

Pengaruh Antarmuka, Beban Kerja Fisik Dan Beban Kerja Mental pada Kesadaran Situasi dan Performansi Dalam Tugas Mengemudi

Mia Tri Utami ¹⁾, Chiu-Hsiang Lin ²⁾, Budi Hartono ³⁾, Faradhina Azzahra ⁴⁾

^{1,3,4)} Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

²⁾ National Taiwan University of Science and Technology.
No. 43 號, Section 4, Keelung Rd, Da'an District, Taipei City, Taiwan 106
Email: mia.tri.utami@mail.ugm.ac.id

Abstrak. Persentase peningkatan jumlah kendaraan sebesar 6,49% diiringi dengan peningkatan persentase kecelakaan sebesar 6,88% tahun 2014 – 2018. Peningkatan jumlah kecelakaan terjadi karena adanya kelalaian dari pengemudi. Agar terhindar dari kecelakaan maka perlu penelitian *Situational Awareness* (SA). Terdapat kekurangan saat mengukur SA menggunakan monitor. Pada penelitian ini menyajikan pengukuran SA menggunakan VR. Penelitian berfokus pada variabel antarmuka, beban kerja mental dan fisik. Tujuan penelitian yaitu membandingkan tipe interface VR dan monitor untuk mengetahui yang lebih baik atau sensitif. Subjek berjumlah 8 orang dan diberikan 8 skenario. Pada saat mental workload tinggi maka kepadatan lalu lintas juga tinggi begitupula sebaliknya. Pada saat physical workload tinggi maka subjek diberi perlakuan terlebih dahulu untuk lari diatas treadmill. Namun saat physical workload rendah maka tidak diberi perlakuan lari diatas treadmill. Total waktu mengemudi yaitu 15 menit setiap 5 menit subjek diberikan kuisioner QUASA. Penelitian menunjukan VR lebih baik dari pada monitor. Saat menggunakan VR lebih memiliki efek realistis terbukti adanya peningkatan LF/HF ratio. Peningkatan rasio LF/HF menunjukan bahwa saraf simpatik lebih dominan saat menggunakan VR. Selain itu, data EEG menunjukan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada kombinasi penggunaan interface dan mental workload. Namun, hasil uji statistic pada SA dan performance tidak memiliki hubungan yang signifikan.

Katakunci: Virtual Reality, Situational Awareness, Physical Workload dan Mental Workload

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah kecelakaan terjadi karena adanya kelalaian dari pengemudi. Agar dapat terhindar dari kecelakaan maka perlu mempertimbangkan penerapan konsep *Situational Awareness* (SA). SA adalah persepsi apa yang terjadi dilingkungan dalam satu volume, ruang dan waktu serta pemahaman maknanya dan proyeksi statusnya dalam waktu dekat [1]. SA digunakan untuk keselamatan dalam kontrol sistem yang kompleks. Identifikasi variabel yang mempengaruhi SA dan interaksinya adalah faktor kunci mencegah adanya kecelakaan [2]. Terdapat penelitian terkait SA dengan menggunakan bantuan *driving simulation*. Pengaruh kondisi lingkungan terhadap SA. Terdapat beberapa variabel yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan terhadap SA [3]. *Task and environmental factors* yang dibahas pada penelitian ini yaitu *workload* dan *interface*. *Mental workload*, *physical workload* dan *situational awareness* merupakan kebutuhan praktis untuk mengukur kinerja pengemudi dan tugas kompleks yang dinamis.

Pengukuran yang *valid* dalam *driving simulator* dapat menimbulkan kekhawatiran karena *driving simulator* menggunakan monitor belum serealistik skenario mengemudi di jalan raya umum [4]. Pengendara perlu memperhatikan SA saat menggunakan VR. Penelitiannya ingin mengetahui SA pengendara *forklift* dengan pekerja disekitarnya yang hasilnya signifikan memberikan pengaruh terhadap kompleksitas dari subtask yang sedang dilakukan. Adanya pengaruh SA saat menggunakan VR membuka kesempatan untuk melakukan penelitian dalam bidang tersebut [5]. Penelitian yang membahas mengenai variabel-variabel yang mempengaruhi SA saat menggunakan *driving simulator* menggunakan monitor telah dikerjakan. Namun, untuk variabel-variabel yang mempengaruhi SA saat menggunakan VR belum dilakukan. Maka dari itu dirasa perlu untuk meneliti pengaruh penggunaan *interface* (monitor atau VR) agar dapat membandingkan yang lebih baik atau sensitif saat mengukur SA dengan mengukur variabel beban kerja fisik dan mental.

2. Metode

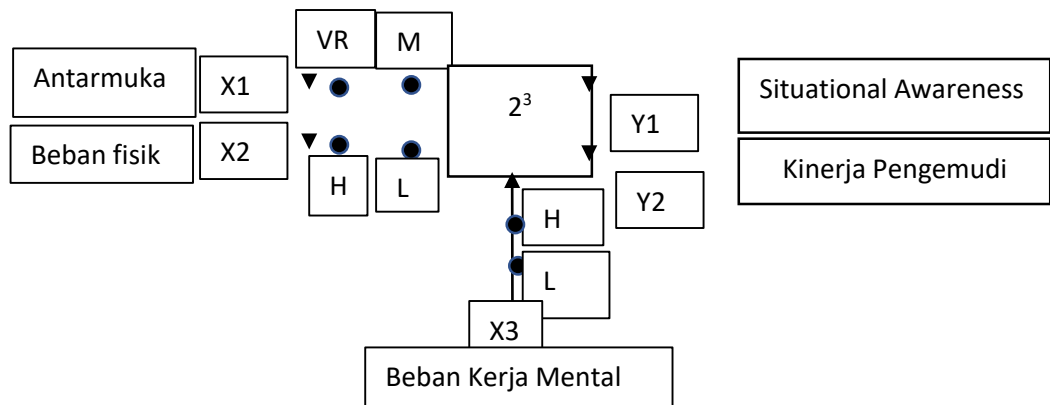
2.1 Design of Experiment

Pada penelitian ini menggunakan *full factorial experiment* 2^3 faktorial design yang terdapat 8 kondisi eksperimen. Tabel 1 merupakan skenario *Design of Experiment* pada penelitian ini

Tabel 1 Skenario *Design of Experiment*

Physical Workload	Tipe Antarmuka	Mental Workload	
		High	Low
Low physical workload	VR	low physical workload, VR dan high mental workload	low physical workload, VR dan low mental workload
	Monitor	low physical workload, monitor dan high mental workload	low physical workload, monitor dan low physical workload
High Physical	VR	High physical workload, VR dan high mental workload	High physical workload, VR dan low mental workload
	Monitor	High physical workload, monitor dan high mental workload	High physical workload, monitor dan low mental workload

Input dari penelitian ini yaitu berupa 3 variabel X yang terdiri dari antarmuka, beban kerja fisik dan beban kerja mental. Terdapat 2 variabel Y yang terdiri dari SA dan perfomansi mengemudi. Pada setiap variabel X memiliki level faktor. Pada *interface* terdapat dua level faktor yang terdiri dari *interface* VR dan monitor (M). Level faktor dari beban kerja fisik terdiri dari beban kerja fisik tinggi (H) dan beban kerja fisik rendah (L). Level faktor dari mental workload yaitu *high* (H) dan *low* (L).



Gambar 1 *Design of Experiment*

2.2 Experiment Factorial

Eksperimen faktorial merupakan suatu desain eksperimen dimana seluruh level dari suatu faktor dikombinasikan dengan seluruh level dari faktor-faktor lainnya. Pada *experiment factorial*, setiap variabel memiliki dua kondisi yang berbeda yaitu kondisi (-) dan (+). Pada saat kondisi *mental workload* (-) atau *low mental workload*, maka subjek diberi perlakuan untuk berkendara dikepadatan lalu lintas yang memiliki kepadatan lalu lintas sepi sebesar 20% dengan perilaku berkendara yang tenang dan

terdapat beberapa pejalan kaki menyebrang jalan. Pada saat kondisi *low mental workload* atau *high mental workload* yaitu kepadatan lalu lintas yang tinggi dengan tingkat 80% dengan perilaku berkendara yang kecepatan tinggi serta jalan juga dipenuhi oleh pejalan kaki. Tabel 2 merupakan tabel eksperimen faktorial yang terdiri dari tipe *interface*, *physical workload* dan *mental workload*.

Tabel 2 *Experiment Factorial*

No	Tipe Antarmuka	<i>Physical Workload</i>	<i>Mental Workload</i>
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

3. Pembahasan

Pada bab ini akan membahas tentang pengaruh *antarmuka* terhadap beban kerja fisik, *antarmuka* terhadap beban kerja mental dengan menggunakan data EEG.

3.1. Efek Antarmuka Terhadap EEG

Sub bab ini menjelaskan hasil pengaruh antarmuka, *mental workload* dan beban kerja fisik menggunakan metode RM ANOVA. Tujuan dari analisis menggunakan RM ANOVA adalah untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Efek dari perbedaan *antarmuka* memiliki perbedaan yang signifikan dengan nilai p sebesar 0,066 dengan menggunakan parameter $\text{sig} \geq 0,1$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan saat berkendara menggunakan jenis antarmuka yang berbeda. Hasil pengujian statistik variabel antarmuka dan mental adalah $p = 0,079 \leq 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi variabel *antarmuka* dan *mental* berpengaruh signifikan terhadap data EEG. Hasil pengujian statistik variabel *antarmuka* dan beban kerja fisik adalah $p = 0,639 \geq 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi variabel antarmuka dan beban kerja fisik tidak berpengaruh signifikan terhadap data EEG. Tingkat signifikansi yang digunakan yaitu 0,1. Hasil pengujian statistik variabel antarmuka, mental dan fisik adalah $p = 0,482 \geq 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi variabel antarmuka, mental dan fisik tidak berpengaruh signifikan terhadap data EEG.

3.2 Efek Antarmuka Terhadap Beban Kerja Mental

Analisis EEG berfokus pada gelombang theta karena theta umumnya dikaitkan dengan proses otak yang mendasari beban kerja mental atau memori kerja. Theta berfungsi sebagai frekuensi pembawa untuk pemrosesan kognitif di seluruh wilayah otak yang terpisah lebih jauh. Terdapat perbedaan perlakuan mental beban kerja rendah dan tinggi dalam penelitian ini yang secara signifikan dapat mempengaruhi hasil. Hasil pengujian statistik variabel antarmuka dan beban mental adalah $p = 0,079 \leq 0,1$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi antarmuka dan beban mental berpengaruh signifikan terhadap data EEG.

Selain itu jika dilihat interaksi antara mental dan channel pada EEG terdapat perbedaan yang signifikan antara p value $0,016 \leq 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi mental dan channel berpengaruh signifikan. Pada penelitian ini menggunakan 4 kanal yang terdiri dari Fz, Pz, Cz dan T4. Theta meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan tugas. Pada penelitian ini yang memiliki perbedaan yang signifikan yaitu pada saluran fz dengan nilai $p = 0,039$. Ini juga dibuktikan dalam penelitian lain yang menyatakan bahwa peningkatan theta paling besar terjadi pada lokasi elektroda frontal [6]. Lobus frontal, yang terletak di dahi, bertanggung jawab untuk mempertimbangkan, menentukan dan memecahkan masalah. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan

ketika pengemudi mempertimbangkan untuk menentukan dan memecahkan masalah saat kondisi kepadatan lalu lintas sepi dan ramai.

3.3 Efek Antarmuka Terhadap Beban Kerja Fisik

Hasil pengaruh dari *antarmuka* pada beban kerja fisik berdasarkan data EEG tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Nilai pengolahan statistik menunjukkan nilai p sebesar 0,639. Hal ini terjadi karena pengukuran beban kerja fisik lebih akurat direpresentasikan dengan menggunakan data detak jantung. Hal ini juga terjadi karena pada saat dilakukan uji korelasi pada data denyut jantung dan elektroda didapatkan hasil tidak terdapat korelasi antara data rasio LF/HF. Tabel 1 merupakan hasil uji korelasi data denyut jantung dan elektroda EEG.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Denyut Jantung dan Elektroda EEG

Korelasi	Fz	Cz	pz	T4
Rasio LF/HF	0.809	0.007	0.300	0.085

3.4 Analisis Pengaruh Antarmuka, Beban Kerja Mental dan Fisik Terhadap Performansi

Performansi pada penelitian ini yaitu hasil penjumlahan keseluruhan pelanggaran yang dilakukan oleh pengemudi. Pelanggaran tersebut yaitu berupa jumlah tabrakan dengan kendaraan lain, menabrak pejalan kaki dan tidak mematuhi peraturan lalu lintas. Peneliti mengamati bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara penggunaan monitor dan VR saat mengukur performansi. Hal ini dapat terjadi karena tidak adanya perlakuan yang kompleks yang dapat mempengaruhi performansi. Hal tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan dan juga dapat dipengaruhi oleh peningkatan kecepatan kinerja pengalaman, menjadi lebih efisien dan gangguan kurang sensitif. Hal ini sejalan dengan model kurva belajar yang memprediksi bahwa waktu yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan tugas berkurang dengan bertambahnya pengalaman sesuai dengan fungsi hukum daya, yang terdapat pada performansi pengemudi dalam simulator [7]. Hal lain juga dapat terjadi karena peneliti tidak menetapkan waktu selesai sebagai variabel kontrol. Sehingga membuat responden lebih berhati-hati saat menggunakan VR untuk mengurangi efek *motion sickness*. Artinya tidak ada pengaruh yang signifikan antara antarmuka terhadap performansi berkendara. Jika dilihat dari hasil setiap skenario, dapat dikatakan bahwa VR lebih baik dari monitor, tetapi tidak menunjukkan hasil yang signifikan.

3.5 Efek Antarmuka, Beban Kerja Mental dan Fisik Terhadap SA

Pengaruh kombinasi antarmuka dan beban kerja mental serta antarmuka dan beban kerja fisik tidak menunjukkan adanya hubungan signifikan terhadap SA. Pada saat eksperimen subjek tidak ada konsistensi saat membedakan informasi yang benar dengan informasi yang salah, saat menerima informasi atau menolak informasi dan tingkat kepercayaan saat menggunakan VR dan monitor. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya penyesuaian dari pengendara saat menggunakan VR. Pengendara cenderung memperlambat kecepatan saat menggunakan VR untuk mengurangi efek *motion sickness*. Hal tersebut dapat berpengaruh pada saat menjawab kuisioner SA. Hal tersebut dapat mengakibatkan tidak adanya hubungan signifikan antarmuka, beban kerja mental dan beban kerja fisik.

3.6 Analisis EEG

Kerja fisik menggunakan otot sebagai pemicu aktivitas sentral, sedangkan kerja mental menggunakan otak sebagai pencetusnya. Pada penelitian yang mengukur beban kerja mental maka dapat menggunakan pengukuran gelombang otak dengan EEG [8]. Hasil perhitungan statistik terdapat peningkatan gelombang theta yang signifikan pada titik Fz dengan nilai $p = 0,039$. Pada skenario 5 dan 6 terdapat perbedaan nilai EEG yang signifikan saat menggunakan monitor dan VR. Theta umumnya dikaitkan dengan proses otak yang mendasari beban kerja mental atau memori kerja. Theta berfungsi sebagai frekuensi pembawa untuk pemrosesan kognitif di seluruh wilayah otak yang terpisah di masa depan. Perlakuan pada skenario 5 yaitu saat menggunakan monitor, tanpa adanya perlakuan beban kerja fisik yaitu tanpa berlari diatas *treadmill* dan kepadatan lalu lintas padat. Perlakuan pada skenario 6 yaitu

menggunakan VR, tanpa diberikan perlakuan beban kerja fisik dan kepadatan lalu lintas padat. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada perubahan interface pada gelombang EEG.

3. Simpulan

Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan antarmuka menggunakan data EEG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan saat mengukur antarmuka dan beban kerja mental, namun tidak signifikan saat mengukur beban kerja fisik. Data EEG menunjukkan bahwa theta berfungsi sebagai pembawa frekuensi untuk pemrosesan kognitif di semua wilayah otak yang akan datang selama aktivitas mengemudi. Terdapat perbedaan perlakuan beban kerja mental rendah dan tinggi dalam penelitian ini yang secara signifikan dapat mempengaruhi hasil. Selanjutnya terdapat perbedaan perlakuan antarmuka VR dan monitor selama aktivitas berkendara. Namun, pengaruh kombinasi antarmuka dan beban kerja mental serta interface dan beban kerja fisik tidak menunjukkan adanya hubungan signifikan terhadap SA. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa antarmuka, beban kerja mental dan fisik tidak memiliki pengaruh pada performansi mengemudi. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya pengaruh *learning curve* dan perilaku pengemudi yang cenderung untuk mengurangi efek dari *motion sickness*.

Ucapan Terima kasih

Saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Budi Hartono S.T., M.PM., Ph.D., IPM, ASEAN Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada serta selaku dosen pembimbing tesis serta sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dengan sabar dan selalu memberikan masukan serta semangat sehingga penulisan prosiding ini dapat berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- [1] Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32–64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- [2] Mohammadfam, I., Mirzaei Aliabadi, M., Soltanian, A. R., Tabibzadeh, M., & Mahdinia, M. (2019). Investigating interactions among vital variables affecting situation awareness based on Fuzzy DEMATEL method. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 74(July), 102842. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102842>
- [3] Anggadamar, B., & Wijayanto, T. (2015). *Analisis Pengaruh Physical Workload Terhadap Situation Awareness Dan Performansi Mengemudi Di Pagi Dan Malam Hari* [UGM]. http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/90089
- [4] Brandtner, A., Liebherr, M., Schweig, S., Maas, N., Schramm, D., & Brand, M. (2019). Subjectively estimated vs. objectively measured adaptation to driving simulators – Effects of age, driving experience, and previous simulator adaptation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 440–446. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.05.019>
- [5] Choi, M., Ahn, S., & Seo, J. O. (2020). VR-Based investigation of forklift operator situation awareness for preventing collision accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 136(November 2019), 105404. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105404>
- [6] Shaw, E. P., Rietschel, J. C., Hendershot, B. D., Pruziner, A. L., Miller, M. W., Hatfield, B. D., & Gentili, R. J. (2018b). Measurement of attentional reserve and mental effort for cognitive workload assessment under various task demands during dual-task walking. *Biological Psychology*, 134, 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.01.009>
- [7] Winter, J. C. F., van Leeuwen, P. M., & Happee, R. (2012). Advantages and Disadvantages of Driving Simulators: A Discussion. *Proceedings of the Measuring Behavior Conference, 2012*, 47–50.
- [8] Brouwer, A. M., Hogervorst, M. A., Van Erp, J. B. F., Heffelaar, T., Zimmerman, P. H., & Oostenveld, R. (2012). Estimating workload using EEG spectral power and ERPs in the n-back task. *Journal of Neural Engineering*, 9(4). <https://doi.org/10.1088/1741-2560/9/4/045008>