang digunakan di Belanda. Agar posisi peserta dapat ditampilkan secara akurat pada peta virtual, sistem koordinat RD perlu disesuaikan dengan sistem koordinat Unity3D. Metode sederhana yang digunakan adalah melakukan penskalaan nilai koordinat dengan menggunakan dua titik referensi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk menentukan titik referensi tersebut, peta Google Maps dioverlay pada peta kampus, kemudian dipilih dua titik beserta koordinat globalnya yang sesuai dengan batas kampus yang digunakan di Unity. Data posisi hasil konversi beserta alamat MAC disimpan dalam sebuah *List* sebagai referensi untuk melakukan pembaruan posisi peserta.

Data pelacakan dikirimkan melalui protokol MQTT, yaitu sebuah protokol *messaging socket* yang ringan dan cepat yang dibangun di atas TCP/IP [2]. Setiap kali Locus mengirimkan pembaruan posisi, VRO akan melakukan pencarian alamat MAC pada daftar peserta yang telah diketahui. Apabila ditemukan kecocokan, maka posisi visual peserta pada layar akan diperbarui. Apabila tidak ditemukan kecocokan, maka sistem akan membuat sebuah model visual baru. Pada kondisi saat ini, VRO hanya mengetahui keberadaan seseorang pada suatu lokasi tertentu tanpa mengetahui identitasnya. Untuk mengatasi hal tersebut, alamat MAC dicocokkan dengan basis data pendaftaran peserta guna mengaitkan model visual dengan profil peserta yang bersangkutan.

B. Pemilihan Kerumunan

Metode yang digunakan untuk memilih peserta sebagai subjek pengendalian adalah metode *drag selection*, yang terinspirasi dari genre permainan strategi waktu nyata dan aplikasi penjelajah berkas untuk memilih objek. Proses pemilihan dimulai dengan menunjuk permukaan tanah, menahan tombol seleksi hingga terbentuk kotak seleksi, kemudian melepaskannya. Apabila operator VRO ingin menambahkan

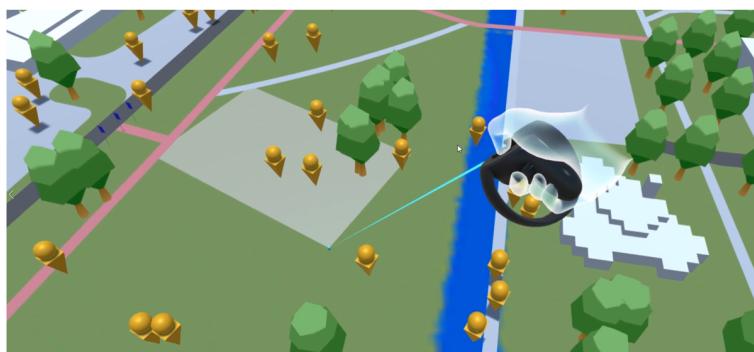


Gambar 3: Dua titik referensi yang digunakan untuk mengonversi sistem RD ke sistem koordinat Unity3D



Gambar 4: Model visual posisi peserta pada VRO berdasarkan data pelacakan posisi dari Locus

atau menghapus peserta dari seleksi, operator dapat menahan tombol kontrol pada pengendali Oculus sebelah kiri dan memilih peserta untuk mengubah status seleksi. Peserta yang terpilih disimpan dalam sebuah array untuk selanjutnya dilakukan interaksi.



Gambar 5: Pemilihan peserta untuk diberikan instruksi

C. Pengiriman Pesan

Gambar 6 menampilkan menu *pop-up* yang muncul setelah proses seleksi selesai. Operator VRO dapat melihat nama pengguna peserta serta menu radial untuk memilih jenis pesan yang akan dikirimkan

kepada peserta terpilih. Untuk mengirimkan pesan, operator memilih jenis pesan menggunakan sumbu analog kanan dan kemudian menekan tombol kirim. Pada proses latar belakang, VRO akan memanggil API dengan menyertakan identitas peserta dan isi pesan. Server kemudian akan mencari token Firebase pada basis data pendaftaran yang terkait dengan identitas tersebut. Token Firebase ini diperlukan untuk mengirimkan pesan *push* ke masing-masing perangkat peserta. Selanjutnya, server akan melakukan pemanggilan API ke layanan Firebase Cloud Messaging menggunakan token tersebut untuk mengirimkan notifikasi ke perangkat yang sesuai.



Gambar 6: Overseer memilih pesan yang telah ditentukan sebelumnya untuk peserta terpilih

D. Pengendalian Kerumunan

Kemampuan VRO untuk memotivasi peserta agar bergerak menuju atau menjauhi suatu lokasi tertentu merupakan aspek yang penting. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan tersebut. Metode-metode ini dijelaskan pada Tabel 1 dan dinilai menggunakan skala satu hingga tiga berdasarkan tingkat intrusivitas, usaha yang diperlukan, peluang keberhasilan, serta elemen gamifikasi. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan hasil yang lebih baik, kecuali dinyatakan sebaliknya.

Tabel 1: METODE PENGENDALIAN KERUMUNAN

Metode	Tingkat intrusivitas (lebih rendah lebih baik)	Usaha yang diperlukan (lebih rendah lebih baik)	Peluang keberhasilan
Barikade yang dapat diubah	++	+++	+++
Mission marker	+	+	++
Meminta peserta secara langsung	+++	++	+

Untuk kebutuhan ini, metode mission marker dipilih. Meskipun tidak menjamin keberhasilan hingga 100% karena peserta dapat mengabaikan misi, pendekatan ini secara umum tidak mengharuskan seluruh peserta untuk bergerak atau merespons. Selain itu, penggunaan mission marker bersifat sangat halus dalam memotivasi peserta untuk melakukan suatu tindakan tanpa bersifat mengganggu, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7: Overseer membuat mission marker pada area dengan kepadatan rendah untuk mendorong pergerakan peserta dan mengurangi kerumunan

V. PENGUJIAN KINERJA

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengukur jumlah sumber daya yang digunakan oleh VRO. Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan fitur *profiling* yang tersedia pada Unity3D. Fitur ini memungkinkan pengukuran penggunaan CPU, GPU, dan memori secara waktunya.

Pengujian dilakukan menggunakan sebuah PC dengan spesifikasi Intel i5-8400 @ 2.8 GHz (6 inti CPU), Nvidia GeForce GTX 1060 6GB, memori 8 GB @ 3200 MHz, penyimpanan SSD M.2 120 GB, serta sistem operasi Windows 10 64-bit. Pengujian dijalankan dalam kondisi siaga, di mana operator VRO tidak mengirimkan pesan maupun membuat mission marker baru.



Gambar 8: Grafik hasil pengukuran profiling

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan bahwa proses *rendering* merupakan komponen yang menggunakan sumber daya terbesar, yaitu hingga 22,10 ms per *frame*. Proses pembaruan posisi peserta dan pembaruan status mission marker membutuhkan waktu maksimum sebesar 2,95 ms per *frame*. Modul pendukung lainnya, seperti sistem navigasi untuk operator VRO, memerlukan waktu hingga 0,34 ms per *frame*.

VI. HASIL DAN KEBUTUHAN SISTEM

Saat ini, VRO belum digunakan dan diuji secara langsung pada kondisi dunia nyata. Isu etika terkait pelacakan individu merupakan salah satu perhatian yang disampaikan oleh University of Twente Ethical Committee Board. Meskipun Project One dihosting dan didukung oleh laboratorium milik University of Twente, yaitu BMSLab, masih belum dapat dipastikan apakah hasil pengembangan ini dapat diuji pada skenario dunia nyata, khususnya dalam konteks penyelenggaraan CuriousU Summer School.

Tabel 2 menunjukkan kondisi terkini hasil implementasi VRO berdasarkan evaluasi dari pihak penyelenggara CuriousU dan pakar dari BMSLab. Kebutuhan sistem diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu:

1. **Must:** Kebutuhan kritis yang wajib diimplementasikan
2. **Should:** Kebutuhan penting yang sebaiknya diimplementasikan
3. **Could/Would:** Fitur tambahan yang bersifat opsional untuk pengembangan di masa mendatang

Tabel 2: KEBUTUHAN SISTEM

#	Judul	Deskripsi	Prioritas	Implementasi
1	Peningkatan keselamatan	VRO harus berkontribusi dalam meningkatkan tingkat keselamatan selama penyelenggaraan festival CuriousU.	Must	V / X
2	Peta kampus	VRO harus memiliki peta kampus.	Must	V
3	Pengarahan peserta	Peserta harus dapat diarahkan untuk menjauhi atau menuju lokasi tertentu, misalnya melalui pengiriman notifikasi.	Must	V
4	Pengendalian kerumunan	VRO harus mampu mengelola kerumunan peserta.	Must	V
5	Pengendalian individu	VRO harus mampu memberikan instruksi kepada peserta secara individual.	Must	V
6	Perangkat VR	VRO harus dilengkapi dengan perangkat kacamata VR untuk overseer.	Must	V
7	Antarmuka VR	VRO harus memiliki antarmuka bagi overseer untuk mengoperasikan aplikasi.	Must	V
8	Navigasi	Harus tersedia mekanisme navigasi di dalam lingkungan VR.	Must	V
9	Kampus 3D	Bangunan kampus dalam bentuk tiga dimensi sebaiknya tersedia.	Should	V
10	Realisme	Representasi kampus 3D sebaiknya tampil cukup realistik bagi overseer.	Should	V
11	Kinerja	VRO sebaiknya dapat berjalan secara lancar (90 fps) secara konsisten pada perangkat VR seperti Oculus Rift dan HTC Vive serta memiliki aplikasi yang ringan.	Should	V / X
12	Panduan pengguna	VRO sebaiknya memiliki panduan pengguna mengenai cara pengoperasian oleh overseer.	Should	V
13	Fotorealisme	Representasi kampus 3D dapat dikembangkan hingga menyerupai tampilan fotorealistik.	Could	X
14	Otonomi	VRO dapat menangani beberapa tugas secara otomatis ketika tidak terdapat overseer aktif.	Could	X
15	Komunikasi	Overseer dapat memiliki kemampuan untuk berkomunikasi dengan peserta.	Could	V
16	Tutorial	VRO dapat dilengkapi dengan tutorial untuk overseer baru.	Could	V
17	Banyak overseer	Dapat terdapat lebih dari satu overseer yang mengelola peserta secara bersamaan.	Would	X

VII. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan perancangan dan implementasi sistem pengendalian kerumunan berbasis Virtual Reality yang disebut Virtual Reality Overseer (VRO) untuk mendukung pengelolaan peserta CuriousU Summer School di kampus University of Twente. Sistem ini mengintegrasikan pelacakan WiFi, REST API, Firebase Cloud Messaging, serta aplikasi mobile peserta guna memungkinkan pemantauan posisi secara waktu nyata dan pemberian arahan terpusat kepada individu maupun kelompok peserta melalui mekanisme yang relatif tidak intrusif berbasis gamifikasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar kebutuhan sistem yang bersifat kritis dan penting telah berhasil diimplementasikan, meskipun pengujian pada skenario dunia nyata belum dapat dilakukan karena pertimbangan etika terkait pelacakan individu. Dengan demikian, sistem VRO menunjukkan potensi yang signifikan sebagai solusi pendukung pengelolaan kerumunan pada acara berskala besar, dengan kebutuhan validasi lanjutan melalui pengujian lapangan yang memperhatikan aspek etika, privasi, dan keberlanjutan operasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Saxion University of Applied Sciences, BMSLab University of Twente, penyelenggara CuriousU Summer School, serta Laboratorium Telematika B201 atas dukungan pendanaan dan fasilitas penelitian yang diberikan.

References

- [1] J. D. Sime, “Crowd psychology and engineering,” *Safety Science*, vol. 21, no. 1, pp. 1–14, 1995.
- [2] OASIS, “Mqtt version 3.1.1,” p. 81, October 2014, oASIS Standard. [Online]. Available: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.html>
- [3] R. Richards, “Representational state transfer (rest),” in *Pro PHP XML and Web Services*. Springer, 2006, pp. 633–672. [Online]. Available: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4302-0139-7_17