

Desain Troll Game Untuk Stimulasi Perubahan Brainwave Pada Kegiatan Observasi Stimulasi Audio Enhanced Alpha

Fadly Bimo Eka Yuwono

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

fadlybimo@student.telkomuniversity.ac.id

Aldwin Lutfattan Mausooof

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

Aldwinlm@student.telkomuniversity.ac.id

Hana Fadhilah

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

hanafadhilah@student.telkomuniversity.ac.id

Inung Wijayanto

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

Rina Pudji Astuti

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Gangguan kecemasan menjadi salah satu permasalahan utama kesehatan mental dunia, dengan prevalensi global mencapai 4,05% (Global Burden of Disease, 2019) dan peningkatan 6,8% di Indonesia selama pandemi COVID-19 (Risikesdas). Mengingat adanya risiko etis dan psikologis untuk menguji individu dengan kondisi kecemasan, penelitian ini menggunakan responden normal yang diberi stimulus guna memicu ketidaknyamanan secara terkontrol. Stimulus berupa game *Turtle Trouble* yang dirancang dengan elemen visual, audio, dan tantangan interaktif untuk meningkatkan beban kognitif pemain. Data EEG direkam menggunakan MUSE 2 dan dianalisis dengan MATLAB dan EEGLAB untuk memantau spektrum gelombang alpha (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), dan gamma (>30 Hz) secara real-time. Hasil menunjukkan rata-rata kemunculan frekuensi tinggi meningkat dari 5 kali (Level 1), 6,5 kali (Level 2), hingga 9,5 kali (Level 3). Gelombang beta dan gamma mendominasi selama permainan, sedangkan alpha meningkat setelah stimulus audio. Skor subjektif ketidaknyamanan tercatat rata-rata 4,41/5, menunjukkan efektivitas *Turtle Trouble* sebagai media stimulus terukur dalam studi neuropsikologi.

Kata kunci : Brainwave, EEG, Enhanced Alpha, Turtle Trouble, Neurofeedback, Game Frustrasi

I. PENDAHULUAN

Video game memiliki potensi besar sebagai media yang memengaruhi emosi pemain melalui elemen visualnya. Penelitian sebelumnya banyak memanfaatkan game untuk terapi, edukasi, dan observasi perilaku, namun umumnya hanya mengevaluasi reaksi emosional tanpa integrasi pemantauan otak secara real-time. Hingga saat ini, belum ditemukan studi yang menggunakan *Troll Game* sebagai stimulus perubahan aktivitas gelombang otak (*brainwave*).

Penelitian ini mengusulkan penggunaan *Troll Game* untuk memicu transisi emosi dari nyaman ke tidak nyaman secara terkontrol, yang dimonitor menggunakan EEG. Sistem

yang dikembangkan menggabungkan game, perangkat EEG Muse 2, dan monitoring sinyal otak secara langsung. Dalam implementasi pada studi ini, fokus diarahkan pada perancangan dan pengujian *Turtle Trouble* sebuah game berbasis web yang dirancang untuk memicu frustrasi secara terukur serta analisis sinyal EEG sebelum dan sesudah stimulus.

II. KAJIAN TEORI

A. Electroencephalography (EEG)

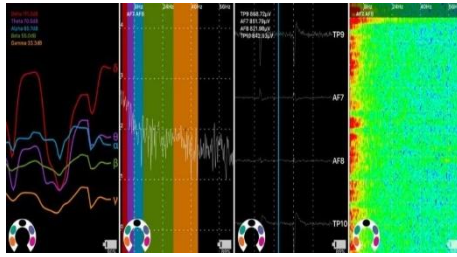
EEG merupakan metode perekaman aktivitas listrik otak yang sensitif terhadap perubahan beban kognitif dan emosi (Li et al., 2022). Sinyal EEG dikategorikan menjadi beberapa pita frekuensi: delta (0,5–4 Hz), theta (4–8 Hz), alpha (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), dan gamma (>30 Hz). Gelombang alpha sering dikaitkan dengan relaksasi, sedangkan beta dan gamma berhubungan dengan fokus, stres, dan beban mental.

B. Perangkat EEG Muse 2

MUSE 2 merupakan EEG portabel dengan empat kanal utama: AF7, AF8 (area frontal), dan TP9, TP10 (area temporal). Kanal frontal berhubungan erat dengan proses pengambilan keputusan, perhatian, dan regulasi emosi, sedangkan kanal temporal terkait dengan pemrosesan stimulus audio dan memori.



GAMBAR 1
(Perangkat MUSE 2 EEG)



GAMBAR 2
(Aplikasi Mind Monitor)

C. Akuisisi Data dengan Aplikasi Mind Monitor

Mind Monitor adalah aplikasi pihak ketiga populer yang memungkinkan streaming dan penyimpanan data EEG dari Muse 2 ke format seperti CSV, lengkap dengan grafik spektral real-time dan nilai wave-band seperti pada gambar 2. Aplikasi ini memudahkan peneliti mengakses data mentah serta analisis FFT tanpa batasan aplikasi resmi produk.

D. Preprocessing Sinyal EEG: Filtering & FFT

Pemrosesan sinyal EEG pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan untuk memastikan data yang dihasilkan bersih, relevan, dan siap dianalisis secara kuantitatif. Tahapan tersebut meliputi:

1) Filtering (Butterworth 0.5 – 60 Hz)

Tahap pertama adalah penyaringan sinyal menggunakan bandpass filter dengan metode Butterworth pada rentang frekuensi 0,5 hingga 60 Hz dengan orde ke-4. Filter ini berfungsi untuk menghilangkan komponen frekuensi sangat rendah (drift) dan sangat tinggi (noise listrik atau gangguan artefak), sehingga data yang tersisa hanya mencakup rentang yang relevan dengan aktivitas otak manusia. Penggunaan filter Butterworth dipilih karena karakteristiknya yang memiliki respon frekuensi halus tanpa distorsi fase signifikan, sehingga bentuk gelombang asli tetap terjaga. Formulasi matematis filter tersebut ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$H(s) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{s}{\omega_c}\right)^{2n}}} \quad 1$$

- 2) Setelah sinyal bebas dari noise yang tidak diperlukan, langkah berikutnya adalah mentransformasikan data dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) yang dirumuskan pada persamaan (2). Transformasi ini memungkinkan analisis komponen frekuensi secara rinci, sehingga dapat diidentifikasi pita gelombang otak seperti delta (0,5–4 Hz), theta (4–8 Hz), alpha (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), dan gamma (>30 Hz). Dengan metode ini, peneliti dapat memetakan respon otak terhadap stimulus berdasarkan distribusi energi pada masing-masing pita frekuensi.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-j2\pi kn/N} \quad 2$$

3) Ekstraksi Frekuensi Dominan

Hasil spektrum frekuensi dari FFT dianalisis untuk menentukan frekuensi dominan, yaitu frekuensi

dengan amplitudo tertinggi dalam periode pengamatan. Frekuensi ini menjadi indikator utama respon otak terhadap stimulus, misalnya peningkatan gelombang beta dan gamma yang menandakan peningkatan beban kognitif atau stres. Tahap ini penting untuk mengkuantifikasi sejauh mana stimulus dalam permainan memengaruhi aktivitas otak responden. Perhitungan ini diformulasikan pada persamaan (3).

$$P(f) = |X(f)|^2 \quad 3$$

4) Perhitungan Rata-rata Aktivitas per Level

Penelitian ini mengukur aktivitas otak pada tiap level permainan dengan menghitung rata-rata frekuensi dominan EEG di seluruh kanal selama durasi level tersebut. Segmentasi dilakukan sesuai waktu tiap level untuk memperoleh nilai representatif aktivitas otak pada setiap kondisi atau fase emosi yang dirancang. Persamaan berikut menunjukkan metode perhitungan yang digunakan.

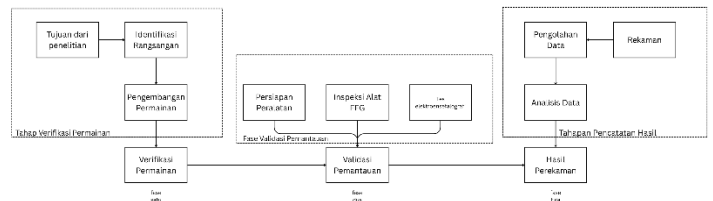
$$\bar{f}_{level} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^N f_{dominan,i} \quad 4$$

E. Game Sebagai Stimulus Emosional & Kognitif

Game dengan tingkat kesulitan terukur mampu memicu berbagai respons, termasuk keterlibatan emosional dan beban mental. Studi seperti Hegedüs et al. (2023) menunjukkan bahwa mekanik permainan yang penuh tantangan meningkatkan aktivitas lobus frontal, membedakannya dari pengaruh visual semata. Sementara itu, game strategi *real-time* telah dikaitkan dengan lonjakan gelombang theta dan beta akibat kebutuhan multitasking dan pengambilan keputusan cepat (riset kontekstual pola gelombang otak saat gameplay).

F. Troll Game sebagai Stimulus Emosional

Troll Game dalam bentuk Turtle Trouble berbasis web dirancang untuk memberikan pengalaman frustratif kepada pemain melalui kontrol yang tidak intuitif, jebakan visual, dan kejutan audio. Konsep semacam ini efektif dalam memicu respon otak terhadap frustrasi dan stres ringan, termasuk lonjakan gelombang beta–gamma. Studi menunjukkan bahwa game dengan elemen mekanik menantang secara nyata meningkatkan aktivitas di lobus frontal, beda dari sekedar stimulus visual



Gambar 3
Blok Diagram

III. METODE

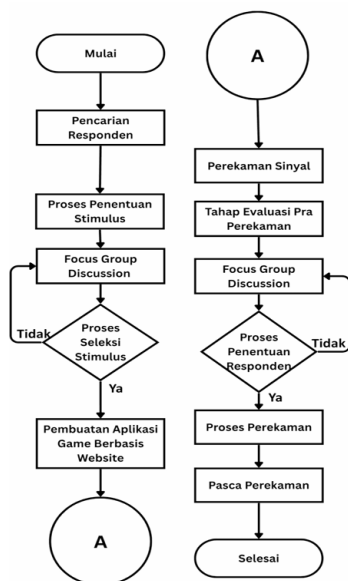
A. Desain Sistem

Sistem penelitian ini dirancang untuk menggabungkan perangkat EEG MUSE 2 dengan *web-based troll game* sebagai stimulus visual yang dapat memicu respons kognitif secara terkontrol. Perancangan mempertimbangkan integrasi real-time antara stimulus dan akuisisi data EEG, sehingga setiap momen stimulus dapat tercatat secara presisi. Desain keseluruhan sistem ditunjukkan pada **Gambar 3** dalam bentuk blok diagram, yang menggambarkan hubungan antara perangkat keras, perangkat lunak, dan proses akuisisi hingga analisis data.

B. Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perangkat keras yang digunakan adalah *MUSE 2 EEG* dengan empat kanal pengukuran (AF7, AF8, TP9, TP10). Akuisisi data dilakukan menggunakan aplikasi *Mind Monitor* yang terhubung melalui Bluetooth. Analisis sinyal dilakukan menggunakan MATLAB dan plugin EEGLAB untuk tahapan filtering, transformasi Fourier, serta ekstraksi fitur frekuensi. Game *Turtle Trouble* dikembangkan menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript. Struktur game bersifat *side-scrolling* dengan tingkat kesulitan bertahap, serta dilengkapi elemen stimulus visual untuk memicu respons kognitif pemain.

Tabel 1



GAMBAR 4
(Flowchart penelitian)

Tabel 1

Komponen Sistem	Deskripsi Fungsional dan Alasan Pemilihan
Integrasi Sistem Berbasis Web	Seluruh sistem dikemas dalam antarmuka web agar mudah digunakan, mendukung transisi antar fase, dan efisien dalam pengujian.
Web-based troll game	Permainan berbasis web ini dirancang untuk memicu perubahan emosi dari kondisi nyaman berdasarkan

	frekuensi alpha (8-12 Hz) ke tidak nyaman berdasarkan frekuensi beta (12-30 Hz) dan gamma (31-100) secara bertahap.
Survey Responden	Setelah permainan selesai, responden diminta mengisi kuesioner evaluasi usability menggunakan skala Likert 1 5 (1 = sangat tidak setuju, 5 = sangat setuju) pada 10 indikator utama. Sistem dinyatakan memenuhi spesifikasi kebutuhan usability apabila rata-rata skor dari seluruh indikator mencapai ≥ 4.0 , yang merepresentasikan tingkat kepuasan “Setuju” atau lebih tinggi pada mayoritas responden
Monitoring dan Penyimpanan Data EEG	Aktivitas otak dimonitor secara real time dan disimpan dalam format .CSV untuk kompatibilitas analisis lanjutan.
Pengolahan data sinyal EEG	Data EEG dari Muse 2 diproses dalam MATLAB menggunakan EEGLAB untuk mendeteksi perubahan pada gelombang alpha, beta, gamma.

C. Alur Sistem Penelitian

Proses penelitian dimulai dari tahap persiapan perangkat, pelaksanaan permainan, akuisisi data EEG, hingga analisis sinyal. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada **Gambar 4**

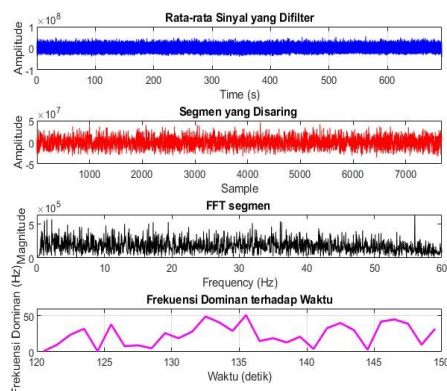
1. Pencarian Responden – Menentukan calon peserta yang memenuhi kriteria kesehatan fisik dan mental stabil.
2. Pencarian Stimulus – Menentukan jenis stimulus sesuai tujuan penelitian (pemicu perubahan gelombang otak).
3. FGD Penentuan Stimulus – Diskusi untuk mengumpulkan ide desain stimulus/game yang efektif memicu emosi.
4. Seleksi Stimulus – Memilih elemen visual/audio/game sesuai hasil FGD, termasuk elemen kejutan.
5. Pembuatan Game Website – Mengembangkan *Turtle Trouble* dengan stimulus terpilih, uji coba, dan penyesuaian.
6. Pra-Perekaman EEG – Uji coba alat Muse 2 sebelum perekaman untuk memastikan fungsi berjalan baik.
7. Evaluasi Pra Perekaman – Menyimulasikan eksperimen untuk meminimalkan risiko kegagalan saat perekaman.
8. FGD Seleksi Responden – Menentukan kriteria final responden, mengevaluasi kesiapan alat dan lingkungan.

9. Seleksi Responden – Memilih responden berdasarkan kriteria yang disetujui psikolog.
10. Perekaman EEG – Memasang Muse 2, menjalankan game, dan merekam aktivitas otak secara real-time.
11. Pasca Perekaman – Mengolah data EEG di MATLAB/EEGLAB, menganalisis perubahan brainwave, dan menyimpan hasil.

D. Proses Pengolahan Sinyal EEG

Pengolahan sinyal EEG dilakukan melalui beberapa tahap (**Gambar 5**):

1. Akuisisi Data
Data EEG diperoleh dari empat kanal (AF7, AF8, TP9, TP10) menggunakan MUSE 2 dan Mind Monitor. Data disimpan dalam format CSV dengan sampling rate 256 Hz.
2. Filtering (Butterworth Filter)
Data EEG difilter menggunakan bandpass filter 0.5–60 Hz orde ke-4 untuk menghilangkan noise frekuensi rendah dan tinggi yang tidak relevan dengan aktivitas otak.
3. Transformasi Fourier (FFT)
Sinyal EEG diubah dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan Fast Fourier Transform untuk mengidentifikasi komponen frekuensi dominan.



Gambar 5
(Pengolahan Sinyal)

4. Ekstraksi Fitur
Frekuensi dominan diambil dari nilai amplitudo tertinggi dalam rentang alpha (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), dan gamma (>30 Hz).
5. Analisis Per Level Permainan
Data dibagi sesuai level permainan (1–3). Untuk setiap level, dihitung rata-rata jumlah kemunculan frekuensi tinggi (≥ 50 Hz) sebagai indikator peningkatan beban kognitif..

IV. Hasil Dan Pembahasan

A. Deskripsi Umum Implementasi

Implementasi sistem dalam penelitian ini melibatkan integrasi antara permainan berbasis web yang dirancang untuk memberikan stimulus bersifat “troll”, perekaman aktivitas otak menggunakan EEG Muse 2, serta pemberian

stimulus audio bertema enhanced-alpha sebagai fase pemulihan. Proses pengujian dilakukan dalam lingkungan laboratorium yang terkontrol untuk meminimalkan gangguan eksternal dan menjaga kualitas sinyal EEG. Alur pengujian terdiri dari sesi pre-test, sesi bermain game, pemberian stimulus audio, hingga post-test, dengan durasi keseluruhan sekitar 20–25 menit per peserta. Pengujian ini tidak hanya menilai efektivitas desain permainan dalam memicu perubahan kondisi emosional dan kognitif, tetapi juga mengevaluasi akurasi perekaman EEG, kesesuaian antara data objektif dan respons subjektif peserta, serta kestabilan sistem secara keseluruhan.

Sistem dalam penelitian ini diimplementasikan dalam bentuk troll game berbasis web yang berfungsi sebagai media stimulus interaktif sekaligus terintegrasi dengan perangkat EEG Muse 2. Game dirancang dengan elemen-elemen yang memicu transisi emosi pemain, seperti jebakan tersembunyi, tekanan waktu, serta peningkatan kesulitan per level. Sebelum eksperimen dimulai, responden diminta mengisi biodata untuk keperluan dokumentasi, sedangkan aktivitas otak direkam secara real-time melalui aplikasi Mind Monitor dan disimpan dalam format CSV. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan MATLAB dan EEGLAB guna mengidentifikasi perubahan frekuensi otak yang berkorelasi dengan dinamika permainan. Hasil implementasi ini menghasilkan sistem terintegrasi yang tidak hanya menghadirkan stimulus berbasis permainan, tetapi juga mendukung proses observasi neuropsikologis secara praktis, terstruktur, dan tidak invasif.

B. Detail Implementasi

Detail implementasi pengujian dalam penelitian ini mencakup dua komponen utama, yaitu sistem website dan sistem klasifikasi sinyal EEG. Pada sistem website, pengujian difokuskan pada evaluasi elemen-elemen permainan *Turtle Trouble* yang dirancang untuk memicu transisi emosi pemain dari kondisi nyaman ke kondisi tidak nyaman. Proses ini melibatkan observasi langsung perilaku pemain, serta pengisian kuesioner untuk mengukur persepsi subjektif. Elemen permainan yang berperan signifikan meliputi jebakan tersembunyi dan kejutan visual yang memicu respons kaget, tekanan waktu melalui *countdown timer*, peningkatan kesulitan bertahap pada setiap level, serta distorsi visual yang disengaja untuk menimbulkan ketidaknyamanan kognitif. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa kombinasi elemen-elemen ini berhasil meningkatkan keterlibatan kognitif pemain dan memunculkan respons otak yang terukur melalui perubahan gelombang alpha, beta, dan gamma.

Pada sistem klasifikasi, sinyal EEG dari empat kanal utama (AF7, AF8, TP9, TP10) yang direkam melalui Muse 2 diproses menggunakan Butterworth bandpass filter orde-4 (0,5–60 Hz) untuk mereduksi noise, kemudian dianalisis ke domain frekuensi dengan Fast Fourier Transform (FFT) guna menentukan frekuensi dominan. Segmentasi dilakukan per level permainan untuk menghitung rata-rata frekuensi dominan tiap kanal. Hasil analisis menunjukkan kemunculan frekuensi sekitar 50 Hz, yang diasosiasikan dengan peningkatan beban kognitif atau stres, lebih sering muncul pada level permainan yang lebih tinggi, dengan rata-rata meningkat dari 5 kali pada Level 1 menjadi 9,5 kali pada Level 3. Temuan ini mengindikasikan adanya korelasi positif antara kompleksitas permainan dan intensitas aktivitas otak.



Gambar 6
(Aplikasi Troll Game)

C. Aplikasi Troll Game

Permainan *Turtle Trouble* yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang dengan konsep *troll game*, yaitu permainan yang secara sengaja menghadirkan elemen-elemen tak terduga untuk memicu ketidaknyamanan psikologis pemain. (Gambar 6) Mekanisme permainan dibagi ke dalam beberapa level dengan tingkat kesulitan bertahap, yang di dalamnya terdapat jebakan tersembunyi, musuh yang muncul tiba-tiba, tekanan waktu melalui *countdown timer*, serta distorsi visual pada antarmuka. Elemen-elemen tersebut bekerja secara simultan untuk meningkatkan beban kognitif dan memicu reaksi emosional, khususnya rasa frustrasi ringan. Desain permainan memanfaatkan prinsip *progressive difficulty* untuk memastikan bahwa intensitas tantangan meningkat seiring berjalannya permainan, sehingga memunculkan perubahan kondisi emosional yang dapat direkam dan dianalisis secara kuantitatif melalui sinyal EEG.

Pengaplikasian *troll game* dalam penelitian ini difokuskan sebagai media stimulus interaktif untuk mempelajari hubungan antara dinamika permainan dan respons neurokognitif pengguna. Selama permainan berlangsung, aktivitas otak pemain direkam menggunakan EEG Muse 2 secara real-time, kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi pola perubahan gelombang otak yang berkorelasi dengan tingkat kesulitan permainan. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran respons emosional dan kognitif secara objektif tanpa mengandalkan laporan subjektif semata. Selain sebagai alat penelitian, *troll game* berbasis web ini memiliki potensi pengembangan di bidang neurofeedback, terapi interaktif, dan pendidikan emosional digital, mengingat sifatnya yang tidak invasif, mudah diakses, dan dapat disesuaikan untuk berbagai kebutuhan eksperimen psikofisiologis.



Gambar 7
(Kuisisioner pre-test)

D. Eksperimen

Eksperimen ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengumpulkan data aktivitas otak melalui stimulus interaktif berupa *troll game* berbasis web yang dijalankan menggunakan perangkat EEG Muse 2 sebagai alat perekam sinyal. Pelaksanaan eksperimen dilakukan dengan dukungan tim psikologi dari Universitas Telkom yang membantu dalam proses seleksi partisipan, sehingga hanya individu dengan kondisi mental sehat yang terlibat agar kualitas data terjaga. Tim dari Universitas Islam Bandung turut berperan dalam observasi jalannya eksperimen serta wawancara terhadap responden. Eksperimen berlangsung selama dua hari, yaitu pada 21–22 Mei 2025, dengan jumlah maksimal lima partisipan per hari dan durasi setiap sesi sekitar 20–25 menit yang mencakup pre-test, sesi bermain game, pemberian stimulus audio, serta post-test.

Sebelum eksperimen dimulai, partisipan ditempatkan di ruang tunggu TULT lantai 3 ruang 03.04 untuk mendapatkan penjelasan, menandatangani *informed consent*, dan mengisi kuesioner pra-eksperimen. Sesi permainan dilakukan di ruang 03.02 yang telah dilengkapi fasilitas lengkap, meliputi lima unit EEG Muse 2, laptop, webcam, earphone, dan tablet. Setiap responden menempati meja individu dengan perangkat yang sudah terpasang, sementara ekspresi wajah dan perilaku visual mereka direkam menggunakan webcam sebagai data pendukung. Setelah eksperimen berakhir, partisipan kembali ke ruang tunggu untuk menjalani wawancara bersama tim psikologi UNISBA serta mengisi kuesioner post-eksperimen sebagai bagian dari evaluasi respons subjektif. Gambar 7

V. Kesimpulan

Hasil implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memfasilitasi perubahan kondisi emosional pengguna secara terkontrol, dari nyaman menuju tidak nyaman hingga kembali rileks melalui stimulus audio. *Troll game* berbasis web yang dikembangkan efektif memicu tekanan kognitif dan emosional secara bertahap melalui jebakan tersembunyi, tekanan waktu, peningkatan kesulitan, dan distorsi visual, sehingga menghasilkan efek psikologis yang terukur.

Pemantauan menggunakan EEG Muse 2 merekam perubahan sinyal otak secara real-time selama permainan dan sesi stimulus audio. Analisis menunjukkan peningkatan gelombang beta dan gamma saat bermain, serta peningkatan dominansi alpha setelah pemberian stimulus audio, yang menandakan keberhasilan sistem dalam menginduksi respons neurokognitif sesuai rancangan.

Integrasi *troll game*, sistem monitoring EEG, dan modul analisis data berbasis web menghasilkan platform eksperimen yang praktis, efisien, dan tidak invasif. Ketiga komponen utama ini telah diuji secara terintegrasi dengan hasil validasi sesuai tujuan desain, serta berpotensi dikembangkan untuk neurofeedback ringan, pendidikan emosional digital, dan terapi interaktif berbasis permainan.

REFERENSI

- [1] L. Kallabis, B. Baroque-Zanón, H. Klocke, A. M. Lara-Palma, and B. Naujoks, "Investigating the Effect of Color Stimuli on Player Emotions in Games," in *2024 IEEE Conference on Games (CoG)*,

- IEEE, Aug. 2024, pp. 1–4. doi: 10.1109/CoG60054.2024.10645605.
- [2] A. Szczesna, J. Grudzinski, T. Grudzinski, R. Mikuszewski, and A. Debowski, “The psychology serious game prototype for preschool children,” *2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2011*, 2011, doi: 10.1109/SeGAH.2011.6165435.
- [3] Z. Zainuddin and I. P. Ihsan, “Modelling of child psychology tests based game learning,” in *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, IEEE, Aug. 2013, pp. 715–719. doi: 10.1109/TALE.2013.6654530.
- [4] M. S. De Vasconcellos and I. S. De Araujo, “Video games and participation in health: How online games can foster population’s participation in public health policies,” *SeGAH 2014 - IEEE 3rd International Conference on Serious Games and Applications for Health, Books of Proceedings*, 2014, doi: 10.1109/SeGAH.2014.7067095.
- [5] G. P. Tolentino, C. Battaglini, A. C. V. Pereira, R. J. De Oliveria, and M. G. M. De Paula, “Usability of serious games for health,” *Proceedings - 2011 3rd International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-Games 2011*, pp. 172–175, 2011, doi: 10.1109/VS-GAMES.2011.33.
- [6] G. Komac and K. Cagiltay, “An Overview of Trolling Behavior in Online Spaces and Gaming Context,” *1st International Informatics and Software Engineering Conference: Innovative Technologies for Digital Transformation, IISEC 2019 - Proceedings*, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/UBMYK48245.2019.8965625.
- [7] M. S. El-Nasr, H. Desurvire, B. Aghabeigi, and A. Drachen, “Game analytics for game user research, part 1: A workshop review and case study,” *IEEE Comput Graph Appl*, vol. 33, no. 2, pp. 6–11, 2013, doi: 10.1109/MCG.2013.26.
- [8] R. S. Iyer and R. Orji, “Cognitive load in Games for Health - A discussion,” *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2020*, 2020, doi: 10.1109/SeGAH49190.2020.9201767.
- [9] Z. Yin *et al.*, “Local field potentials in Parkinson’s disease: A frequency-based review,” *Neurobiol Dis*, vol. 155, p. 105372, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.nbd.2021.105372.
- [10] H. Marzbani, H. Marateb, and M. Mansourian, “Methodological Note: Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications,” *Basic and Clinical Neuroscience Journal*, vol. 7, no. 2, 2016, doi: 10.15412/J.BCN.03070208.
- [11] B. T. Denny, M. C. Inhoff, N. Zerubavel, L. Davachi, and K. N. Ochsner, “Amygdala Response,” *Denny, B. T., Inhoff, M. C., Zerubavel, N., Davachi, L., & Ochsner, K. N. (2009). Amygdala Response*, 26(9), 1377–1388. <https://doi.org/10.1177/0956797615578863.Getting>, vol. 26, no. 9, pp. 1377–1388, 2009, doi: 10.1177/0956797615578863.Getting.
- [12] A. Denisova and P. Cairns, “First Person vs. Third Person Perspective in Digital Games,” in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA: ACM, Apr. 2015, pp. 145–148. doi: 10.1145/2702123.2702256.
- [13] C. Cannard, H. Wahbeh, and A. Delorme, “Validating the wearable MUSE headset for EEG spectral analysis and Frontal Alpha Asymmetry,” in *2021 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*, IEEE, Dec. 2021, pp. 3603–3610. doi: 10.1109/BIBM52615.2021.9669778.
- [14] K. J. Blinowska and J. Żygierewicz, *Practical Biomedical Signal Analysis Using MATLAB®*. Boca Raton: CRC Press, 2021. doi: 10.1201/9780429431357.
- [15] L. B. Ray, D. Baena, and S. M. Fogel, “‘Counting sheep PSG’: EEGLAB-compatible open-source matlab software for signal processing, visualization, event marking and staging of polysomnographic data,” *J Neurosci Methods*, vol. 407, p. 110162, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.jneumeth.2024.110162.
- [16] L. Tait and J. Zhang, “+microstate: A MATLAB toolbox for brain microstate analysis in sensor and cortical EEG/MEG,” *Neuroimage*, vol. 258, p. 119346, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.neuroimage.2022.119346.
- [17] B. K. Mekonnen, W. Yang, T.-H. Hsieh, S.-K. Liaw, and F.-L. Yang, “Accurate prediction of glucose concentration and identification of major contributing features from hardly distinguishable near-infrared spectroscopy,” *Biomed Signal Process Control*, vol. 59, p. 101923, May 2020, doi: 10.1016/j.bspc.2020.101923.
- [18] M. Orenes-Vera, I. Sharapov, R. Schreiber, M. Jacquelin, P. Vandermersch, and S. Chetlur, “Wafer-Scale Fast Fourier Transforms,” in *Proceedings of the 37th International Conference on Supercomputing*, New York, NY, USA: ACM, Jun. 2023, pp. 180–191. doi: 10.1145/3577193.3593708.
- [19] R. Martinek *et al.*, “Advanced Bioelectrical Signal Processing Methods: Past, Present and Future Approach—Part II: Brain Signals,” *Sensors*, vol. 21, no. 19, p. 6343, Sep. 2021, doi: 10.3390/s21196343.
- [20] P. T. Krishnan, A. N. Joseph Raj, and V. Rajangam, “Correction to: Emotion classification from speech signal based on empirical mode decomposition and non-linear features,” *Complex & Intelligent Systems*, vol. 8, no. 1, pp. 703–703, Feb. 2022, doi: 10.1007/s40747-021-00377-y.
- [21] A. Inan Nur, H. B. Santoso, and P. O. Hadi Putra, “The Method and Metric of User Experience Evaluation: A Systematic Literature Review,” in *2021 10th International Conference on Software and Computer Applications*, New York, NY, USA: ACM, Feb. 2021, pp. 307–317. doi: 10.1145/3457784.3457832.
- [22] K. An and E. Tilevich, “Adaptive Redistribution and Replication to Improve the Responsiveness of

- Mobile Web Apps,” *Journal of Web Engineering*, Nov. 2022, doi: 10.13052/jwe1540-9589.2168.
- [23] S. Xu, S. Lai, and L. Pollacia, “Integrating Animation and Game-making in Teaching JavaScript,” in *2022 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, IEEE, Mar. 2022, pp. 318–323. doi: 10.1109/ISEC54952.2022.10025078.
- [24] A. Ehtemami, S. Bernadin, and S. Foo, “Analyzing and Clustering of baseline and non-baseline EEG signal using MATLAB toolboxes,” in *2019 SoutheastCon*, IEEE, Apr. 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/SoutheastCon42311.2019.9020491.
- [25] H. Ghonchi, T. Foulsham, and S. Ferdowsi, “Assessing Neural Patterns of Anxiety Using Deep Learning: An EEG Study,” in *2024 32nd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, IEEE, Aug. 2024, pp. 1596–1600. doi: 10.23919/EUSIPCO63174.2024.10715099

