



Faktor *Cybersickness* Pada Simulator Mengemudi Menggunakan *Virtual Reality* Berbasis *Head Mounted Display*: Tinjauan Literatur

Chalis Fajri Hasibuan^{1,2}, Budi Hartono¹, Titis Wijayanto¹

¹⁾ Fakultas Teknik, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta

Email: chalifajrihasibuan@mail.ugm.ac.id, boed@ugm.ac.id, twijaya@ugm.ac.id

²⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Medan Area, Medan

Jl. Kolam No 1 Medan Estate

Email: chalifajri@staff.uma.ac.id

Abstract

A driving simulator is one of the research tools used to identify the causes of traffic accidents on the highway. While driving simulators are frequently used in research, there is concern that HMD-based driving simulators may cause a side effect for the user known as cybersickness. Various factors are widely used to identify the formation of cybersickness from various virtual environments with different results on the formed cybersickness. In contrast, the factors that influence the formation of cybersickness using driving simulators using virtual reality based on HMD have not been identified whether they produce the same or different research results, so that it can make a difference in further research. The purpose of this study is to conduct a literature review of the factors used to identify cybersickness formed in the use of driving simulators using HMD-based virtual reality and the results of using these factors. The method used by searching articles from databases includes Google Scholar, Science Direct, Scopus, Springer and IEEE with relevant keywords. In the initial search, the terms 'VR sickness', 'cybersickness', 'motion sickness', 'simulator sickness', 'visually induced motion sickness', 'virtual reality', and 'driving simulator', were eliminated using the PRISMA method. Of the 653 articles obtained, 17 were analyzed regarding driving simulators using HMD-based virtual reality. The results found factors that influence the formed cybersickness, such as gender, user age, experience, user posture, duration of use, the hardware used, Field Of View (FOV), congenital diseases and time of use. Of the 17 articles analyzed, there was no difference in the results of the factors used to identify the formed cybersickness.

Keywords: *driving simulator, cybersickness, factor, measurement, literature review*

Abstrak

Simulator mengemudi merupakan salah satu alat penelitian yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kecelakaan lalu lintas di jalan raya. Simulator mengemudi sering digunakan di bidang penelitian, terdapat kekhawatiran bahwa simulator mengemudi berbasis HMD dapat menyebabkan efek samping bagi pengguna yang dikenal sebagai *cybersickness*. Berbagai faktor banyak digunakan untuk mengidentifikasi terbentuknya *cybersickness* dari berbagai *virtual environment* dengan memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap *cybersickness* yang terbentuk sedangkan secara khusus faktor yang mempengaruhi terhadap terbentuknya *cybersickness* menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD belum diidentifikasi apakah menghasilkan hasil penelitian yang sama atau berbeda, sehingga dapat memberikan perbedaan yang terhadap penelitian selanjutnya. Tujuan penelitian ini melakukan *literature review* terhadap faktor yang digunakan untuk mengidentifikasi *cybersickness* yang terbentuk pada penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD dan hasil dari penggunaan faktor tersebut. Metode yang digunakan dengan penelusuran artikel dari data base antara lain *google scholar*, *science direct*, *scopus*, *springer* dan *IEEE* dengan kata kunci yang relevan. Dalam pencarian awal, istilah '*VR sickness*', '*cybersickness*', '*motion sickness*', '*simulator sickness*', '*visually induced motion sickness*', '*virtual reality*', dan '*simulator mengemudi*', eliminasi menggunakan metode PRISMA. Dari 653 artikel yang diperoleh menghasilkan 17 artikel yang

dianalisis lebih lanjut terkait simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD. Hasil menemukan faktor yang mempengaruhi *cybersickness* yang terbentuk seperti jenis kelamin, umur pengguna, pengalaman, postur pengguna, lamanya penggunaan, perangkat keras yang digunakan, *Field Of View* (FOV), penyakit bawaan serta waktu penggunaan. Dari 17 artikel yang dianalisis tidak ada perbedaan hasil dari faktor yang digunakan untuk mengidentifikasi *cybersickness* yang terbentuk.

Kata kunci: *simulator mengemudi, cybersickness*, faktor, pengukuran, tinjauan literatur

Pendahuluan

Semakin berkembangnya penggunaan kendaraan bermotor khususnya pengguna kendaraan roda 4 berdasarkan data Korlantas Polri tahun 2022 mencapai 150.786.747 kendaraan roda 4. Kecelakaan yang terjadi pada tahun 2022 terjadi 94.617 kecelakaan (Korlantas Polri). Diperlukan usaha untuk terus-menerus untuk mengurangi tingkat kesalahan saat mengemudi kendaraan roda 4. Salah satu cara mengurangi kelelahan dalam mengemudi dengan menggunakan simulator mengemudi sebagai alat untuk pelatihan (Edquist et al., 2011). Penggunaan simulator yang meningkat secara signifikan dan terus menerus diduga mengakibatkan terjadinya *cybersickness* yang dialami oleh pengguna. *Cybersickness* dapat terjadi pada saat ataupun setelah menggunakannya simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD (Kim et al., 2015; Merhi et al., 2007; Stanney et al., 2003). *Cybersickness* didefinisikan gejala seperti mabuk perjalanan yang disebabkan oleh lingkungan virtual. Gejala yang muncul adalah mual, pusing, disorientasi dan ketidaknyamanan yang dapat berlangsung selama ataupun setelah menggunakan *virtual reality* (Rebenitsch & Owen, 2016, Howarth & Costello, 1997; Kennedy et al., 2010).

Cybersickness yang terbentuk dengan menggunakan berbagai *virtual environment* dipengaruhi oleh banyak faktor seperti perangkat (Benzeroual & Allison, 2013; Häkkinen et al., 2019; Sharples et al., 2008), *software* antara lain berkedip (*flicker*), *realism*, *colour* dan *scene complexity* (Bonato et al., 2008; Jaeger & Mourant, 2001; Keshavarz et al., 2011; Liu & Uang, 2012; LaViola, 2000), ketidakstabilan postur (Chang et al., 2013; Dong et al., 2011; Dong & Stoffregen, 2010; Villard et al., 2008), umur (Park et al., 2006; Rebenitsch dan Owen 2014; Hildebrandt et al. 2018) dan jenis kelamin (Zayer et al., 2020; Gonçalves, 2018; Hildebrandt et al., 2018; Freitag et al., 2016; Hakkinen et al., 2002;

Jaeger & Mourant, 2001; K. Stanney et al., 2020).

Faktor-faktor yang telah ditemukan oleh peneliti sebelumnya belum berfokus pada penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD sebagai *virtual environment* untuk mengidentifikasi terbentuknya *cybersickness* dan belum diidentifikasi apakah menghasilkan hasil penelitian yang sama atau berbeda dari faktor yang digunakan sehingga dapat memberikan perbedaan yang terhadap penelitian selanjutnya. Tujuan penelitian ini melakukan *literature review* terhadap faktor yang digunakan untuk mengidentifikasi *cybersickness* yang terbentuk pada penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD dan hasil dari penggunaan faktor tersebut.

Metode Penelitian

Penelusuran artikel berasal dari *google scholar, science direct, scopus, springer* dan IEEE dengan kata kunci yang relevan. Dalam pencarian awal, istilah '*VR sickness*', '*cybersickness*', '*motion sickness*', '*simulator sickness*', '*visually induced motion sickness*', '*virtual reality*', dan '*driving simulator*'. Rentang periode publikasi adalah 1992 hingga 2022. dan hasilnya menghasilkan 653 makalah, peneliti melakukan pemilahan berdasarkan hasil penelitian yang disajikan yang menyampaikan faktor yang memberikan pengaruh terhadap terbentuknya *cybersickness* pada simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD sebanyak 17 artikel terdiri dari artikel jurnal dan artikel prosiding.

Identifikasi pemilihan artikel berdasarkan 3 tahapan antara lain:

1. Identifikasi artikel

Artikel yang dipilih berasal dari database *Google Scholar, Science Direct, Scopus, Springer and IEEE*

2. *Screening*.

- a. Screening artikel yang dipilih berdasarkan judul, abstrak dan kesimpulan.
 - b. Artikel dibaca secara menyeluruh yang memiliki kata kunci cybersickness, VR, driving simulator.
3. Digunakan
 Artikel yang digunakan sesuai dengan kata kunci yang ditetapkan.
 Alur pemilihan artikel dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil dan Pembahasan

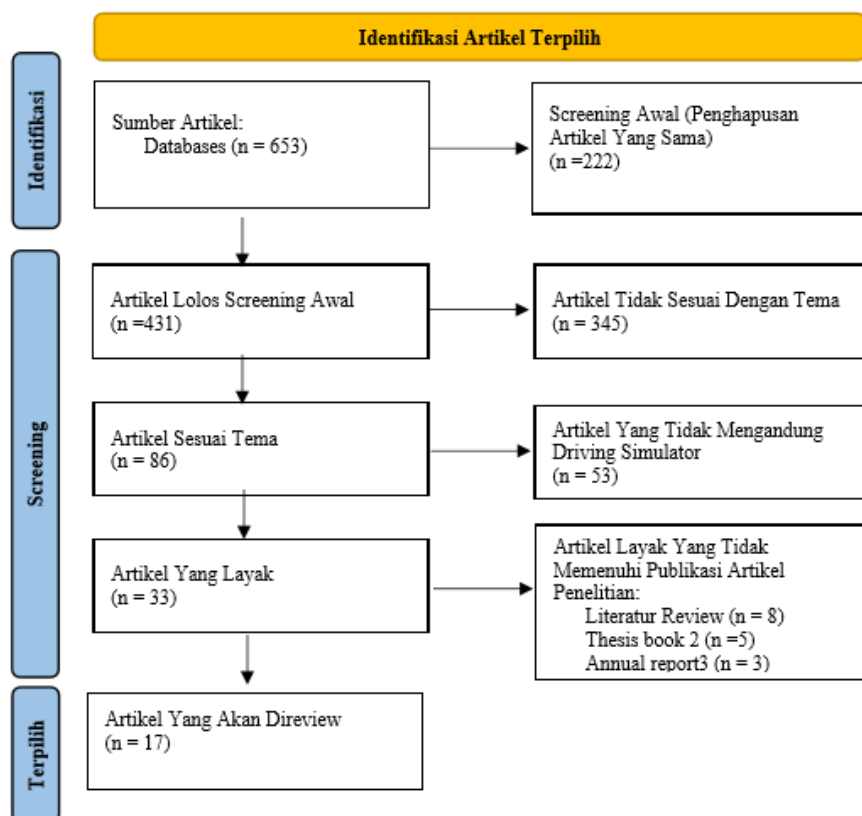
Berdasarkan *literatur review* yang diperoleh penelitian meliputi *review* 17 artikel terkait, penggunaan faktor yang digunakan untuk mengidentifikasi *cybersickness* pada penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD. Gambar 2 di bawah menyajikan infografis dari data deskriptif.

Publikasi artikel terkait *cybersickness* dengan menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD paling banyak pada tahun 2002, 2010, 2016, 2017, 2019 sebanyak 2 artikel, untuk yang lainnya hanya 1 artikel.

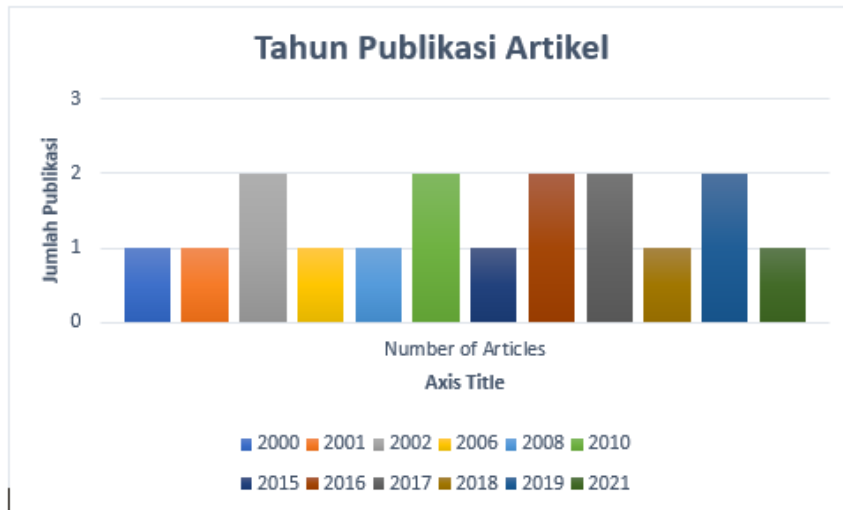
Faktor Yang Mempengaruhi *Cybersickness*

Penelitian telah banyak dilakukan untuk dapat mengidentifikasi faktor yang mengakibatkan terbentuknya *cybersickness*. *Cybersickness* yang terbentuk dapat terjadi selama penggunaan simulator ataupun setelah menggunakannya. Dari hasil *literatur review* yang dilakukan terdapat beberapa faktor yang memberikan pengaruh terhadap besar atau kecilnya *cybersickness* yang terbentuk selama menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD. Faktor-faktor tersebut antara lain jenis kelamin, umur pengguna, pengalaman, postur pengguna, lamanya penggunaan, perangkat keras yang digunakan, *Field Of View* (FOV), dan penyakit bawaan dan waktu penggunaan.

Faktor yang digunakan dari 17 artikel diperoleh sebanyak 21 jumlah faktor perbedaan jumlah artikel dengan jumlah faktor yang digunakan dikarenakan terdapat beberapa artikel menggunakan lebih dari 1 faktor untuk mengidentifikasi *cybersickness*. Penggunaan faktor berdasarkan tahun dapat dilihat dari Gambar 3.



Gambar 1. Identifikasi artikel



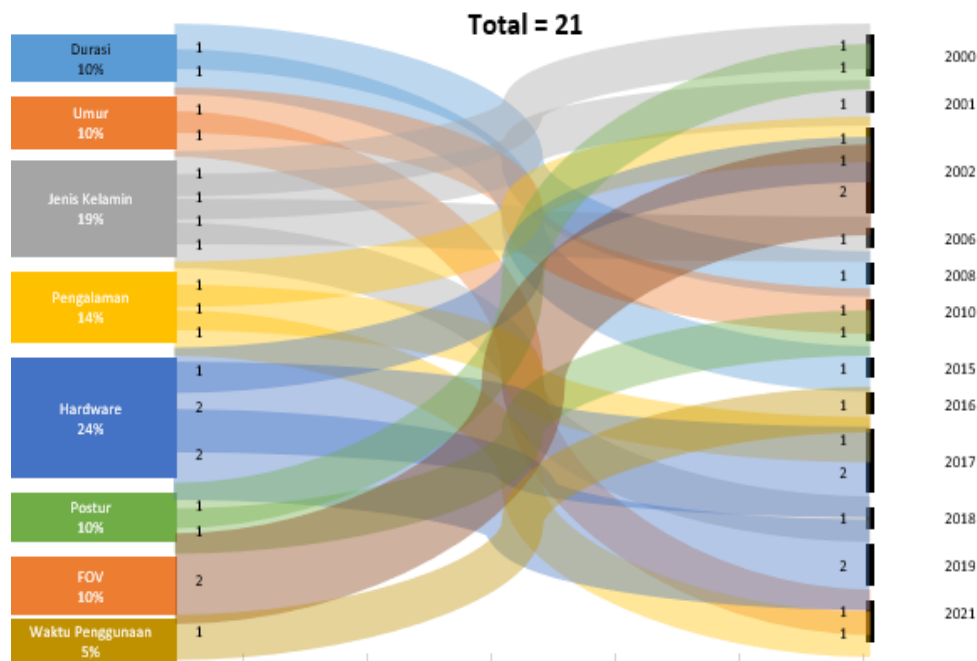
Gambar 2. Tahun publikasi dari artikel

Pada grafik sankey diagram faktor hardware menjadi faktor yang paling banyak diteliti sebanyak 24% dan selanjutnya pada faktor jenis kelamin 19%. Faktor yang paling sedikit diteliti adalah waktu penggunaan sebanyak 5%.

1. Jenis Kelamin

Penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD sebagai alat untuk membantu pengenalan berkendara dapat digunakan oleh pria dan wanita. Penggunaan dari pria dan wanita memberikan efek yang berbeda terhadap terbentuknya *cybersickness*. Berdasarkan hasil

penelitian disampaikan bahwa jenis kelamin wanita cenderung lebih rentan terhadap *cybersickness* dibandingkan pria saat menggunakan simulator mengemudi baik yang berbasis *Head Mounted Display* (HMD) ataupun monitor (Golding et al., 2006; Dobie et al., 2001; Mourant et al., 2000). Sedangkan penelitian lain terkait jenis kelamin terhadap penggunaan *virtual environment* menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dari jenis kelamin pria dan wanita terhadap terbentuknya *cybersickness*.



Gambar 3. Sankey diagram berdasarkan faktor dan tahun

2. Umur

Sejumlah penelitian menyelidiki terkait hubungan antara umur pengguna simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD dengan penggunaan simulator. Umur 18-40 tahun baik laki-laki ataupun wanita diketahui menunjukkan peningkatan skor SSQ-O yang signifikan dibandingkan dengan kelompok usia yang lebih muda. (Brooks et al., 2010; Keshavarz et al., 2018). Pengguna yang lebih tua cenderung lebih tinggi mengalami *cybersickness* dari umur yang lebih rendah dari 26-35 tahun (Godge et al., 2021).

3. Pengalaman

Pengguna yang berpengalaman minimal 1 tahun saat menggunakan simulator mengemudi dengan *Head Mounted Display* (HMD) mengalami *cybersickness* yang lebih rendah dibanding dengan pengemudi pemula (Godge et al., 2021; Seay et al., 2002; Walch et al., 2017). Tetapi pada penelitian dengan menggunakan *virtual environment* yang lain menghasilkan penelitian yang berbeda. Hasilnya tidak ada beda antara pengguna yang tidak berpengalaman dan berpengalaman saat menggunakan *virtual environment* terhadap *cybersickness* yang terbentuk (Schuemie et al., 2005; Alsina-Jurnet dan Gutiérrez-Maldonado, 2010; Ling et al., 2013).

4. Postur

Ketidakstabilan postur dikorelasikan dengan *cybersickness* dalam banyak penelitian (Chang et al., 2013; Dong et al., 2011; Dong & Stoffregen, 2010; Villard et al., 2008). Pada penelitian menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD faktor postur merupakan salah satu faktor yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa postur pasif cenderung lebih cepat terbentuk *cybersickness* dibanding dengan postur yang dinamis (Dong et al., 2010). Sedangkan pada penelitian lain menghubungkan antara pengaruh postur dengan jenis kelamin. Hasilnya menunjukkan bahwa stabilitas postur wanita lebih rendah dibanding dengan pria sehingga mempercepat terjadinya *cybersickness* (Mourant et al., 2000).

5. Lamanya Penggunaan

Banyak penelitian menunjukkan bahwa lamanya waktu menggunakan *virtual environment* dapat meningkatkan ketidak-

nyamanan (McCauley dan Sharkey, 1992; Stanney et al., 1997; Porcino et al., 2016). Bahkan dalam penggunaan singkat konten virtual (<10 menit), pengguna dapat mengalami *cybersickness* (Dennison et al., 2016). Selain itu, beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa menggunakan *virtual environment* lebih dari 10 menit dapat dikaitkan dengan gejala penyakit, dan semakin lama waktu paparan, semakin besar *cybersickness*, batas maksimal penggunaan virtual reality selama 10 menit (Liu & Uang, 2012; Lo & So, 2001; Stanney et al., 2003; So & Lo, 1999). Hasil yang sama juga diperoleh pada penelitian menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD, hasil menunjukkan bahwa lebih dari 10 menit menggunakan simulator mengemudi Berbasis HMD mengakibatkan terjadinya *cybersickness* dan meningkat sampai 60 menit. (Park et al., 2008). Sedangkan penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD dengan jeda setiap 10 menit dapat memperlambat terbentuknya *cybersickness* (Garcia et al., 2015).

6. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam hal ini *Head Mounted Display* (HMD) dan *Monitor Display* (MD) memberikan hasil yang berbeda. Hasil penelitian dengan menggunakan simulator menunjukkan bahwa menggunakan simulator mengemudi berbasis HMD cenderung lebih besar mengakibatkan terjadinya *cybersickness* dibanding dengan menggunakan layar 2 dimensi ataupun dengan menggunakan layar PC/TV (Agic et al., 2019; Seay et al., 2002; Suwarno et al., 2019; Weidner et al., 2017). Hal yang sama juga dihasilkan pada penggunaan *virtual environment* yang lain. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengguna melaporkan skor SSQ (*Sickness Questionnaire Simulator*) yang lebih tinggi ketika mereka mengenakan HMD (Dennison et al., 2016; K. Kim et al., 2014).

7. Field Of View (FOV)

Pada penggunaan *virtual environment* dengan *field of view* yang luas menghasilkan kesan *immerse* yang luar biasa dan berkontribusi pada pembentukan *cybersickness* yang lebih besar (Draper et al., 2001). Hal yang sama juga dihasilkan pada

penggunaan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD, dimana FOV yang lebih besar mengakibatkan *cybersickness* yang terbentuk lebih besar (Seay et al., 2002). Penelitian menyatakan dengan penyempitan konten FOV efektif untuk meredakan gejala subjektif dan objektif. Mengurangi tepi layar atau merender kokpit pada simulasi penerbangan digunakan untuk mempersempit konten FOV (Jeng et al., 2001).

8. Penyakit bawaan

Sebuah penelitian menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD pada penderita penyakit *multiple sclerosis* menghasilkan penelitian dimana pengemudi yang memiliki penyakit bawaan (*multiple sclerosis*) mempercepat terbentuknya *cybersickness* selama penggunaan simulator mengemudi (Arafat et al., 2016).

9. Waktu Penggunaan

Penggunaan simulator sebagai alat untuk pelatihan merupakan hal yang sangat banyak digunakan saat ini. Penggunaan yang sangat banyak tidak memperhatikan waktu saat menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD, sehingga memungkinkan dapat meningkatkan *cybersickness* yang terjadi apabila waktu yang digunakan tidak sesuai dengan kondisi pengguna. Penelitian terhadap waktu memberikan hasil bahwa tingkat *cybersickness* paling tinggi dialami oleh peserta pada kondisi pagi hari tanpa tidur. Di sisi lain, tingkat *cybersickness* paling rendah dialami oleh peserta pada kondisi pagi hari setelah beristirahat pada malam hari (Bahit et al., 2016).

Pengukuran *Cybersickness* Menggunakan Simulator Mengemudi Menggunakan *Virtual Reality* Berbasis HMD

Teknik pengukuran *cybersickness* banyak dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik saat mengukur tingkat *cybersickness* yang terbentuk. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dengan 2 cara antara lain pengukuran subjektif dan objektif.

Pengukuran secara subjektif menggunakan alat kuesioner. Alat kuesioner lebih intuitif dan mudah untuk menggambarkan ketidaknyamanan seseorang saat menggunakan ataupun setelah menggunakan. Untuk

menghindari kekurangan pada pengukuran secara subjektif para peneliti telah mencoba menemukan pengukuran objektif yang sangat berkorelasi dengan laporan diri pada saat menggunakan pengukuran subjektif

1. Pengukuran *Cybersickness* Secara Subjektif

Pengukuran *cybersickness* secara subjektif paling banyak digunakan adalah kuesioner *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ) yang dikembangkan oleh Kennedy et al., (1993). SSQ terdiri dari 16 item dengan jawaban terdiri dari 0 hingga 3 tergantung pada tingkat keparahan gejala peserta. SSQ dapat dibagi menjadi tiga sub skala yaitu, mual, okulomotor, dan disorientasi. Semakin tinggi skor SSQ menunjukkan bahwa peserta mengalami *cybersickness* yang lebih parah. Jika skor SSQ total lebih tinggi dari 33,3 poin, peserta dapat dinilai mengalami tingkat ketidaknyamanan yang tinggi (Kennedy et al., 2000). Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD untuk mengukur *cybersickness* yang terbentuk dari 17 artikel terdapat 16 artikel yang menggunakan SSQ. Penelitian menunjukkan bahwa SSQ yang dihasilkan lebih tinggi pada saat menggunakan dari pada sebelum menggunakan simulator mengemudi (Park et al., 2008; Brooks et al., 2010; Golding et al., 2006; Dobie et al., 2001; Keshavarz et al., 2018; Godge et al., 2021; Agic et al., 2019; Jeng et al., 2002; Seay et al., 2002; Arafat et al., 2016; Walch et al., 2017; Mourant et al., 2000; Dong et al., 2010; Suwarno et al., 2019; Bahit et al., 2016; Weidner et al., 2017). *The Motion Sickness Assessment Questionnaire* (MSAQ) ditemukan oleh Gianaros et al. (2001) memiliki jumlah pertanyaan yang lebih sedikit dan skala penilaian yang lebih luas dari pada SSQ. MSAQ memiliki empat sub skala yang mempertimbangkan aspek multidimensi dari mabuk perjalanan (Brooks et al., 2010)

2. Pengukuran *Cybersickness* Secara Objektif

Ketidakstabilan postural ditemukan menjadi ukuran objektif yang paling banyak digunakan, dan pengukuran gelombang yang dihasilkan tubuh berupa elektrokardiogram (EKG), elektrogastrogram (EGG), elektroensefalogram (EEG), konduktansi kulit galvanik (GSR),

respirasi dan kadar hormon. (Chang et al., 2020) Proses pengukuran secara objektif dilakukan dengan merekam gelombang yang dihasilkan dari aktivitas menggunakan *virtual reality* (Chardonnet et al., 2015; Chen et al., 2011; Dong & Stoffregen, 2010; Duh et al., 2004; Villard et al., 2008). Penelitian pada simulator mengemudi menggunakan *virtual reality* berbasis HMD untuk mengidentifikasi *cybersickness* yang terbentuk dilakukan dengan menggunakan EEG (Park et al., 2008., Agic et al., 2019), menggunakan GSR (Arafat et al., 2016), dan menggunakan *Galvanic Cutaneous Simulation* (Garcia et al., 2015).

Penelitian Selanjutnya

Penelitian yang dilakukan menyatakan bahwa wanita, responden yang berusia diatas 25 lebih cepat terjadinya *cybersickness* begitu juga dengan postur pasif dari responden hal ini mengakibatkan penggunaan *virtual reality* menjadi sangat terbatas khususnya pada penggunaan simulator mengemudi untuk penggunaan sebagai bahan pembelajaran mengemudi mobil.

Penggunaan simulator mengemudi dapat digunakan dengan maksimal tanpa

menghasilkan *cybersickness* yang besar maka penelitian dapat dilakukan dengan melakukan tindakan pencegahan khususnya tidak hanya pada faktor *hardware* dan *software* tetapi juga pada perilaku pengguna dengan faktor yang memiliki efek *cybersickness* yang besar dan penggunaan dengan jeda pada responden wanita serta pengguna yang lebih tua >25 tahun, dengan batas maksimal penggunaan selama 10 menit.

Implikasi secara teoritis yang diperoleh *literature review* terhadap faktor yang digunakan untuk mengidentifikasi *cybersickness* yang terbentuk pada penggunaan simulator mengemudi dan hasil dari penggunaan faktor tersebut. Secara implikasi praktis identifikasi faktor yang mempengaruhi *cybersickness* pada simulator driving ini untuk menekankan tentang peran faktor sehingga tidak mengakibatkan terjadinya *cybersickness* yang parah pada saat menggunakan driving simulator sebagai alat praktik mengemudi.

Rekapitulasi dari literatur yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi artikel

No	Artikel	Faktor	Pengukuran		Hubungan Dengan <i>Cybersickness</i>
			Subjektif	Objektif	
1	Park et al (2008)	Lamanya Penggunaan	SSQ	EEG	Lebih dari 10 menit menggunakan <i>Simulator mengemudi</i> berbasis HMD mengakibatkan terjadinya <i>cybersickness</i> sampai 60 menit
2	Brooks et al (2010)	Umur	SSQ, MSAQ	-	Pengguna lebih tua cenderung lebih cepat terjadinya <i>cybersickness</i>
3	Golding et al, (2006)	Jenis Kelamin	SSQ	-	Wanita lebih rentan terhadap <i>cybersickness</i> dibandingkan pria
4	Dobie et al (2001)	Jenis Kelamin	SSQ	-	Wanita lebih rentan terhadap <i>cybersickness</i> dibandingkan pria
5	Keshavarz et al., 2018	Umur	SSQ	-	Pengguna lebih tua cenderung lebih cepat terjadinya <i>cybersickness</i> dibanding berusia 25 tahun
6	Godge et al (2021)	Umur Pengalaman	SSQ	-	Pengguna yang lebih tua cenderung lebih tinggi mengalami <i>cybersickness</i> dari umur yang lebih rendah yaitu 26-35 tahun Pengemudi yang lebih berpengalaman minimal 1 tahun mengalami <i>cybersickness</i> yang lebih rendah dibanding dengan pengemudi pemula
7	Agic et al (2019)	Perangkat Keras	SSQ	EEG	Penggunaan hardware berupa HMD lebih tinggi mengakibatkan terjadinya <i>cybersickness</i> dibanding dengan menggunakan layar 2D

No	Artikel	Faktor	Pengukuran		Hubungan Dengan <i>Cybersickness</i>
			Subjektif	Objektif	
8	Jeng et al (2002)	FOV	SSQ	-	FOV yang lebih besar mengakibatkan <i>Cybersickness</i> yang terbentuk lebih besar
9	Seay et al (2002)	FOV	SSQ	-	FOV yang lebih besar mengakibatkan <i>Cybersickness</i> yang terbentuk lebih besar
		Perangkat Keras			Penggunaan <i>hardware</i> berupa HMD lebih tinggi mengakibatkan terjadinya <i>cybersickness</i> dibanding dengan menggunakan layar
10	Arafat et al (2016)	Penderita penyakit yang spesifik	SSQ	GSR	Pengemudi yang memiliki penyakit bawaan (<i>Multiple Sclerosis</i>) mempercepat terbentuknya <i>cybersickness</i> selama penggunaan simulator mengemudi
		Pengalaman			Pengemudi yang lebih berpengalaman mengalami <i>cybersickness</i> yang lebih rendah dibanding dengan pengemudi pemula
11	Walch et al (2017)	Pengalaman	SSQ	-	Pengemudi yang lebih berpengalaman mengalami <i>cybersickness</i> yang lebih rendah dibanding dengan pengemudi pemula
		Perangkat Keras			Penggunaan <i>hardware</i> berupa HMD lebih tinggi mengakibatkan terjadinya <i>cybersickness</i> dibanding dengan menggunakan layar
12	Garcia et al (2015)	Lamanya Penggunaan	-	Galvanic Cutaneous Simulation	Penggunaan Simulator mengemudi secara intermiten dapat mencegah terjadinya <i>cybersickness</i> yang lebih besar
13	Mourant et al (2000)	Jenis Kelamin	SSQ	-	wanita lebih rentan terhadap <i>cybersickness</i> dibandingkan pria
		Postur			Stabilitas postur wanita lebih rendah dibanding dengan pria sehingga mempercepat terjadinya <i>cybersickness</i>
14	Dong et al (2010)	Postur	SSQ	-	Postur pasif cenderung lebih cepat terbentuk <i>cybersickness</i> dibanding dengan postur yang dinamis
15	Suwarno et al (2019)	Perangkat Keras	SSQ	-	Penggunaan <i>hardware</i> berupa HMD lebih tinggi mengakibatkan terjadinya <i>cybersickness</i> dibanding dengan menggunakan layar
16	Bahit et al (2016)	Waktu Penggunaan	SSQ	-	Penggunaan Simulator saat pagi hari lebih tinggi terbentuknya <i>cybersickness</i> dibanding dengan sing hari
17	Weidner et al (2017)	Perangkat Keras	SSQ	-	Penggunaan <i>hardware</i> berupa HMD lebih tinggi mengakibatkan terjadinya <i>cybersickness</i> dibanding dengan menggunakan layar

Kesimpulan

Simulator mengemudi merupakan alat penelitian ilmiah yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di jalan raya. Meskipun simulator mengemudi menggunakan *virtual reality*

berbasis HMD biasa digunakan di bidang penelitian, ada kekhawatiran bahwa simulator dapat menyebabkan efek samping biomedis bagi pengguna dikenal sebagai *cybersickness*. Terdapat faktor yang dapat mempengaruhi *cybersickness* yang terbentuk seperti jenis kelamin, umur pengguna, pengalaman, postur

pengguna, lamanya penggunaan, perangkat keras yang digunakan, *Field Of View* (FOV), dan penyakit bawaan dan waktu penggunaan. Selain faktor pengukuran yang dilakukan untuk dapat mengidentifikasi *cybersickness* yang terbentuk terbagi menjadi 2 bagian yaitu secara subjektif dengan menggunakan SSQ dan secara objektif menggunakan EEG, GSR dan GCS.

Daftar Pustaka

- Agić, A., & Mandić, L. (2019). Evaluation of cybersickness in virtual reality in simulator mengemudi. In *Acta Graphica* (Vol. 30, Issue 2).
- Arafat, I. M., Ferdous, S. M. S., & Quarles, J. (2016). The effects of cybersickness on persons with multiple sclerosis. *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST, 02-04-November-2016*, 51–59. <https://doi.org/10.1145/2993369.2993383>
- Bahit, M., Wibirama, S., Nugroho, H. A., Winadi, M. N., & Wijayanto, T. (2016). *Pengaruh Kebugaran Fisik dan Perbedaan Waktu Pagi-Malam pada Cybersicknes Saat Memainkan Video Game Simulasi Mengemudi*.
- Benzeroual, K., & Allison, R. S. (2013). Cyber (motion) sickness in active stereoscopic 3D gaming. 2013 International Conference on 3D Imaging, 1–7. <https://doi.org/10.1109/IC3D.2013.6732090>
- Bonato, F., Bubka, A., Palmisano, S., Phillip, D., & Moreno, G. (2008). Vection change exacerbates simulator sickness in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 17(3), 283–292. <https://doi.org/10.1162/pres.17.3.283>
- Brooks, J. O., Goodenough, R. R., Crisler, M. C., Klein, N. D., Alley, R. L., Koon, B. L., Logan, W. C., Ogle, J. H., Tyrrell, R. A., & Wills, R. F. (2010). Simulator sickness during driving simulation studies. *Accident Analysis and Prevention*, 42(3), 788–796. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.013>
- Chang, E., Hwang, I., Jeon, H., Chun, Y., Kim, H. T., & Park, C. (2013). Effects of rest frames on cybersickness and oscillatory brain activity. 2013 International Winter Workshop on Brain-Computer Interface (BCI), 62–64. <https://doi.org/10.1109/IWW-BCI.2013.6506631>
- Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1658–1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Chardonnet, J.-R., Mirzaei, M. A., & Mérienne, F. (2015). Visually Induced Motion Sickness Estimation and Prediction in Virtual Reality using Frequency Components Analysis of Postural Sway Signal Frédéric Merienne Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Visually Induced Motion Sickness Estimation and Prediction in Virtual Reality using Frequency Components Analysis of Postural Sway Signal. <https://www.researchgate.net/publication/283856134>
- Chen, Y.-C., Dong, X., Hagstrom, J., & Stoffregen, T. A. (2011). Control of a virtual ambulation influences body movement and motion sickness. *BIO Web of Conferences*, 1, 00016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20110100016>
- Dennison, M. S., Wisti, A. Z., & D'Zmura, M. (2016). Use of physiological signals to predict cybersickness. *Displays*, 44, 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2016.07.002>
- Dong, X., Yoshida, K., & Stoffregen, T. A. (2011). Control of a virtual vehicle influences postural activity and motion sickness. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 17(2), 128–138. <https://doi.org/10.1037/a0024097>
- Dong, X., & Stoffregen, T. A. (2010). Postural activity and motion sickness among drivers and passengers in a console video game. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2, 1340–1344. <https://doi.org/10.1518/107118110X12829369835680>
- Dobie, T., McBride, D., Dobie Jr., T., May, J., 2001. The effects of age and sex on susceptibility to motion sickness. *Aviat. Space Environ. Med.* 72, 13–20.
- Freitag, S., Weyers, B., & Kuhlen, T. W. (2016). Examining Rotation Gain in CAVElike Virtual Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(4), 1462–1471. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2518298>

- Gálvez-García, G., Hay, M., & Gabaude, C. (2015). Alleviating simulator sickness with galvanic cutaneous stimulation. *Human Factors*, 57(4), 649–657. <https://doi.org/10.1177/0018720814554948>
- Gonçalves, G. (2018). Virtual Reality Games: a study about the level of interaction vs. narrative and the gender in presence and cybersickness. *IEEE*
- Godge, T., Kroll, V., Vernon, M., Ventsislavova, P., & Crundall, D. (2021). A comparison of cybersickness symptoms across 360-degree hazard perception and hazard prediction tests for drivers. *Applied Ergonomics*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103549>
- Golding, J. F. (2006). Motion sickness susceptibility. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 129(1–2), 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2006.07.019>
- Häkkinen, J., Ohta, F., & Kawai, T. (2019). Time course of sickness symptoms with HMD viewing of 360-degree videos. *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology*, 2019(3). <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2018.62.6.060403>
- Howarth, P. A., & Costello, P. J. (1997). The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system
- Hildebrandt, J., Schmitz, P., Calero Valdez, A., Kobbelt, L., & Ziefle, M. (2018). Get Well Soon! Human Factors' Influence on Cybersickness after Redirected Walking Exposure in Virtual Reality
- Jaeger, B. K., & Mourant, R. R. (2001). Comparison of Simulator Sickness Using Static and Dynamic Walking Simulators. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 45(27), 1896–1900. <https://doi.org/10.1177/154193120104502709>
- J. Edquist, T. Horberry, S. Hosking, and I. Johnston, "Effects of advertising billboards during simulated driving," *Appl. Ergon.*, vol. 42, no. 4, pp. 619–626, May 2011
- Jeng, J., Lin, W., Duh, H. B. L., Parker, D. E., Abi-Rached, H., & Furness, T. A. (2002). *Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory, and Simulator Sickness in a Virtual Environment*.
- Kim, J., Chung, C. Y. L., Nakamura, S., Palmisano, S., & Khuu, S. K. (2015). The Oculus Rift: A cost-effective tool for studying visual-vestibular interactions in self-motion perception. *Frontiers in Psychology*, 6(MAR). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00248>
- Kim, K., Rosenthal, M. Z., Zielinski, D. J., & Brady, R. (2014). Effects of virtual environment platforms on emotional responses. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(3), 882–893. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.12.024>
- Keshavarz, B., Hecht, H., & Zschutschke, L. (2011). Intra-visual conflict in visually induced motion sickness. *Displays*, 32(4), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2011.05.009>
- Keshavarz, B., Ramkhalawansingh, R., Haycock, B., Shahab, S., Campos, J.L., 2018. Comparing simulator sickness in younger and older adults during simulated driving under different multisensory conditions. *Transport. Res. F Traffic Psychol. Behav.* 54, 47–62.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993a). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3
- Kemeny, A., Chardonnet, J.-R., & Colombet, F. (2020). Getting Rid of Cybersickness In Virtual Reality, Augmented Reality, and Simulators.
- Kobayashi, N., Iinuma, R., Suzuki, Y., Shimada, T., & Ishikawa, M. (2015). Using BioSignals to Evaluate Multi Discomfort in Image Viewing - Balancing Visually Induced Motion Sickness and Field of View -. https://doi.org/10.0/Linux-x86_64
- LaViola, J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47–56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Liu, C.-L., & Uang, S.-T. (2012). A study of sickness induced within a 3D virtual store and combated with fuzzy control in the elderly. *2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge*

- Discovery, 334–338.
<https://doi.org/10.1109/FSKD.2012.6234149>
- Merhi, O., Faugloire, E., Flanagan, M., & Stoffregen, T. A. (2007). Motion sickness, console video games, and head-mounted displays. *Human Factors*, 49(5), 920–934.
<https://doi.org/10.1518/001872007X230262>
- McCauley, M. E., & Sharkey, T. J. (1992). Cybersickness: Perception of Self-Motion in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(3), 311–318.
<https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.311>
- Mourant, R. R., & Thattacheny, T. R. (n.d.). *SIMULATOR SICKNESS IN A VIRTUAL ENVIRONMENTS SIMULATOR MENGEMUDI*
- Park, J. R., Lim, D. W., Lee, S. Y., Lee, H. W., Choi, M. H., & Chung, S. C. (2008). Long-term study of simulator sickness: Differences in EEG response due to individual sensitivity. *International Journal of Neuroscience*, 118(6), 857–865.
<https://doi.org/10.1080/00207450701239459>
- Rebenitsch, L., & Owen, C. (2016). Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, 20(2), 101–125.
<https://doi.org/10.1007/s10055-0160285-9>
- Stanney, K. M., Hale, K. S., Nahmens, I., & Kennedy, R. S. (2003b). What to Expect from Immersive Virtual Environment Exposure: Influences of Gender, Body Mass Index, and Past Experience. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 45(3), 504–520.
<https://doi.org/10.1518/hfes.45.3.504.27254>
- Sharples, S., Cobb, S., Moody, A., & Wilson, J. R. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2), 58–69.
<https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.005>
- Seay, A. F., Krum, D. M., Hodges, L., & Ribarsky, W. (2002). Simulator Sickness and Presence in a High Field-Of-View Virtual Environment.
- Stanney, K., Fidopiastis, C., & Foster, L. (2020). Virtual Reality Is Sexist: But It Does Not Have to Be. *Frontiers in Robotics and AI*, 7.
<https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00004>
- So, R. H. Y., Lo, W. T., & Ho, A. T. K. (2001). Effects of Navigation Speed on Motion Sickness Caused by an Immersive Virtual Environment. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43(3), 452–461.
<https://doi.org/10.1518/001872001775898223>
- Suwarno, D. C. D., Wijayanto, T., & Trapsilawati, F. (2019). Cybersickness Evaluation While using Simulator mengemudi in a Head-Mounted Display Environment. 2019 International Conference on Mechatronics, Robotics and Systems Engineering (MoRSE), 103–106.
<https://doi.org/10.1109/MoRSE48060.2019.8998692>
- Villard, S. J., Flanagan, M. B., Albanese, G. M., & Stoffregen, T. A. (2008). Postural instability and motion sickness in a virtual moving room. *Human Factors*, 50(2), 332–345.
<https://doi.org/10.1518/001872008X250728>
- Walch, M., Frommel, J., Rogers, K., Schüssel, F., Hock, P., Dobbelsstein, D., & Weber, M. (2017). Evaluating VR driving simulation from a player experience perspective. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, Part F127655*, 2982–2989.
<https://doi.org/10.1145/3027063.3053202>
- Weidner, F., Hoesch, A., Poeschl, S., Broll, W., 2017. Comparing VR and Non-VR Driving Simulations: an Experimental User Study. 2017 IEEE Virtual Reality (VR). IEEE, Los Angeles, CA, pp. 281–282.

This page is intentionally left blank.