

Implikasi Gangguan Pemanduan dan Keadaan Jalan terhadap Prestasi Pemandu dalam Keadaan Simulasi

(Implication of Driving Disturbance and Road Condition towards Driver's Performance in Simulated Condition)

Iylia Azura Mohd Mohid^a, Nor Kamaliana Khamis^{a,b,*}

^aMechanical Engineering Programme,

^bCentre for Engineering Materials and Smart Manufacturing (MERCU),

Faculty of Engineering & Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia

ABSTRAK

Aktiviti pemanduan memerlukan pemandu untuk mengawal kenderaan di samping menumpukan perhatian ke atas jalan raya. Kajian lepas menunjukkan faktor persekitaran dan juga tugas sekunder ketika pemanduan antara faktor yang menyumbang kepada berlakunya kepada kemalangan. Tugas sekunder merujuk kepada tugas selain aktiviti pemanduan di jalan raya. Di Malaysia, kelesuan merupakan faktor penyumbang ketiga tertinggi kepada kemalangan jalan raya, iaitu sebanyak 15.7%. Kelesuan ini boleh mengganggu tumpuan dan prestasi ketika memandu kereta. Tujuan kajian ini dilakukan adalah membandingkan kesan pengukuran fisiologikal pemandu dalam dua sesi yang berbeza; i) pemanduan diselangi dengan gangguan dan tugas sekunder dan ii) pemanduan tanpa gangguan. Dalam kajian ini, electroencephalogram (EEG) digunakan bagi merekodkan tindak balas fisiologi dari segi gelombang otak terhadap keadaan aktiviti pemanduan yang berbeza. Seramai 12 orang peserta terlibat dalam ujikaji ini dengan kaedah simulasi kereta. Dapatan kajian menunjukkan terdapat perbezaan tindak balas fisiologi bagi kedua-dua sesi pemanduan. Aktiviti Beta menunjukkan nilai event-related power modulation yang lebih tinggi sehingga akhir pemanduan. Kesimpulannya, faktor jenis gangguan ketika pemanduan dan tugas sekunder menunjukkan dapatan yang berbeza ke atas prestasi pemandu. Kajian ini dapat dijadikan rujukan kepada para pemandu serta badan keselamatan dan penyeliaan jalan raya yang terlibat dalam mengambil kira kesan fisiologi pemandu berdasarkan keadaan aktiviti pemanduan yang berbeza yang memberi kesan ke atas keselamatan pengguna jalan raya.

Kata kunci: Keselamatan; kelesuan; tugas sekunder; pengukuran psikologikal; EEG

ABSTRACT

Driving activities require drivers to control the vehicle while concentrating on the road. Previous studies show environmental factors as well as secondary task while driving are factors that contribute to the occurrence of the road accidents. Secondary task refers to task other than driving activity. In Malaysia, fatigue is the third contributing factor to road accidents, accounting for 15.7%. This fatigue can disturb the focus and performance while driving the car. The purpose of this study was to compare the effects of driver physiological measurements in two different sessions; i) driving under disturbances and secondary tasks and (ii) driving without interruption. In this study, electroencephalogram (EEG) is used to record physiological responses in terms of brain wave in different driving conditions. A total of 12 participants participated in this experiment using a car simulation. The findings show that there are differences in physiological responses for both driving sessions. Beta Activity shows higher Event-related power modulation values until the end of the drive. In conclusion, the type of disruption during driving and secondary tasks shows different findings on driver performance. This study can provide references to drivers and safety and road supervision agencies involved in taking into account the driver's physiological effects based on the different driving conditions that affect the safety of road users.

Keywords: Safety; fatigue; secondary task; psychological measurement; EEG

PENGENALAN

Aktiviti pemanduan boleh mengundang kepada berlakunya kemalangan jalan raya, di mana antara faktor utama berdasarkan kajian-kajian lepas ialah disebabkan oleh kelesuan pemandu. Kemalangan yang berpunca dari kelesuan lazimnya menyebabkan kecederaan yang teruk berbanding kemalangan akibat punca-punca lain. Pemandu yang lesu

bertindak balas lebih lambat dan pertimbangannya mudah terganggu. Hal ini menyebabkan menjadi punca terjadinya kemalangan yang melibatkan beribu-ribu kecederaan dan kematian setiap tahun, yang pada hakikatnya boleh dielakkan (Constantin et al. 2014; Davenne et al. 2012; Durkin et al. 2006; Kyung & Nussbaum 2008).

Kelesuan lazimnya disebabkan oleh masalah-masalah fisiologi seperti berasa kekurangan tenaga, faktor persekitaran

jalan, kepenatan atau keletihan. Kelesuan di kalangan pemandu boleh mendatangkan kesan buruk kepada pemandu (Majid et al. 2013; Brookhuis & deWaard 2010; Chai et al. 2017; Davidović et al. 2018; Ismail et al. 2015; Ngadiran et al. 2008). Sebagai contoh, pemandu cenderung untuk terlibat dalam kemalangan jalan raya disebabkan oleh rasa lesu, mengantuk, bosan dan tidak fokus ketika memandu. Kelesuan di kalangan pemandu juga sering dialami apabila pemandu memandu selepas tempoh berpanjangan secara berterusan serta mengalami gangguan fizikal (Collet et al. 2009).

Isu-isu yang berkaitan dengan keadaan pemandu, terutamanya ketidakselesaan dan kelesuan telah menjadi tumpuan terutamanya dalam industri automotif, di mana keselesaan memandu adalah antara keutamaan dalam reka bentuk dan pembuatan kereta. Banyak penyelidikan telah dijalankan ke atas keadaan pemandu dalam kajian lepas (Anund, Fors & Ahlstrom 2017; Auberlet et al. 2012, Hiemstra-van Mastrig et al. 2017; Rumschlag et al. 2015; Yusoff et al. 2016). Walau bagaimanapun, walaupun banyak kajian yang dijalankan berkaitan dengan isu ini, masih terdapat banyak persoalan yang tidak dijawab dan masalah yang tidak dapat diselesaikan berkaitan keadaan pemandu. Ini mungkin kerana tidak ada penekanan yang diberikan kepada keadaan pemandu pada masa lalu dan kajian yang sedia ada. Di samping itu, penemuan daripada kajian yang dijalankan setakat ini tidak dinyatakan dengan jelas dan ditangani secara komprehensif.

Oleh itu, penilaian terhadap keadaan pemandu berdasarkan tugas dan kedudukan memandu adalah penting untuk memastikan pengalaman memandu yang selamat dan selesa semasa mengendalikan kawalan kereta. Penggunaan kereta bersimulasi dalam penyelidikan berkaitan interaksi antara pemandu dan persekitaran mempunyai banyak kelebihan berbanding penyelidikan di lapangan sebenar. Kelebihannya termasuklah kawalan eksperimen yang lebih baik, keberkesanan, perbelanjaan yang menjimatkan, keselamatan dan kemudahan dalam pengumpulan data (Godley et al. 2002; Gastaldi et al. 2014; Ismail et al. 2016). Sehubungan dengan itu, kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji kesan gangguan dan keadaan jalan di kalangan pemandu dalam keadaan simulasi. Seterusnya, hasil dapatan kajian tersebut boleh diguna pakai oleh badan-badan yang berkaitan dengan keselamatan jalan raya.

KAEDAH KAJIAN

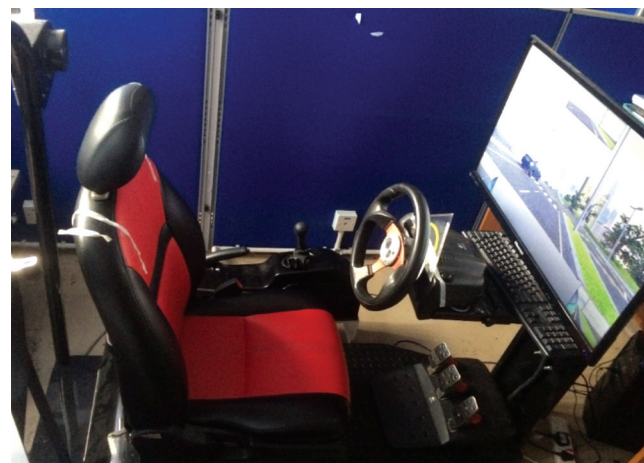
PESERTA

Seramai 12 orang peserta (umur: min = 23.5, s.d = 1.27; berat: min = 67.96, s.d = 9.69; tinggi: min = 169.1, s.d = 7.72) dari kalangan pelajar Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina (FKAB), UKM telah terlibat dalam eksperimen ini. Jumlah sampel kajian ini mencukupi kerana Sekaran dan Bougie (2016) mencadangkan sampel saiz yang minimum bagi kajian yang melibatkan eksperimen adalah seramai 10 orang. Selain itu, dalam kajian lepas juga, sampel saiz ditentukan mengikut jumlah pengukuran dan prosedur eksperimen. Dalam kes

ini, ia merujuk kepada jumlah masa pemanduan dan bilangan pengulangan pemanduan yang diperlukan (Hartley et al. 1994; Brook et al. 2009). Peserta dinasihatkan untuk mempunyai corak tidur yang normal dan tidak mengambil sebarang jenis kafein 24 jam sebelum menjalankan uji kaji. Ini disebabkan oleh kajian lepas menunjukkan pengambilan minuman berkafein boleh mempengaruhi prestasi pemandu (Biggs et al. 2007; Watson et al. 2015). Di samping itu, peserta perlu memastikan keadaan rambut yang kering dan bebas daripada sebarang minyak ataupun gel rambut bagi memudahkan proses penyambungan saluran electroencephalogram (EEG). Peserta memandu kereta simulasi yang terdapat di Makmal Ergonomik, FKAB. Jawatankuasa Etika UKM memberi kebenaran kepada kajian ini dengan nombor rujukan UKM PPI/111/8/JEP-2016-200.

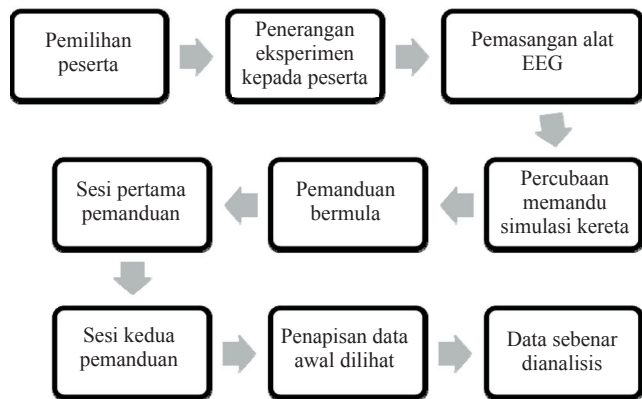
REKA BENTUK EKSPERIMEN

Para peserta perlu menghadiri sesi pemanduan sebanyak dua kali pada hari yang berbeza tetapi pada masa yang sama. Penetapan ini adalah selari dengan kajian lepas yang menyatakan bahawa pengulangan eksperimen berbeza perlu dilakukan pada tempoh masa dan hari berlainan ke atas peserta kerana ia memberi kesan ke atas pemandu (Gastaldi et al. 2014). Sebelum pemanduan sebenar dijalankan, para peserta perlu memandu dan membiasakan diri dengan reka bentuk kereta simulasi dan persekitaran yang dikenakan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Setiap peserta perlu memandu kereta simulasi selama 25 minit untuk satu sesi dengan menggunakan laluan jalan raya yang hampir lurus dan gangguan trafik yang ringan dalam keadaan simulasi. Persekitaran jalan raya adalah menghampiri suasana di kawasan pinggir bandar. Peserta perlu memandu menggunakan gear transmisi manual semasa memandu kereta seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. Eksperimen ini dikendalikan dalam persekitaran yang terkawal dan selamat. Pemanduan dalam keadaan simulasi telah digunakan oleh ramai penyelidik dalam kajian lepas bagi menentukan prestasi pemandu apabila dikenakan pelbagai jenis senario pemanduan yang berbeza (Godley et al. 2002; Ismail et al. 2016; Khamis et al. 2016).



RAJAH 1. Kereta simulasi dan persekitaran jalan raya yang digunakan

Rajah 2 menunjukkan carta alir eksperimen yang dijalankan. Alat pengukuran EEG di pasang pada peserta sebelum eksperimen direkodkan. Peserta perlu memastikan mereka memandu dengan pegangan tangan pada steering pada kedudukan 10-2 dan kedudukan tempat duduk pemandu berada dalam keadaan selesa. Had laju semasa memandu di tetapkan pada kelajuan 70 km/j.



RAJAH 2. Carta alir eksperimen

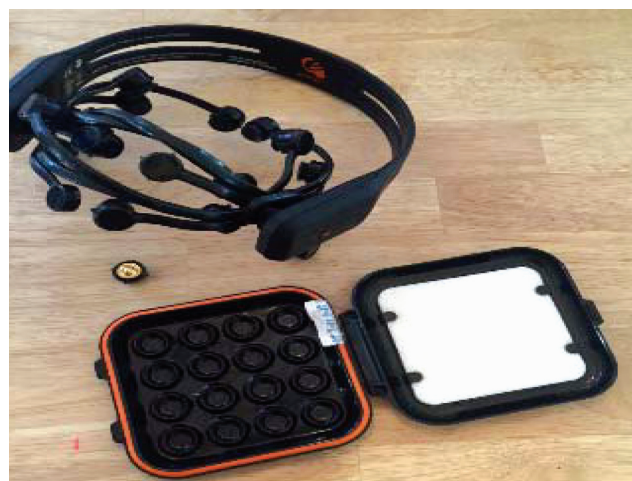
Setiap corak pemanduan telah diaturkan. Dalam eksperimen ini, peserta memandu dengan kehadiran dua jenis gangguan dan satu jenis tugas sekunder seperti ditunjukkan dalam Jadual 1. Untuk gangguan pertama, peserta diberi gangguan berbentuk paparan di skrin hadapan iaitu ayat berbentuk “Lebuhraya bermula, jika anda perlukan bantuan, sila hubungi talian bebas tol. Sila berhati-hati ketika memandu. Selamat jalan dan terima kasih”. Seterusnya, gangguan kedua iaitu pemandu diminta menjawab panggilan telefon. Gangguan ini lebih dikenali sebagai tugas sekunder kerana peserta perlu bertindak selain daripada mengawal kenderaan. Akhir sekali, untuk gangguan ketiga, peserta diminta memperlambatkan hadlaju kenderaan kepada 50 km/h. Aktiviti data EEG direkod untuk sesi kedua.

JADUAL 1. Kitaran gangguan dan tugas sekunder yang dikenakan

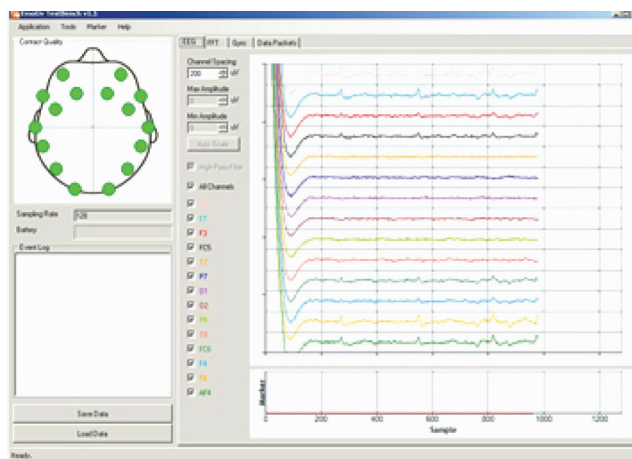
Sesi	Gangguan	Masa (minit)
1	Pemanduan biasa (PB1)	10 minit
	Gangguan 1 (G1): Lebuhraya bermula, jika anda perlukan bantuan, sila hubungi talian bebas tol. Sila berhati-hati ketika memandu. Selamat jalan dan terima kasih.	1 minit
	Pemanduan biasa (PB2)	4 minit
	Gangguan 2 (G2): Menjawab panggilan telefon bimbit (Tugas sekunder)	1 minit
	Pemanduan biasa (PB3)	4 minit
	Gangguan 3 (G3): Perlahankan hadlaju kenderaan kepada 50 km/h	1 minit
2	Pemanduan biasa (PB4)	5 minit
	Pemanduan biasa tanpa gangguan	25 minit

INSTRUMEN DAN ANALISIS DATA

Rajah 3 menunjukkan Emotiv Eloc EEG tanpa wayar yang digunakan dalam eksperimen ini bagi mengukur aktiviti otak ketika pemanduan. Terdapat 14 saluran aktif pada peralatan ini yang dipasang kepada kepala peserta bagi mendapatkan bacaan gelombang otak subjek. EEG mengukur impuls elektrik di otak dengan menggunakan beberapa elektrod yang diletakkan pada kulit kepala. Elektrod (Ag /AgCl elektrod pengkamiran) adalah konduktor yang mana arus elektrik memasuki atau meninggalkan. Data mentah yang diperoleh dimuat naik ke komputer dan dianalisa. Rajah 3 menunjukkan komponen-komponen alat EEG yang digunakan dan Rajah 4 menunjukkan data mentah EEG. Untuk eksperimen ini, hanya nilai Alfa dan Beta sahaja diambil kira kerana tujuan eksperimen adalah untuk melihat implikasi gangguan yang dikenakan ke atas prestasi pemanduan. Oleh itu, saluran aktif di bahagian hadapan kepala diambil bagi tujuan ini iaitu pada saluran hadapan kepala (frontal). Jadual 2 menunjukkan definisi nilai Alfa dan Beta mengikut frekuensi yang ditetapkan. Daripada Jadual 2, nilai alfa yang tinggi, menunjukkan pemandu berasa lesu dan mengantuk. Jika nilai Beta yang tinggi, tahap berjaga-jaga adalah lebih tinggi.



RAJAH 3. Emotive Eloc EEG



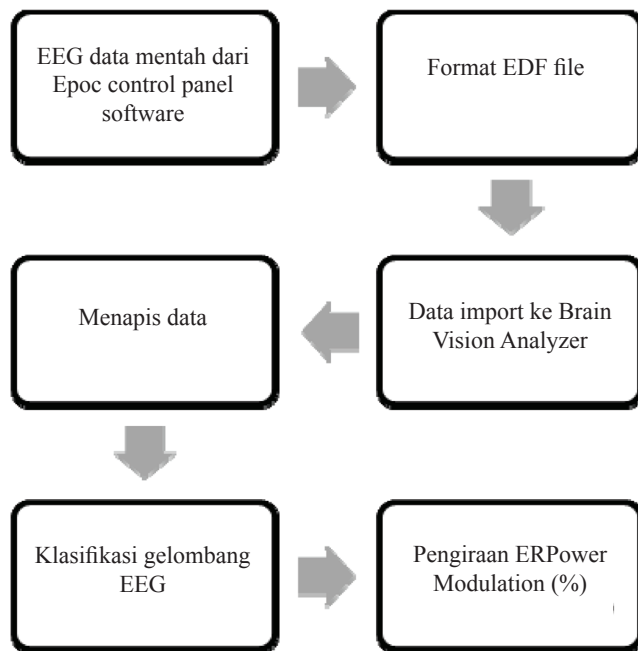
RAJAH 4. Data mentah EEG

JADUAL 2. Gelombang frekuensi minda manusia

Gelombang	Frekuensi (Hz)	Keadaan fikiran
Delta	0.5 – 3.0 Hz	Tidur tanpa mimpi yang mendalam
Theta	3.0 – 8.0 Hz	Badan tidur, minda berjaga.
Alfa	8.0 – 12 Hz	Bermimpi dan berehat
Beta	12 – 38 Hz	Terjaga dan berjaga-jaga
Gamma	38 Hz dan ke atas	Pemprosesan maklumat tahap tinggi

Rajah 5 menunjukkan carta alir pemprosesan data EEG. Dengan menggunakan *Epoc control panel software*, data mentah diperolehi. Data mentah yang diperolehi daripada alat *Emotiv Epoc EEG* kemudian disimpan dalam format *European Data Format (EDF)*. Melalui format EDF, data yang diperolehi dari format ini diimport ke dalam software *Brain Vision Analyzer* mengikut jenis saluran yang berbeza. Seterusnya, data tersebut ditapis. Segala artifak seperti kelipan mata dan pergerakan yang tidak dikehendaki dibuang. Gelombang yang terhasil adalah alfa, Beta, delta dan theta. Seterusnya data yang diperolehi diimport ke perisian Microsoft Excel untuk mendapatkan nilai *Event-related power modulation (%)* atau ERpow (%) dengan menggunakan formula seperti dalam Persamaan (1).

$$ERPow = \left[\frac{Pow\ event - Pow\ baseline}{Pow\ baseline} \right] \times 100 \quad (1)$$



RAJAH 5. Carta alir proses analisis EEG

Transformasi ERPow ditakrifkan sebagai peningkatan atau penurunan peratusan *Power Density* dengan membandingkan data asas dan data semasa memandu. Oleh itu, peningkatan ERPow dinyatakan sebagai nilai positif dan penurunan ERPow sebagai nilai negatif. Merujuk sumber

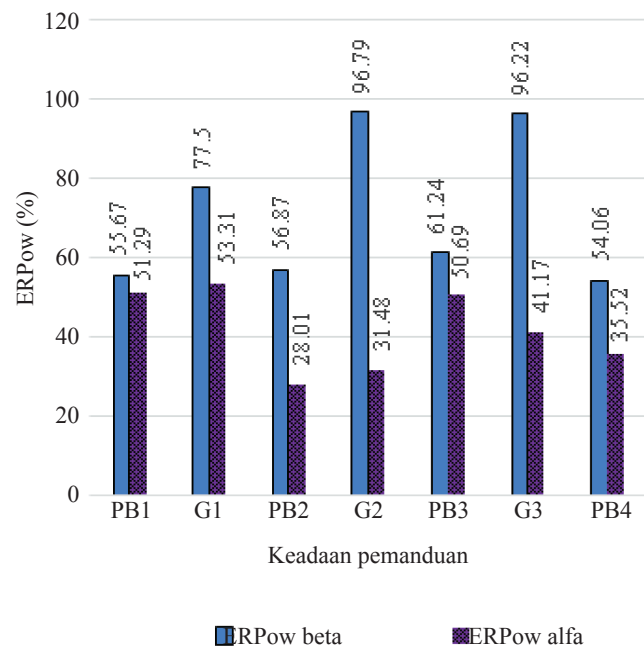
daripada *Brain Works Neurotherapy*, fungsi otak manusia terletak pada lima gelombang yang berbeza oleh kumpulan frekuensi yang berbeza seperti yang dinyatakan dalam Jadual 2. Gelombang frekuensi tersebut adalah gelombang delta, gelombang theta, gelombang alfa, gelombang beta, dan gelombang gamma.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

ANALISIS EEG

Analisa data EEG mengambil kira data daripada *Frontal lobe* dan *Occipital lobe* sahaja, di mana ia mempunyai kaitan dengan tumpuan dan ransangan visual. Hasil analisa adalah untuk membandingkan keadaan otak apabila peserta memandu dalam dua sesi berbeza iaitu dengan kehadiran gangguan dan tanpa kehadiran gangguan. Gelombang alfa dan gelombang beta adalah penunjuk tekanan mental seperti yang dilakukan dalam kajian lepas (Mustafa et al. 2015). Corak alfa dan beta dalam bentuk nilai ERpow (%) pada sesi pertama ditunjukkan dalam Rajah 6.

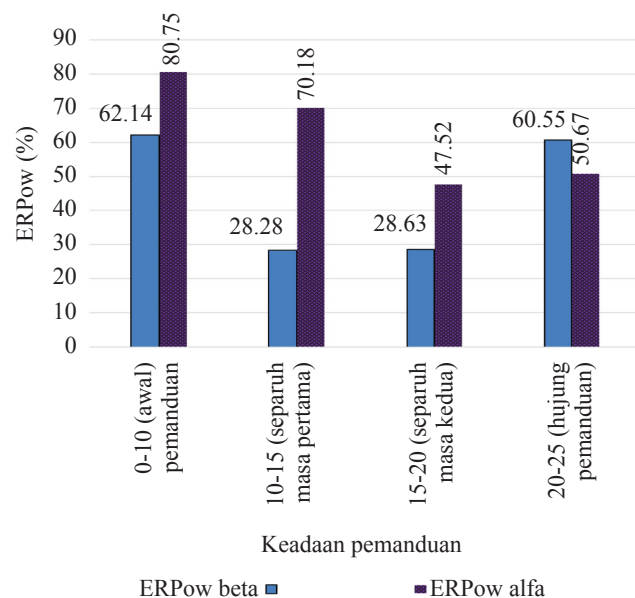
Dari segi beta frekuensi dalam keadaan sesi pertama, ERpow adalah rendah dalam keempat-empat keadaan pemanduan biasa (PB1, PB2, PB3 dan PB4) iaitu antara 54.06% hingga 61.24%. Nilai ERpow pada beta frekuensi tertinggi dicatatkan pada PB3 (61.24%) dan nilai terendah dicatatkan pada PB4 (54.06%). Nilai pada PB3 tinggi mungkin disebabkan oleh keadaan pada ketika selepas dikenakan kepada dua jenis gangguan. Maka, peserta lebih berwaspada. Selain itu, daripada Rajah 6 juga, nilai Alfa frekuensi rendah dari awal pemanduan sehingga akhir pemanduan berbanding pada Beta frekuensi. Sekali lagi, ini jelas menunjukkan, peserta lebih berjaga-jaga ketika dalam pemanduan.



RAJAH 6. Hasil analisa data EEG dari segi frekuensi alfa dan beta pada sesi pertama

Merujuk kepada Rajah 6, dari segi interpretasi hasil ERPow, nilai paling ketara ialah apabila gangguan pertama (77.5%), kedua (96.79%) dan ketiga (96.22%) diberikan. Tahap berjaga-jaga ketika dikenakan gangguan lebih tinggi jika dibandingkan dengan pemanduan biasa. Keputusan ini selari dengan kajian-kajian lepas yang menyatakan bahawa penggunaan telefon bimbit dan gangguan ketika memandu mempengaruhi prestasi memandu (Rosenbloom 2006; Matthew et al. 2003; Mcknight & McKnight 1993; Törnros & Bolling 2005). Dalam dapatan kajian Mustafa et al. (2015), nilai Beta tinggi dan Alfa rendah apabila melakukan tugas dan memberikan kesan tekanan terhadap minda ketika melakukan tugas.

Rajah 7 menunjukkan corak aktiviti Alfa dan Beta dalam sesi pemanduan yang kedua. Berdasarkan Rajah 7, nilai ERPow Alfa berterusan tinggi dan Beta rendah sehingga di pemanduan separuh masa kedua menunjukkan subjek berterusan berasa lesu dan mengantuk ketika memandu. Peserta memandu tanpa sebarang gangguan dari awal pemanduan sehingga akhir pemanduan di mana pemandu berasa bosan ketika memandu. Apabila hampir tamat pemanduan, nilai Beta menunjukkan peningkatan manakala Alfa menurun. Dapatan ini selari dengan kajian Ahlström et al. (2018), di mana tahap mengantuk yang lebih tinggi apabila pemanduan itu membosankan berbanding memandu di kawasan yang tidak membosankan tetapi tahap kesedaran meningkat apabila hampir menuju ke destinasi.



RAJAH 7. Hasil analisa data EEG dari segi frekuensi Alfa dan Beta pada sesi kedua

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan gangguan, tugas sekunder dan persekitaran memainkan peranan penting dalam menentukan prestasi dan keadaan fisiologi pemandu. Pemanduan selama 25 minit dalam dua keadaan yang berbeza iaitu tanpa

gangguan dan dengan gangguan menunjukkan kesan fisiologi dan psikologikal yang berbeza ke atas pemandu. Berdasarkan keputusan EEG yang diperolehi, terdapat perbezaan yang dapat dilihat semasa pemanduan dalam sesi pertama dan kedua. Hasil analisa EEG secara puratanya mendapati bahawa nilai ERPow tinggi bagi aktiviti Beta dan nilai aktiviti Alfa rendah dari awal pemanduan sehingga akhir pemanduan ketika sesi pertama. Ini menunjukkan gangguan memainkan peranan dalam memberikan kesan berjaga-jaga dan tekanan kepada pemandu ketika dalam pemanduan di jalan yang hampir lurus. Bagi sesi kedua, nilai ERPow Alfa berterusan tinggi dan Beta rendah sehingga di pemanduan separuh masa kedua. Ini menunjukkan pemandu berterusan berasa lesu dan mengantuk ketika memandu dalam sesi pemanduan yang kedua. Antara sebab yang menyumbang kepada kesan lesu dan mengantuk ini antaranya ialah disebabkan oleh faktor jenis laluan pemanduan yang membosankan, iaitu jalan yang hampir lurus dalam kajian ini. Namun begitu, apabila hampir tamat pemanduan, nilai Beta menunjukkan peningkatan manakala Alfa menurun. Ini menunjukkan pemandu semakin berjaga-jaga apabila hampir ke destinasi. Dari segi skop kajian, kajian ini menumpukan kepada jenis laluan jalan raya yang hampir lurus dan gangguan trafik yang ringan dalam keadaan simulasi. Persekitaran jalan raya pula adalah menghampiri suasana di kawasan pinggir bandar. Kemungkinan jika dikenakan jalan laluan yang berlainan, prestasi pemanduan pemandu akan menunjukkan nilai berbeza berbanding kajian ini. Secara umumnya, dapatan kajian ini dapat memberikan panduan dan arah tuju untuk kajian di masa hadapan dan untuk pembangunan peralatan dan pengesanan pencegahan kelesuan. Selain itu, ia juga dapat membantu badan-badan yang berkaitan dengan pengangkutan dan keselamatan jalan raya bagi meningkatkan keselamatan pengguna jalan raya.

PENGHARGAAN

Penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan GUP-2017-094 kerana menyediakan sebahagian dana kewangan untuk tujuan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Ahlström, C., Anund, A., Fors, C. & Åkerstedt, T. 2018. Effects of the road environment on the development of driver sleepiness in young male drivers. *Accident Analysis and Prevention* 112(January): 127-134.
- Anund, A., Fors, C. & Ahlstrom, C. 2017. The severity of driver fatigue in terms of line crossing: a pilot study comparing day-and night time driving in simulator. *European Transport Research Review* 9(2): 31.
- Auberlet, J.-M., Rosey, F., Anceaux, F., Aubin, S., Briand, P., Pacaux, M.-P. & Plainchault, P. 2012. The impact of perceptual treatments on driver's behavior: from driving simulator studies to field tests-first results. *Accident Analysis and Prevention* 45: 91-98.

- Biggs, S.N., Smith, A., Dorrian, J., Reid, K., Dawson, D., van den Heuvel, C. & Baulk, S. 2007. Perception of simulated driving performance after sleep restriction and caffeine. *Journal of Psychosomatic Research* 63(6): 573-577.
- Brook, S., Freeman, R., Rosala, G., Campean, F. & Dixon, N. 2009. Ergonomic data measuring system for driver-pedals interaction. *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems* 2(1): 1071-1078.
- Brookhuis, K. & de Waard, D. 2010. Monitoring drivers' mental workload in driving simulators using physiological measures. *Accident Analysis and Prevention* 42(3): 898-903.
- Chai, R., Ling, S. H., San, P. P., Naik, G. R., Nguyen, T. N., Tran, Y. & Nguyen, H. T. 2017. Improving EEG-based driver fatigue classification using sparse-deep belief networks. *Frontiers in Neuroscience*, 11.
- Collet, C., Clarion, A., Morel, M., Chapon, A. & Petit, C. 2009. Physiological and behavioural changes associated to the management of secondary tasks while driving. *Applied Ergonomics* 40: 1041-1046.
- Constantin, D., Nagi, M. & Mazilescu, C.A. 2014. Elements of discomfort in vehicles. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 143: 1120-1125.
- Davenne, D., Lericollais, R., Sagaspe, P., Taillard, J., Gauthier, A., Espié, S. & Philip, P. 2012. Reliability of simulator driving tool for evaluation of sleepiness, fatigue and driving performance. *Accident Analysis and Prevention* 45: 677-682.
- Davidović, J., Pešić, D. & Antić, B. 2018. Professional drivers' fatigue as a problem of the modern era. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 55: 199-209.
- Durkin, J.L., Harvey, A., Hughson, R.L. & Callaghan, J.P. 2006. The effects of lumbar massage on muscle fatigue, muscle oxygenation, low back discomfort, and driver performance during prolonged driving. *Ergonomics* 49(1): 28-44.
- Gastaldi, M., Rossi, R. & Gecchele, G. 2014. Effects of driver task-related fatigue on driving performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 955-964.
- Godley, S., Triggs, T. & Fildes, B. 2002. Driving simulator validation for speed research. *Accident Analysis and Prevention* 34(5): 589-600.
- Hartley, L.R., Arnold, P.K., Smythe, G. & Hansen, J. 1994. Indicators of fatigue in truck drivers. *Applied Ergonomics* 25(3): 143-156.
- Hiemstra-van Mastrigt, S., Groenesteijn, L., Vink, P. & Kuijt-Evers, L.F. 2017. Predicting passenger seat comfort and discomfort on the basis of human, context and seat characteristics: A literature review. *Ergonomics* 60(7): 889-911.
- Ismail, A., Soon Yi, G. & Mohd Zain, M.K. 2015. Study on drivers' behaviour relationships to reduce road accidents in Puchong, Selangor Darul Ehsan. *Jurnal Kejuruteraan* 27: 81-85.
- Ismail, F.R., Nuawi, M.Z., Schramm, D. & Khamis, N.K., 2016. Suitability of driving simulators as a tool to study driving fatigue due to vibration and environment: A review. *Malaysian Journal of Public Health Medicine* 1(Specialissue1): 95-101.
- Khamis, N.K., Deros, B.M., Schramm, D., Hesse, B., Nuawi, M.Z. & Ismail, F.R. 2016. Subjective and indirect methods to observe driver's drowsiness and alertness: An overview. *Journal of Engineering Science and Technology* 11: 28-39.
- Kyung, G. & Nussbaum, M.A. 2008. Driver sitting comfort and discomfort (part II): Relationships with and prediction from interface pressure. *International Journal of Industrial Ergonomics* 38(5-6): 526-538.
- Majid, N. A. Edzuan Abdullah, M. F., Jamaludin, M.S., Notomi, M. & Rasmussen, J. 2013. Musculoskeletal analysis of driving fatigue: the influence of seat adjustments. *Advanced Engineering Forum* 10: 373-378.
- Matthews, R., Legg, S. & Charlton, S. 2003. The effect of cell phone type on drivers subjective workload during concurrent driving and conversing. *Accident Analysis & Prevention* 35(4): 451-457.
- McKnight, A.J. & McKnight, A.S. 1993. The effect of cellular phone use upon driver attention. *Accident Analysis & Prevention* 25(3): 259-265.
- Mustafa, M., Mustafar, R. A., Samad, R., Abdullah, N. R. H. & Sulaiman, N. 2015. Observation of the effects of playing games with the human brain waves. *Jurnal Teknologi* 77(7): 61-65.
- Ngadiran, R., Mohd Nor, M.J., Md Saad, M.H. & Kurniawan, Y. 2008. Identification of driver's fitness using video images and steering based features. *Jurnal Kejuruteraan* 20(2008): 215-224.
- Rosenbloom, T. 2006. Driving performance while using cell phones: An observational study. *Journal of Safety Research* 37(2): 207-212.
- Rumschlag, G., Palumbo, T., Martin, A., Head, D., George, R. & Commissaris, R.L. 2015. The effects of texting on driving performance in a driving simulator: The influence of driver age. *Accident Analysis and Prevention* 74(2015): 145-149.
- Törnros, J.E. & Bolling, A.K. 2005. Mobile phone use—effects of handheld and handsfree phones on driving performance. *Accident Analysis & Prevention* 37(5): 902-909.
- Watson, P., Whale, A., Mears, S.A., Reyner, L.A. & Maughan, R.J. 2015. Mild hypohydration increases the frequency of driver errors during a prolonged, monotonous driving task. *Physiology & Behavior* 147: 313-318.
- Yusoff, A.R., Deros, B. M., Daruis, D. D. I. & Joseph, H. L. 2016. Tabialis anterior muscle contraction on driver's knee angle posture less than 101 deg for foot pressing and releasing an automotive pedal. *Malaysian Journal of Public Health Medicine* 1: 102-107.

*Iylia Azura Mohd Mohdi dan Nor Kamaliana Khamis
Programme for Mechanical Engineering,
Centre for Engineering Materials and Smart Manufacturing
(MERCU),
Faculty of Engineering & Built Environment,
Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.

*Corresponding author; email: kamaliana@ukm.edu.my

Received date: 11th June 2018

Accepted date: 8th September 2018

Online first date: 1st October 2018

Published date: 30th November 2018