**LATAR BELAKANG**

Simulasi penyakit adalah suatu kondisi ketidaknyamanan fisiologis yang dirasakan selama atau setelah paparan ke lingkungan virtual. Lingkungan virtual dapat diakses melalui tampilan yang dipasang di kepala yang memberikan pengguna dengan pintu masuk ke dunia virtual. Permulaan penyakit simulasi adalah kelemahan utama dari sistem virtual reality (VR). Bukti-konsep yang disajikan dalam makalah ini bertujuan untuk memberikan wawasan baru dalam pengembangan dan evaluasi simulasi mengemudi VR berdasarkan perangkat elektronik konsumen dan platform gerak 3 Derajat-ofFreedom (3 DOF). Sampel kecil (n = 9) mengemudi simulator prestudy dengan desain dalam mata pelajaran dilakukan untuk mengeksplorasi wabah penyakit simulasi, rasa kehadiran dan respon fisiologis yang disebabkan oleh mengemudi mandiri dalam simulasi mengemudi dinamis dan statis. Temuan awal menunjukkan bahwa pengguna tidak mengalami penyakit simulasi substansial saat menggunakan mobil otonom ketika simulasi VR termasuk platform gerak. Studi ini adalah dasar untuk penelitian yang lebih luas di masa depan. Studi masa depan akan mencakup lebih banyak peserta dan menyelidiki lebih banyak faktor yang berkontribusi atau mengurangi efek dari penyakit simulasi.

Lingkungan mengemudi Immersive Virtual Reality (VR) memiliki keunggulan tertentu dalam hal menguji konsep mengemudi otomatis baru. Teknologi dan sensor perhitungan modern memungkinkan mobil yang sepenuhnya otomatis. Dengan demikian minat dalam mengemudi jenis ini telah meningkat. Dengan sistem VR, lingkungan yang aman, terkontrol penuh, dan masih sangat tinggi dapat disediakan dengan sedikit biaya studi mengemudi yang sebenarnya. Dengan kata lain, suatu lingkungan dapat diciptakan yang dekat dengan pengalaman berkendara yang realistis tanpa masalah tanggung jawab atau biaya tinggi [1]. Namun, salah satu kelemahan dari sistem VR adalah penyakit simulasi. Simulasi penyakit adalah suatu bentuk mabuk perjalanan yang disebabkan oleh lingkungan virtual dan juga disebut sebagai VR sickness atau cybersickness.

Simulasi penyakit adalah suatu kondisi ketidaknyamanan fisiologis yang dirasakan selama atau setelah paparan ke lingkungan virtual. Menurut teori konflik isyarat, perbedaan antara isyarat visual dan gerakan adalah salah satu alasan yang diasumsikan untuk penyakit simulasi saat menggunakan simulator mengemudi [3]. Sistem gerak mungkin dapat menggantikan isyarat gerakan yang hilang di lingkungan mengemudi VR. Dalam makalah ini, studi percontohan disajikan untuk menilai kelayakan percobaan di masa depan untuk mengevaluasi penyakit simulasi dalam lingkungan mengemudi VR yang otonom. Mengemudi otomatis dikategorikan ke dalam lima level. Mobil yang sepenuhnya otomatis memiliki otomatisasi tingkat tertinggi dan sistem mengemudi memiliki kontrol penuh atas semua tugas mengemudi di semua kondisi jalan yang dikelola oleh pengemudi manusia di level terendah [4]. Secara khusus, efek menambahkan platform gerak ke sistem seperti itu menarik. Penelitian ini memiliki dua tujuan: Pertama, menguji pengaturan eksperimental dan metode pengumpulan data dan kedua, mengumpulkan hasil awal pada tanggapan peserta. Data dikumpulkan melalui kuesioner subjektif dan wawancara, dan pengukuran fisiologis objektif. Di bagian selanjutnya, tinjauan singkat tentang realitas virtual, penyakit simulasi, dan pekerjaan terkait akan diberikan. Metodologi untuk studi pengguna dan pengaturan eksperimental akan dijelaskan dalam Sect. 3, diikuti oleh hasil uji coba. Makalah ini diakhiri dengan diskusi tentang hasil dan menunjukkan cara menuju penelitian masa depan.

**METODOLOGI**

Metodologi

3.1 Desain dan Prosedur Eksperimental Sebuah studi mengemudi sepenuhnya otonom dengan desain dalam mata pelajaran dilakukan. Peserta dihadapkan pada skenario yang tidak memerlukan intervensi atau pemantauan dari pengguna. Dua kondisi disajikan: Pertama, skenario tanpa platform gerak dan skenario dengan gerakan tambahan. Setiap peserta mengambil bagian dalam kedua kondisi dengan jeda 24 jam antara sesi. Sekitar 80% dari peserta mulai dengan kondisi statis. Total durasi simulasi mengemudi adalah sekitar 11 menit. Para peserta diperintahkan untuk duduk dengan nyaman di kursi pengemudi dan menjelajahi bagian dalam mobil atau sekitarnya dengan bebas. Simulasi berisi lingkungan lalu lintas tanpa aset visual bergerak lainnya (mis. Tidak ada situasi lalu lintas dengan kendaraan atau pejalan kaki). Simulasi mengemudi dimulai dengan belok kanan ke terminal bandara. Di sana mobil berhenti selama 5 detik dan kemudian melanjutkan menuju jalan raya. Sebelum mencapai jalan raya, peserta mengalami mengemudi di bawah jembatan. Selama berkendara di jalan raya, mobil mengubah jalur dari kiri ke kanan. Setelah itu, para peserta mengalami mengemudi naik dan turun bukit, diikuti oleh belokan kanan ke jalan desa termasuk dua belokan kiri dan dua belokan kanan. Simulasi berhenti ketika mobil mencapai titik tertentu di mana peserta dapat melihat kota di kejauhan.

3.2 Lingkungan Pengemudi Realitas Virtual Untuk lingkungan simulasi VR yang realistis yang mendukung HMD versi konsumen saat ini, lingkungan pengembangan game diperlukan. Untuk bukti konsep yang dilaporkan

158 S. Rangelova et al.

dalam tulisan ini, sebuah mesin permainan bernama Unreal Engine 4 dipekerjakan. Mesin game ini banyak digunakan oleh pengembang game, dan memberikan grafis berkualitas tinggi yang dapat dioptimalkan untuk aplikasi VR. Grafik berkualitas tinggi adalah elemen yang diinginkan dalam pengembangan simulasi mengemudi VR [28]. Unreal Engine 4 digunakan dalam studi berikut untuk membuat dan menjalankan adegan mengemudi dan level tertinggi dari simulasi mengemudi otomatis (mis. Level 5 otomatis). Sistem mengemudi VR terdiri dari HMD dengan sistem pelacakan, platform gerak dengan empat aktuator pneumatik, dan komputer untuk menampilkan adegan mengemudi (Gbr. 1). Sebagai HMD, Oculus Rift CV1 dengan FOV 110 ° dan resolusi 2160 × 1200 piksel per mata digunakan.

ACM

Aktuator D-Box

HMD

PC

Kursi pengemudi

Platform gerak

Sensor pelacakan

Tampilan

Gambar sebagian diambil dari www.thenounproject.com.

Gambar 1. Konsep simulasi mengemudi VR dengan HMD. Dengan tiga Derajat Kebebasan (3 DOF) platform gerak dapat mensimulasikan gerakan paling umum selama mengemudi, yaitu, pitch, roll, dan heave [29]. Setiap aktuator memiliki muatan maksimum 227 kg, akselerasi maksimum 1 g-gaya, sudut maksimum 15 °, dan goresan 152,4 mm. Keempat aktuator melekat pada sudut di bawah platform. Dua aktuator memiliki satu kotak utama. Setiap kotak menerjemahkan sinyal dari Modul Kontrol Aktuator (ACM) dan mengontrol aktuator. ACM terhubung ke komputer pribadi high-end (PC), di mana kode Motion dijalankan. Pada PC yang sama, adegan 3D dari simulasi mengemudi ditampilkan. Sensor pelacakan terpasang pada platform dan karenanya mengikuti gerakan platform. Ini memastikan bahwa gerakan platform tidak ditafsirkan sebagai gerakan kepala di kancah virtual. Untuk menciptakan lingkungan yang lebih mendalam, kursi mobil ditambahkan ke platform untuk pengalaman yang lebih realistis. Selama percobaan, adegan 3D ditampilkan di layar

Simulasi Evaluasi Penyakit Saat Menggunakan Mobil yang Sepenuhnya Otonom 159

dan HMD (Gbr. 2). Ini memungkinkan pengawas percobaan untuk memantau kemajuan peserta.

Gbr. 2. Tangkapan layar menunjukkan bagian dari lingkungan VR yang digunakan untuk pengujian konsep.

3.3 Peserta Sembilan peserta berusia antara 30 dan 53 tahun (M = 35,67, SD = 7,04) mengambil bagian dalam penelitian ini. Hanya satu perempuan yang berpartisipasi dan karena itu, gender sebagai variabel terdistribusi tidak merata dan tidak dapat dievaluasi. Lima dari peserta menggambarkan diri mereka sebagai pengemudi yang sering mengendarai lebih dari 10.000 km pada tahun lalu. Mengenai pengalaman sebelumnya dengan simulasi mengemudi, 67% merespons positif. Hanya satu dari peserta melaporkan ketidaknyamanan setelah terkena selama lebih dari 30 menit ke simulator mengemudi. Dua peserta melaporkan bahwa mereka bermain video game setiap hari. Sehubungan dengan pengalaman sebelumnya dengan HMD, 67% telah menggunakan HMD sebelum uji coba ini, satu peserta tidak merespons dan satu mengalami penyakit simulasi selama sesi VR sebelumnya. Mereka telah menghabiskan antara 5 dan 300 menit (M = 73,3, SD = 111,8) di lingkungan VR.

3.4 Pengukuran Untuk studi percontohan ini, pengukuran fisiologis objektif EKG, EDA dan pengukuran subjektif, seperti kuesioner dicatat. Untuk mengukur sinyal fisiologis, 3-channel-ECG dan tingkat konduktansi kulit

**METODE EVALUASI**

Sebuah studi percontohan dilakukan untuk menguji pembuktian konsep dan mengumpulkan hasil awal dari efek simulasi mengemudi VR otonom pada penyakit simulasi. Temuan telah menunjukkan bahwa pengaturan dengan HMD dapat digunakan untuk mengevaluasi konsep interior baru di lingkungan yang otonom. Tidak ada penyakit simulasi substansial yang dilaporkan saat menggunakan mobil otonom dalam simulasi VR apakah platform gerak digunakan atau tidak. Penjelasan yang mungkin untuk temuan ini adalah kecepatan rendah yang digunakan. Kecepatan dikurangi untuk meminimalkan provokasi penyakit simulasi. Sebagian besar peserta memiliki pengalaman sebelumnya dengan lingkungan virtual dan terbiasa memakai HMD berulang kali. Oleh karena itu, sampel yang digunakan tidak mewakili populasi umum. Literatur menunjukkan bahwa seseorang memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan virtual sampai batas tertentu yang dapat menyebabkan penurunan gejala mabuk perjalanan [34]. Beberapa peserta merasa kurang sakit dalam kondisi statis. Ini

164 S. Rangelova et al.

Temuan mungkin karena waktu respons platform yang terlalu tinggi dan karena itu, rangsangan gerak yang diinduksi mungkin salah. Ini bisa membuat wabah simulasi penyakit lebih buruk. Temuan yang menarik adalah bahwa frekuensi ketidaknyamanan umum, fokus yang sulit, dan pusing dengan mata terbuka berkurang dalam kondisi platform gerak. Alasan yang mungkin untuk itu adalah bahwa isyarat gerakan berkontribusi pada perilaku berkendara yang diketahui secara keseluruhan yang mengarah pada perasaan nyaman saat menggunakan mobil otonom. Yang cukup menarik, frekuensi keringat dan kesadaran perut berubah menjadi nol dalam kondisi platform gerak. Berkeringat, dan lebih banyak berkeringat dingin adalah reaksi tubuh terhadap stres [35]. Ini menunjukkan bahwa partisipan dalam kondisi platform gerak mengalami sedikit stres. Namun, kondisi ini juga menyebabkan kelelahan dan kepenuhan kepala. Data HR dan SCL berbeda dalam kondisi statis berkenaan dengan peristiwa mobil yang digerakkan sehubungan dengan kejadian sebelumnya yang dikendarai. Penjelasan yang mungkin adalah bahwa dalam kondisi platform gerak perbedaan antara isyarat visual dan gerakan kurang selama acara drive up. Namun, peserta ini menunjukkan skor total SSQ yang lebih tinggi dalam kondisi platform gerak. Alasan yang mungkin untuk itu bisa menjadi faktor-faktor seperti stres dari pekerjaan, tingkat kelelahan, dan kesejahteraan umum. Faktor-faktor ini tidak dapat dikontrol dengan mudah tetapi dapat dipertimbangkan dalam percobaan di masa depan. Tidak ada perbedaan dalam HR dan SCL yang dapat diamati. Ini mungkin disebabkan keterbatasan desain eksperimental, ukuran sampel kecil dan urutan skenario yang tidak diimbangi. Salah satu alasan yang diberikan oleh peserta untuk simulasi wabah penyakit adalah berbalik selama simulasi. Belokan kiri dan kanan terkadang terasa tidak menyenangkan bagi pengguna terutama dalam kondisi statis. Salah satu penjelasan yang mungkin adalah bahwa selama kemudi mobil otomatis perbedaannya lebih tinggi yang sesuai dengan teori konflik isyarat [36]. Namun, dalam kondisi platform gerak, ketidaknyamanan mungkin terjadi karena gaya mengemudi pengguna tidak sepenuhnya cocok dengan gaya mengemudi otonom. Efek selanjutnya yang dialami oleh dua peserta juga telah dilaporkan dalam penelitian lain [37]. Asumsi bahwa skor SSQ yang lebih tinggi dikaitkan dengan tingkat konduktansi kulit yang lebih tinggi tidak dapat diamati dalam sampel. Keterbatasan penelitian ini adalah ukuran sampel yang kecil, distribusi yang tidak merata antar jenis kelamin dan usia, desain tidak diimbangi, dan tidak ada skenario sosialisasi. Selain itu, subjek berpartisipasi pada dua hari yang terpisah, yang mungkin menambahkan lebih banyak faktor perancu seperti siang hari yang berbeda atau keadaan kesejahteraan yang berbeda. Mempertimbangkan temuan dari desain konsep, studi tindak lanjut mungkin termasuk sudut kemiringan yang berbeda dan frekuensi getaran platform gerak. Dengan begitu, level gerakan yang berbeda, yang akan mewakili kecepatan yang berbeda, dapat diselidiki. Kemunculan penyakit simulasi yang jarang terjadi pada pra-studi menunjukkan ukuran sampel yang lebih besar, urutan pengujian yang lebih seimbang, dan waktu mengemudi yang lebih lama dalam eksperimen di masa depan. Selanjutnya, pengujian berbagai lingkungan mungkin diselidiki lebih lanjut. Studi ini memperkuat gagasan bahwa lingkungan VR mungkin digunakan untuk percobaan dalam domain mengemudi otonom. Lingkungan yang mendalam dapat membawa fleksibilitas untuk menguji konsep yang akan datang dalam waktu dekat.

PENULIS

JUDUL PAPER