RANCANGAN AWAL PROTOTIPE SISTEM *BRAIN-COMPUTER INTERFACE* UNTUK MENGENDALIKAN *VIDEO GAME* BERBASIS SATU INPUT

Sinantya Feranti Anindya[1)] dan Malisa Huzaifa[2)]

[1,2]Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta, Alamat, Depok 16425

E-mail: sinantya.feranti.anindya@tik.pnj.ac.id

Abstract

This paper focuses on a brain computer interface (BCI) prototype to control single input video game using player's concentration state. The system uses OpenBCI to acquire electroencephalogram (EEG) data from eight channels related to the concentration state; the data is filtered using OpenBCI GUI's built-in digital filter with 8-30 Hz frequency range. The data is processed using OpenBCI GUI's internal classifier to detect the concerntration state of the user, after which the result is transmitted to Unity based application through LSL protocol to control ball object. This setup was tested on five test subjects with age range of 18-19 years old; all of them had no prior experience on controlling BCI. Based on the result, all subjects can control the application using detected concentration state with above 70% accuracy, provided they enter relaxed state with their eyes closed due to the increased alpha rhythm power to distinguish concentration and relaxation. This result shows that while game control using concentration is possible, further research is needed to mitigate the effect of visual feedback towards alpha rhythm attenuation.

Keywords: *brain computer interface, electroencephalogram (EEG), OpenBCI, Unity*

Abstrak

Pada penelitian ini dibuat sebuah rancangan awal untuk sistem *brain computer interface* (BCI) untuk mengendalikan *video game* dengan input tunggal berdasarkan tingkat konsentrasi pemain. Sistem ini menggunakan perangkat OpenBCI untuk memperoleh data elektroensefalogram (EEG) dari delapan kanal; sinyal tersebut diproses menggunakan filter digital 8-30 Hz pada perangkat lunak OpenBCI GUI. Hasil pemrosesan tersebut selanjutnya diklasifikasikan menggunakan *classifier* pada OpenBCI GUI untuk menentukan tingkat konsentrasi pengguna. Hasil klasifikasi tersebut selanjutnya dikirimkan ke aplikasi berbasis Unity Engine menggunakan protokol LabStreamingLayer untuk mengendalikan objek bola pada aplikasi tersebut. Prototipe ini diujikan kepada lima orang subjek dengan rentang usia 18-19 tahun yang belum berpengalaman dalam mengoperasikan BCI. Berdasarkan hasil yang diperoleh, semua subjek dapat menggunakan BCI tersebut dengan akurasi di atas 70%, dengan catatan bahwa kondisi rileks dilakukan dengan mata tertutup; hal ini disebabkan oleh peningkatan ritme alfa yang signifikan dalam kondisi mata tertutup. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem BCI ini dapat digunakan untuk mengendalikan *game* berdasarkan tingkat konsentrasi; namun demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menangani pengaruh umpan balik visual terhadap redaman ritme alfa.

Kata Kunci: *brain computer interface (BCI), elektroensefalogram (EEG), OpenBCI, Unity*

PENDAHULUAN

Brain-computer interface (BCI) merupakan sistem yang ditujukan untuk menerjemahkan rekaman aktivitas otak menjadi suatu perintah untuk mengendalikan

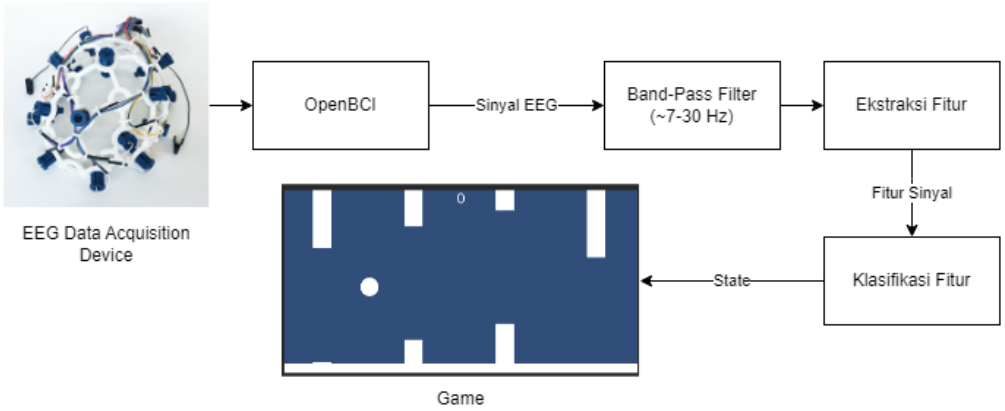
sistem komputer (Wolpaw dkk., 2002). Sistem BCI beroperasi dengan mengalihkan aktivitas otak yang normalnya melewati sistem syaraf dan otot ke sistem komputer eksternal. Aplikasi BCI mencakup berbagai bidang, misalnya untuk mengendalikan kursi roda (Huang dkk., 2019), *speller* (Li dkk., 2021), dan eksoskeleton (Wang dkk., 2018). Pengembangan BCI utamanya ditujukan untuk rehabilitasi dan meningkatkan aksesibilitas terhadap perangkat yang normalnya sulit dioperasikan oleh individu dengan keterbatasan fisik tertentu, misalnya pasien pasca stroke dan penderita *locked-in syndrome* (Baniqued dkk., 2021; Camargo-Vargas dkk., 2023; Frolov dkk., 2017).

Salah satu aplikasi dari BCI adalah untuk mengendalikan *video game*. Terdapat sejumlah penelitian terkait BCI untuk *video game* yang meninjau beragam jenis permainan; sebagai contoh, Sumi dkk. (2019) meninjau penggunaan BCI berbasis ritme P300 untuk *game* kooperatif, sedangkan Louis dkk. (2022) mengembangkan permainan *game* tarik-ulur *(tug of war)* kooperatif berbasis *web* yang dimainkan menggunakan tingkat konsentrasi pemain. BCI untuk *game* juga digunakan untuk rehabilitasi, misalnya pada penelitian oleh Camargo-Vargas dkk. (2023) untuk rehabilitasi lengan. Namun demikian, aplikasi BCI untuk *game* saat ini juga masih cenderung terbatas. Menurut Cattan (2021), terdapat beberapa kesulitan terkait penggunaan BCI untuk *game* di luar lingkungan laboratorium: kecepatan transfer data BCI yang lebih rendah dibanding input lain, biaya teknologi BCI yang masih tinggi, dan perbedaan antara desain *game* untuk lingkungan laboratorium dan *game* komersial. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut yang meninjau berbagai aspek penggunaan BCI untuk *game*, baik dari sisi perangkat keras, desain, maupun aspek-aspek teknis yang dapat mempengaruhi permainan.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan awal *(preliminary design)* sistem BCI untuk mengendalikan *game* yang menggunakan input tunggal berdasarkan tingkat konsentrasi pemain. Rancangan ini menggunakan perangkat OpenBCI untuk pemrosesan data sinyal EEG pemain; hasil pemrosesan data tersebut selanjutnya digunakan untuk mengendalikan prototipe *game* yang dikembangkan menggunakan Unity Engine. Hasil dari rancangan ini akan digunakan untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem BCI untuk mengendalikan *game* dengan input tunggal berbasis Unity, khususnya untuk jenis *game arcade*.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dirancang suatu prototipe BCI untuk mengendalikan *game* dengan input tunggal, khususnya *game* yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak Unity Engine. BCI ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak yang memiliki susunan diagram blok yang terdiri atas beberapa komponen: perangkat keras untuk akuisisi sinyal EEG, perangkat lunak untuk pemrosesan sinyal EEG, dan aplikasi *game* sebagai target output (Gambar 1).



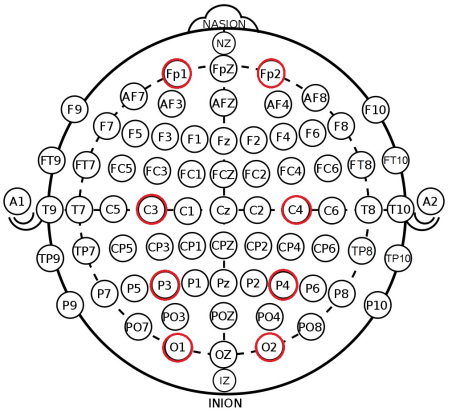
Gambar 1. Diagram blok prototipe sistem BCI untuk mengendalikan *game*

Penelitian ini menggunakan aktivitas otak berupa sinyal EEG yang direkam menggunakan perangkat keras OpenBCI dan Ultracortex Mark IV; jenis data yang diamati adalah kondisi pemain saat berkonsentrasi. Pengamatan kondisi relaksasi dan konsentrasi umumnya dilakukan pada rentang frekuensi alpha dan beta pada sinyal EEG yang masing-masing berkisar pada 8-12 Hz dan 13-30 Hz. Idealnya, kedua ritme ini memiliki karakteristik sebagai berikut (Attar, 2022; Liu dkk., 2013; You, 2021):

1. Ritme alfa umumnya dapat diamati pada wilayah parietal dan oksipital, dan akan teredam saat seseorang berpikir atau memperhatikan sesuatu secara aktif. Hal ini berarti ritme alfa cenderung akan muncul saat orang tersebut berada dalam kondisi rileks, termasuk saat memejamkan mata.
2. Ritme beta umumnya dapat diamati pada wilayah frontal, dan akan muncul saat sesorang berkonsentrasi. Oleh karena itu, ritme beta akan memiliki daya *(band power)* lebih tinggi dibandingkan ritme alfa dalam kondisi tersebut.

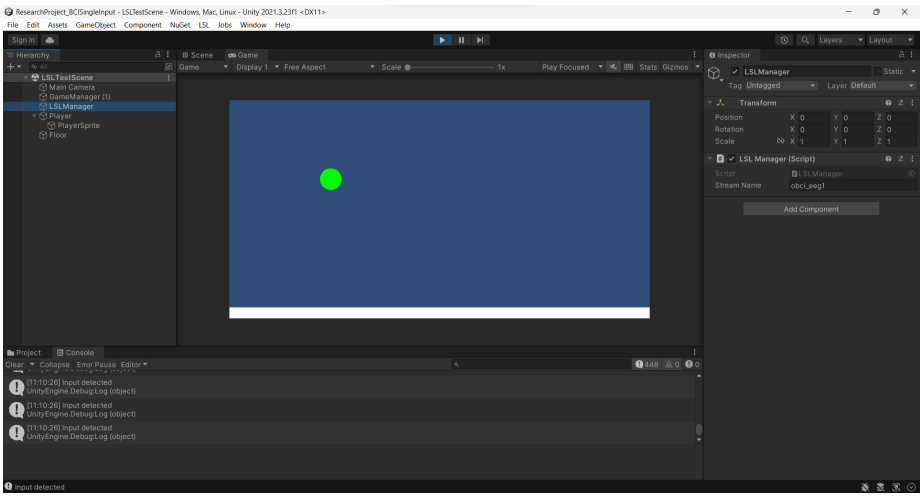
Berdasarkan karakteristik sinyal EEG yang diamati, pada penelitian ini digunakan sinyal EEG yang direkam dari delapan kanal EEG seperti yang dipaparkan pada

Gambar 2: Fp1, Fp2, C3, C4, P7, P8, O1, dan O2. Hasil rekaman tersebut selanjutnya diproses menggunakan filter *band-pass* digital Butterworth orde 4 dengan kisaran frekuensi 8-30 Hz untuk menghilangkan *noise*, dan diklasifikasikan menggunakan algoritma perhitungan *metric* dari Brainflow yang terdapat pada OpenBCI GUI untuk menentukan kondisi konsentrasi atau relaksasi pengguna. Hasil klasifikasi tersebut selanjutnya dikirimkan ke aplikasi berbasis Unity menggunakan protokol LabStreamingLayer.



Gambar 2. Posisi elektroda EEG untuk pengamatan tingkat konsentrasi

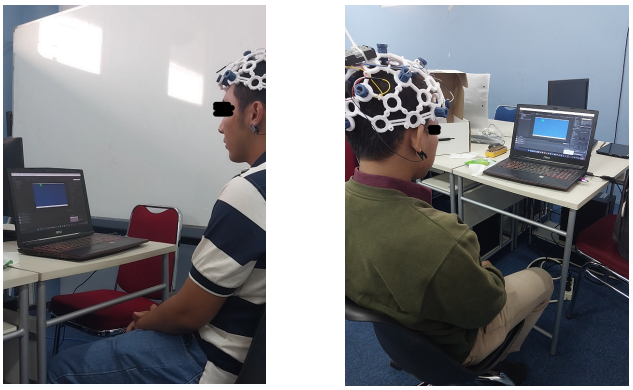
Pada tahap penelitian ini, dirancang sebuah aplikasi sederhana berbasis Unity Engine yang merespon terhadap tingkat konsentrasi pemain. Aplikasi ini merupakan aplikasi dua dimensi yang terdiri atas sebuah objek bola yang terletak di lantai; pemain harus berkonsentrasi untuk menghasilkan sinyal EEG yang dapat mengangkat bola tersebut. Tampilan Unity Editor untuk aplikasi ini dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Unity Editor untuk prototipe *game* dengan kontrol berbasis tingkat konsentrasi.

Sistem BCI ini diujikan pada 5 orang subjek laki-laki dengan rentang usia 18-19 tahun (Gambar 4); semua subjek yang terlibat belum memiliki pengalaman dalam menggunakan BCI. Pengujian ini dibagi menjadi dua tahap: tahap pertama menggunakan kondisi mata terbuka dan tertutup, dan tahap kedua menggunakan kondisi konsentrasi dan rileks. Setiap tahap dibagi menjadi beberapa bagian dengan rentang waktu tertentu untuk pengambilan data:

1. *Baseline* (5 detik di awal dan di akhir) ditujukan untuk inisialisasi sistem akuisisi data, serta pengamatan kondisi istirahat.
2. *Trial* yang terdiri atas kondisi konsentrasi dan rileks masing-masing selama 10 detik.
3. Interval antar *trial* selama 1 detik untuk kondisi istirahat.



(a) (b)

Gambar 4. Proses uji coba sistem BCI: (a) subjek 2; (b) subjek 4.

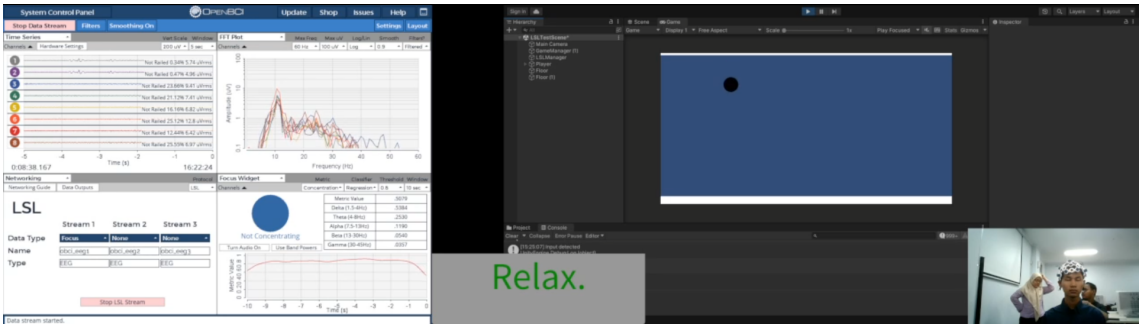
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian terhadap kelima subjek percobaan dipaparkan pada Tabel 1. Secara umum, hampir semua subjek dapat mencapai akurasi di atas 70% ketika mencoba memasuki kondisi relaksasi dengan mata tertutup. Namun demikian, ketika mencoba untuk memasuki kondisi relaksasi dengan mata terbuka, tiga subjek mengalami penurunan kinerja yang signifikan (50-60%); kesalahan hasil klasifikasi pada tahap ini umumnya terjadi pada tahap relaksasi. Hal ini dapat disebabkan oleh teredamnya ritme alfa saat subjek membuka mata, bahkan saat subjek tersebut tidak melakukan kegiatan mental (berkonsentrasi) secara aktif. Pada Gambar 5 dan Gambar 6 dipaparkan rekaman proses percobaan yang menampilkan sinyal EEG dan hasil analisis *power band* salah satu subjek untuk kondisi relaksasi; dapat diamati bahwa pada kondisi mata tertutup,

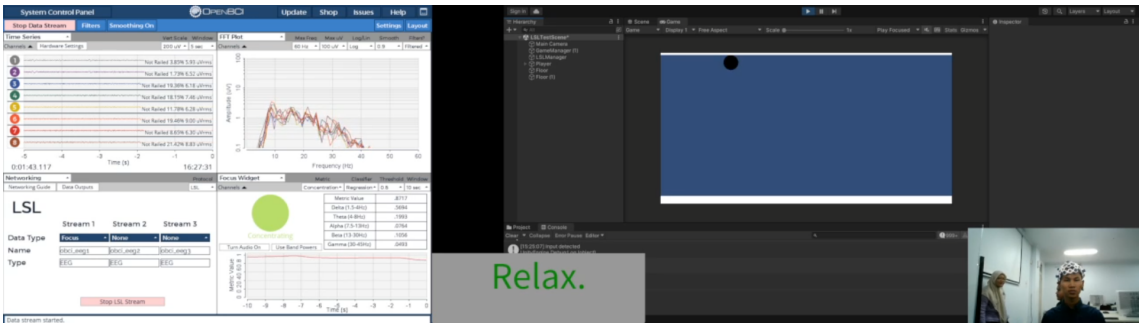
daya pada rentang ritme alfa (8-12 Hz) cenderung lebih tinggi dibandingkan saat kondisi mata terbuka. Hal ini mengindikasikan adanya redaman pada ritme alfa saat terdapat umpan balik visual, bahkan meskipun subjek tersebut tidak berkonsentrasi secara aktif.

Tabel 1
Hasil Percobaan Prototipe Sistem BCI untuk Mengendalikan *Game*

Subjek	Percobaan 1 (mata tertutup dalam kondisi relaksasi)		Percobaan 2 (mata terbuka dalam kondisi relaksasi)	
	Jumlah *Trial* yang Tepat	Akurasi (%)	Jumlah *Trial* yang Tepat	Akurasi (%)
1	14	70	11	55
2	14	70	12	60
3	14	70	15	75
4	18	90	17	85
5	19	95	10	50



Gambar 5. Rekaman uji coba subjek 5 pada kondisi relaksasi dengan mata tertutup.



Gambar 6. Rekaman uji coba subjek 5 pada kondisi relaksasi dengan mata terbuka.

Meskipun perangkat pengolahan sinyal EEG yang terdapat pada OpenBCI GUI dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat konsentrasi subjek untuk mengendalikan *game*, hasil rekaman data menunjukkan bahwa terdapat *delay* antara dimulainya kondisi konsentrasi dan relaksasi hingga diperoleh hasil klasifikasi yang sesuai. Sebagai contoh, subjek 4 memiliki jeda waktu antara 3-8 detik sebelum diperoleh hasil klasifikasi yang

sesuai; hal ini dapat disebabkan oleh perubahan daya sinyal EEG yang bersifat perlahan. Oleh karena itu, rancangan selanjutnya harus mempertimbangkan jeda waktu yang dapat terjadi untuk subjek yang berbeda-beda.

SIMPULAN

Pada penelitian ini dikembangkan rancangan awal sistem BCI untuk mengendalikan *game* berbasis input tunggal menggunakan konsentrasi pemain. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi dapat digunakan untuk mengendalikan objek pemain pada aplikasi berbasis Unity. Namun demikian, umpan balik visual yang terjadi saat mata terbuka dapat mengakibatkan redaman yang signifikan pada ritme alfa sehingga menurunkan akurasi klasifikasi antara konsentrasi dan relaksasi.

Saat ini, sistem yang dikembangkan masih menggunakan perangkat pada sistem OpenBCI GUI untuk pemrosesan sinyal EEG, dan aplikasi yang digunakan masih belum memiliki permainan *(gameplay)* untuk pengujian secara keseluruhan. Oleh karena itu, akan dilakukan pengembangan lebih lanjut berdasarkan hasil yang diperoleh, misalnya dengan menggunakan algoritma klasifikasi yang dilatih sesuai dengan kondisi setiap subjek. Selain itu, perlu penelitian lebih lanjut terkait penggunaan ritme otak lain untuk pengamatan kondisi relaksasi saat subjek mencoba untuk rileks dalam keadaan mata terbuka. Rancangan *game* yang sesuai dengan kinerja BCI ini juga perlu diteliti, khususnya dengan mempertimbangkan penundaan *(delay)* yang terjadi akibat perubahan ritme otak yang bersifat perlahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) No. 439/PL3.18/PT.00.06/2023.

DAFTAR PUSTAKA

Attar, E. T. (2022). Review of electroencephalography signals approaches for mental stress assessment. *Neurosciences*, *27*(4), 209–215. https://doi.org/10.17712/nsj.2022.4.20220025

Baniqued, P. D. E., Stanyer, E. C., Awais, M., Alazmani, A., Jackson, A. E., Mon-Williams, M. A., Mushtaq, F., & Holt, R. J. (2021). Brain–computer interface

robotics for hand rehabilitation after stroke: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *18*(1), 15. https://doi.org/10.1186/s12984-021-00820-8

Camargo-Vargas, D., Callejas-Cuervo, M., & Alarcón-Aldana, A. C. (2023). Brain-computer interface prototype to support upper limb rehabilitation processes in the human body. *International Journal of Information Technology*. https://doi.org/10.1007/s41870-023-01400-w

Cattan, G. (2021). The Use of Brain–Computer Interfaces in Games Is Not Ready for the General Public. *Frontiers in Computer Science*, *3*, 628773. https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.628773

Frolov, A. A., Mokienko, O., Lyukmanov, R., Biryukova, E., Kotov, S., Turbina, L., Nadareyshvily, G., & Bushkova, Y. (2017). Post-stroke Rehabilitation Training with a Motor-Imagery-Based Brain-Computer Interface (BCI)-Controlled Hand Exoskeleton: A Randomized Controlled Multicenter Trial. *Frontiers in Neuroscience*, *11*, 400. https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00400

Huang, Q., Zhang, Z., Yu, T., He, S., & Li, Y. (2019). An EEG/EOG-Based Hybrid Brain-Computer Interface: Application on Controlling an Integrated Wheelchair Robotic Arm System. *Frontiers in Neuroscience*, *13*, 1243. https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01243

Li, M., He, D., Li, C., & Qi, S. (2021). Brain–Computer Interface Speller Based on Steady-State Visual Evoked Potential: A Review Focusing on the Stimulus Paradigm and Performance. *Brain Sciences*, *11*(4), 450. https://doi.org/10.3390/brainsci11040450

Liu, N.-H., Chiang, C.-Y., & Chu, H.-C. (2013). Recognizing the Degree of Human Attention Using EEG Signals from Mobile Sensors. *Sensors*, *13*(8), 10273–10286. https://doi.org/10.3390/s130810273

Louis, J. D., Alikhademi, K., Joseph, R., & Gilbert, J. E. (2022). Mind Games: A Web-Based Multiplayer Brain-Computer Interface Game. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *66*(1), 2234–2238. https://doi.org/10.1177/1071181322661538

Sumi, K., Yabuki, K., James Tiam-Lee, T., Nasreddine Belkacem, A., Ferre, Q., Hirai, S., & Endo, T. (2019). A Cooperative Game Using the P300 EEG-Based Brain-Computer Interface. Dalam Y. Rybarczyk (Ed.), *Assistive and Rehabilitation Engineering*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.84621

Wang, C., Wu, X., Wang, Z., & Ma, Y. (2018). Implementation of a Brain-Computer Interface on a Lower-Limb Exoskeleton. *IEEE Access*, *6*, 38524–38534. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2853628

Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. M. (2002). Brain–computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology*.

You, S. D. (2021). Classification of Relaxation and Concentration Mental States with EEG. *Information*, *12*(5), 187. https://doi.org/10.3390/info12050187