

Pengembangan Sistem Analisis Fungsi Kognitif Berbasis Website Untuk Evaluasi Pengaruh Aromaterapi Melalui Data Eeg

Mochamad Rafi Alfian Prakoso
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

rafialfian@student.telkomuniversity.ac.id

Alvaro Ahmad Firdaus
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

alvaroahmadf@student.telkomuniversity.ac.id

Jeahan Fitria Goenadiningrat
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

jaehandiningrat@student.telkomuniversity.ac.id

Inung Wijayanto
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

Anggunmeka Luhur Prasasti
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

anggunmeka@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kemajuan teknologi digital telah berdampak negatif terhadap kemampuan atensi berkelanjutan, yang berimplikasi pada penurunan produktivitas di ranah akademik maupun profesional. Penelitian ini merancang sistem terpadu berbasis web dan EEG guna mengukur pengaruh aromaterapi terhadap fungsi kognitif, melalui integrasi aplikasi SART yang mencatat respons secara akurat dan modul EEG yang menganalisis sinyal otak untuk mengidentifikasi komponen ERP sebagai indikator atensi. Proses validasi melalui *User Acceptance Testing* membuktikan bahwa seluruh aspek sistem berfungsi dengan tingkat keberhasilan 100%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki tingkat deteksi ERP (P200, P300, P500) yang lebih tinggi dibandingkan kelompok eksperimen, khususnya penurunan signifikan komponen P200 pada kanal AF7. Walaupun akurasi kedua kelompok hampir serupa, kelompok eksperimen menunjukkan waktu respons lebih cepat, namun disertai dengan tingkat kesalahan yang lebih besar. Oleh karena itu, aromaterapi lemongrass dalam konteks studi ini tidak terbukti mampu meningkatkan kemampuan atensi berkelanjutan secara signifikan.

Kata kunci— Aromaterapi, Sustained Attention, EEG, ERP, SART

I. PENDAHULUAN

Kemampuan mempertahankan fokus dalam jangka waktu tertentu, yang dikenal sebagai sustained attention, merupakan komponen penting dalam fungsi kognitif, khususnya ketika individu terlibat dalam tugas-tugas kompleks seperti aktivitas akademik. Namun, meningkatnya frekuensi penggunaan media sosial berbasis video belakangan ini dikaitkan dengan menurunnya kapasitas atensi. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pengguna aktif platform tersebut mengalami penurunan aktivitas saraf yang berkaitan dengan pemrosesan perhatian, yang tercermin dari perubahan komponen Event-Related Potential (ERP). Fenomena ini berdampak negatif terhadap produktivitas dan pencapaian akademik.

Salah satu metode objektif yang umum digunakan untuk mengukur perhatian adalah Electroencephalography (EEG), yaitu teknik pencatatan aktivitas listrik otak berdasarkan rentang frekuensi tertentu. Metode ini bersifat non-invasif dan memiliki resolusi temporal yang tinggi, namun proses analisisnya seringkali menghadapi tantangan, terutama dalam meminimalkan gangguan sinyal (noise).

Dalam konteks intervensi, minyak esensial serih (lemongrass) pada praktik aromaterapi telah dilaporkan memiliki potensi dalam meningkatkan konsentrasi dan memori. Untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap perhatian, metode Sustained Attention to Response Task (SART) dapat digunakan. Meski demikian, versi konvensional dari SART hanya mengevaluasi aspek perilaku, tanpa melibatkan pemantauan aktivitas otak secara langsung.

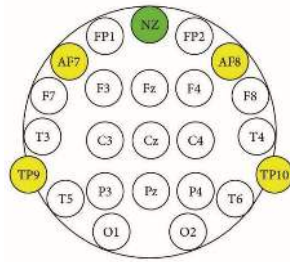
Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem berbasis web yang mengintegrasikan metode SART dengan pemrosesan sinyal EEG untuk mendeteksi komponen ERP secara simultan. Sistem ini dirancang untuk memberikan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap pengaruh aromaterapi terhadap sustained attention, dengan menggabungkan data perilaku dan aspek neurofisiologis secara terpadu.

II. KAJIAN TEORI

A. Elektroensefalogram (EEG)

Elektroensefalografi (EEG) merupakan teknik pencatatan sinyal listrik otak yang bersifat non-invasif, di mana elektroda ditempatkan pada kulit kepala untuk merekam aktivitas saraf. Metode ini umumnya mengadopsi sistem penempatan elektroda 10–20, yang dirancang untuk menangkap fluktuasi potensial listrik akibat aktivitas neuron. Salah satu keunggulan utama EEG adalah kemampuannya dalam merekam data dengan resolusi waktu sangat tinggi, yakni dalam orde milidetik. Perangkat wearable seperti Muse 2 dan Muse S, yang memiliki empat kanal utama (AF7, AF8,

TP9, TP10), kerap digunakan dalam studi terkait kognisi dan emosi karena bentuknya yang ringkas, mudah digunakan, serta mendukung mobilitas pengukuran di luar laboratorium.



GAMBAR 1
(Posisi Elektroda EEG)

B. Frekuensi Gelombang Otak

Aktivitas listrik yang dihasilkan oleh otak manusia memunculkan berbagai jenis gelombang yang mencerminkan tingkat kesadaran dan kondisi mental individu. Setiap gelombang diklasifikasikan berdasarkan frekuensi spesifik yang dimilikinya. Gelombang Delta (0,5–4 Hz) umumnya diasosiasikan dengan fase tidur dalam dan kondisi tidak sadar. Gelombang Theta (4–8 Hz) muncul pada saat tubuh berada dalam keadaan relaksasi ringan, seperti ketika mengantuk, bermeditasi, atau mengalami kelelahan kognitif. Gelombang Alpha (8–13 Hz) sering terdeteksi ketika seseorang dalam kondisi santai tetapi tetap sadar, seperti saat mata tertutup dalam posisi istirahat. Gelombang Beta (13–30 Hz) mencerminkan aktivitas mental yang intens, termasuk konsentrasi tinggi dan stres. Sementara itu, gelombang Gamma yang memiliki frekuensi di atas 30 Hz, berperan penting dalam proses kognitif kompleks seperti pengolahan informasi, memori, dan integrasi multisensorik. Masing-masing gelombang ini memiliki fungsi khas dan digunakan secara luas dalam riset neuropsikologi, terutama dalam pemantauan EEG serta terapi berbasis *neurofeedback*.

C. Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan algoritma yang dirancang untuk menghitung Discrete Fourier Transform (DFT) dengan cara yang lebih cepat dan efisien. Prosedur ini digunakan untuk mentransformasikan sinyal EEG dari representasi dalam domain waktu menjadi domain frekuensi, sehingga menghasilkan spektrum frekuensi yang menggambarkan distribusi energi sinyal dalam kisaran 0 hingga 128 Hz. Melalui pendekatan spektral ini, intensitas masing-masing gelombang otak—seperti alpha, beta, dan gamma—dapat dianalisis secara kuantitatif. Selain itu, metode ini juga berguna untuk mengidentifikasi potensi gangguan atau artefak yang mungkin terdapat dalam sinyal. Bentuk umum dari persamaan matematis DFT dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\bar{x}_k = \sum_{m=0}^{N-1} x_m W^{mk} \quad (1)$$

Rumus Discrete Fourier Transform (DFT) mengonversi sinyal waktu x_m , nilai sampel ke- m dari N total sampel—menjadi komponen frekuensi X_k untuk $k = 0 \dots N-1$. Pada DFT, $W = e^{-j2\pi/N}$ adalah faktor kompleks yang memproyeksikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi.

D. Event-Related Potential (ERP)

Event-Related Potentials (ERP) adalah sinyal EEG yang muncul sebagai respons otak yang terikat pada waktu tertentu setelah munculnya rangsangan, dan mencerminkan aktivitas neural sebagai reaksi terhadap stimulus sensorik, motorik, maupun kognitif. Beberapa komponen ERP yang sering dianalisis mencakup P200 (sekitar 200 ms), P300 (sekitar 300 ms), dan P500 (sekitar 500 ms) pasca-stimulus, yang masing-masing menggambarkan tahapan persepsi awal, distribusi perhatian, dan pemrosesan kognitif tingkat lanjut. Komponen P300 secara khusus berkaitan erat dengan proses pengambilan keputusan dan pembaruan informasi dalam memori. Meskipun puncaknya paling sering terekam pada wilayah parietal, sinyal ini juga dapat muncul di area frontal, temporal, dan oksipital. Amplitudo positif dari P300 yang berkisar antara 5 hingga 20 μV kerap dijadikan indikator tingkat keterlibatan kognitif individu. Dalam analisis ERP, biasanya digunakan banyak kanal EEG, namun pada penelitian ini fokus diarahkan pada kanal AF7 dan AF8 yang terletak di prefrontal cortex, karena wilayah tersebut memiliki peran penting dalam fungsi eksekutif, termasuk pengendalian emosi, perencanaan, serta pengambilan keputusan.

E. Fungsi Kognitif

Fungsi kognitif menggambarkan kemampuan otak dalam menerima, mengelola, menyimpan, dan menggunakan informasi yang diperlukan untuk menjalankan aktivitas sehari-hari, seperti belajar, berpikir logis, mengingat, berbahasa, serta mengambil keputusan. Fungsi ini terbagi ke dalam beberapa domain utama, meliputi perhatian, memori, persepsi, bahasa, dan fungsi eksekutif. Pada penelitian ini, perhatian menjadi area kajian utama, khususnya pada subdomain *sustained attention* atau perhatian berkelanjutan—yaitu kemampuan individu untuk menjaga fokus terhadap suatu tugas atau rangsangan dalam jangka waktu tertentu. Keterampilan ini memiliki peran penting dalam aktivitas harian seperti membaca, mengemudi, dan menyelesaikan pekerjaan secara konsisten.

F. Aromaterapi

Aromaterapi merupakan metode yang memanfaatkan ekstrak minyak esensial dari tanaman untuk tujuan mendukung relaksasi, memperbaiki kondisi emosional, serta meningkatkan performa kognitif. Sejumlah studi menunjukkan bahwa minyak esensial dari sereh (*Cymbopogon citratus*) memiliki potensi dalam memperkuat *sustained attention* dan memori, sebagaimana dibuktikan melalui hasil pengukuran psikometrik dan indikator biologis seperti level kortisol sebagai penanda stres. Walaupun jalur neurofisiologis yang mendasari efek ini belum sepenuhnya dipahami, kemungkinan keterlibatan gelombang alpha serta komponen *Event-Related Potential* (ERP) P300 membuka peluang eksplorasi lebih lanjut dalam konteks neurosains kognitif.

G. Muse S

Muse S merupakan salah satu perangkat EEG portabel generasi terbaru yang banyak dimanfaatkan dalam penelitian neuropsikologi. Perangkat ini berbentuk headband dan dilengkapi sensor yang mampu merekam aktivitas listrik otak

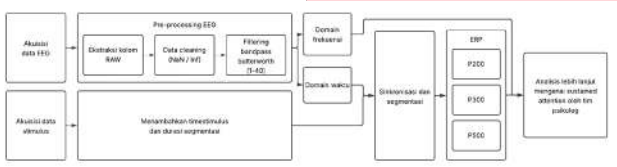
secara real-time dengan presisi yang cukup baik. Muse sering digunakan dalam studi terkait fungsi kognitif, latihan meditasi, serta pemantauan aspek emosional. Dalam konteks penelitian ini, Muse S digunakan untuk merekam sinyal EEG dari empat titik utama, yaitu AF7, AF8, TP9, dan TP10, yang mewakili area frontal dan temporal pada permukaan otak.



GAMBAR 2
(Perangkat Muse S)

III. METODE

A. Desain Sistem



GAMBAR 3
(Flowchart Sistem)

Penelitian ini mengembangkan sistem terintegrasi untuk mengevaluasi pengaruh aromaterapi terhadap aspek fungsi kognitif, khususnya pada *sustained attention*. Sistem ini terdiri atas dua komponen utama: (1) aplikasi berbasis web untuk pelaksanaan *Sustained Attention to Response Task* (SART), dan (2) modul analisis sinyal EEG. Kedua komponen dirancang agar bekerja secara terpadu untuk memungkinkan pencatatan data perilaku—seperti waktu reaksi dan tingkat akurasi—serta data fisiologis berupa aktivitas otak secara real-time.

Aplikasi stimulus dibuat untuk menyajikan angka 0 sampai 9 dan simbol titik (•) secara acak sebagai rangsangan visual. Setiap angka ditampilkan selama 250 milidetik, kemudian diikuti oleh interval sensorik selama 900 milidetik. Sistem ini secara otomatis mencatat waktu respons, *timestamp*, dan akurasi peserta, lalu menyimpannya dalam format CSV. Karena berbasis web, aplikasi dapat diakses dengan mudah tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan.

Sementara itu, bagian analisis EEG bertugas memproses sinyal mentah yang dihasilkan oleh perangkat Muse 2 atau Muse S guna mengidentifikasi komponen *Event-Related Potentials* (ERP) seperti P200, P300, dan P500 yang berperan sebagai indikator atensi. Proses ini melibatkan beberapa tahap, dimulai dari filtrasi sinyal (*band-pass filtering*) hingga segmentasi berdasarkan waktu munculnya stimulus (*stimulus onset*).

B. Spesifikasi Sistem

TABEL 1
(Spesifikasi Sistem)

No	Keterangan	Rincian
1	Aplikasi stimulus <i>Sustained attention to Response Task</i> (SART) berbasis <i>website</i>	Sistem aplikasi stimulus <i>Sustained attention to Response Task</i> (SART) berbasis <i>website</i> harus bisa menampilkan stimulus angka tunggal (0-9) dan titik (•) secara acak. Sistem aplikasi stimulus SART mampu merekam dan menghasilkan data berupa <i>timestamp respon</i> dan <i>respon time</i> saat <i>user</i> merespon stimulus. Data hasil tes harus tersimpan dalam format yang terstruktur seperti CSV untuk memudahkan pengolahan data.
2	Sistem analisis sinyal EEG	Sistem harus bisa mengolah sinyal mentah EEG menjadi sinyal yang dapat mengidentifikasi ada atau tidaknya <i>Event-Related Potentials</i> (ERP) P200, P300, dan P500.

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk mendukung studi di bidang fungsi kognitif, khususnya pada domain perhatian. Secara umum, fungsi kognitif mencakup kemampuan otak dalam menerima, mengolah, menyimpan, dan menggunakan informasi yang berkaitan dengan aktivitas sehari-hari seperti belajar, bernalar, mengingat, berkomunikasi, hingga pengambilan keputusan. Fokus utama penelitian diarahkan pada sub-komponen *sustained attention*, yakni kemampuan untuk mempertahankan konsentrasi terhadap suatu tugas atau rangsangan dalam jangka waktu tertentu, yang krusial dalam berbagai aktivitas seperti membaca, mengemudi, dan bekerja.

Sistem ini terdiri atas dua komponen utama. Komponen pertama adalah aplikasi SART, yang dirancang untuk menyajikan rangsangan visual berupa angka dan simbol secara acak, mencatat respons peserta, dan menyimpan hasilnya secara otomatis. Komponen kedua adalah modul analisis EEG, yang digunakan untuk mengolah sinyal otak mentah guna mendeteksi komponen *Event-Related Potentials* (ERP), dengan fokus pada kanal AF7 dan AF8. Tahapan pengolahan sinyal dilakukan melalui proses *band-pass filtering* pada rentang frekuensi 1–40 Hz, diikuti dengan ekstraksi sinyal yang diselaraskan dengan waktu kemunculan stimulus.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Validasi Sistem Website SART

TABEL 2
(User Acceptance Test)

No	Uji Kasus	Tingkat Keberhasilan
1.	Validasi pengisian data diri responden	Berhasil (100%)
2	Memulai sesi demo	Berhasil (100%)
3	Membuka halaman pengaturan (<i>settings</i>)	Berhasil (100%)
4.	Mengubah dan menyimpan parameter tes	Berhasil (100%)
5.	Validasi input non-angka	Berhasil (100%)

No	Uji Kasus	Tingkat Keberhasilan
6.	Kembali tanpa menyimpan perubahan	Berhasil (100%)
7.	Kembali ke formulir dan membatalkan perubahan	Berhasil (100%)
8.	Memulai demo dengan pengaturan default	Berhasil (100%)
9.	Interaksi menggunakan tombol selain spasi	Berhasil (100%)
10.	Verifikasi kejelasan instruksi	Berhasil (100%)
11.	Verifikasi akurasi data ringkasan (<i>summary</i>)	Berhasil (100%)
12.	Verifikasi logika penilaian (<i>correct, incorrect, no response</i>)	Berhasil (100%)
13.	Verifikasi fungsi tombol 'kembali ke halaman awal'	Berhasil (100%)

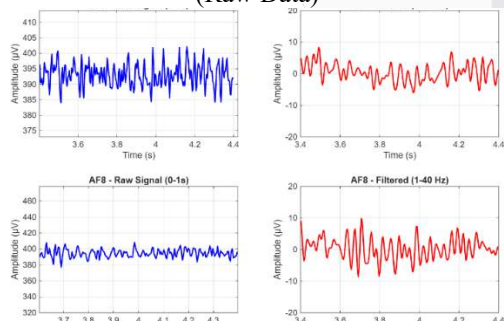
Sistem SART yang dikembangkan berbasis web dibangun menggunakan JavaScript dan HTML5, dengan pengaturan durasi stimulus yang presisi, yaitu 250 milidetik untuk tampilan angka dan 900 milidetik sebagai jeda antarstimulus. Aplikasi ini mencatat data penting seperti *response time*, *timestamp*, dan akurasi terhadap respons peserta terhadap angka 0–9, di mana angka 3 berfungsi sebagai stimulus “no-go”. Validasi sistem dilakukan melalui User Acceptance Test (UAT) yang melibatkan tim psikolog, dan hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh 13 parameter fungsional berhasil terpenuhi dengan tingkat keberhasilan 100%.

B. Hasil Pengukuran Data EEG

Data EEG diperoleh melalui perangkat Muse S yang dilengkapi empat kanal, yakni AF7, AF8, TP9, dan TP10. Namun, fokus analisis diarahkan pada kanal AF7 dan AF8, karena keduanya berperan penting dalam aktivitas atensi dan fungsi-fungsi kognitif di area prefrontal.

49,56044	723,663	794,57874	22,967033
1120,1465	825,6044	817,9487	1054,0659
1650	926,7399	817,9487	1650
711,5751	825,2015	786,1172	744,21246
0	720,0366	782,49084	0

GAMBAR 4
(Raw Data)



GAMBAR 5
(Hasil Filtering)

Tahapan pra-pemrosesan sinyal EEG dilakukan secara sistematis untuk memastikan kualitas data yang optimal. Proses diawali dengan penerapan *bandpass filter* pada rentang frekuensi 1 hingga 40 Hz guna mengeliminasi noise di luar pita frekuensi yang relevan dengan aktivitas neuroelektrik. Setelah penyaringan, sinyal EEG disegmentasi

menjadi beberapa potongan data (*epoch*) yang disejajarkan dengan waktu kemunculan stimulus, sehingga analisis dapat dilakukan secara sinkron terhadap kejadian spesifik. Selanjutnya, karakteristik frekuensi sinyal dianalisis menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT), dan tahap akhir melibatkan ekstraksi komponen *Event-Related Potentials* (ERP), yaitu P200, P300, dan P500, sebagai representasi dari aktivitas atensi dalam proses kognitif. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata deteksi komponen ERP (P200, P300, P500) pada kelompok kontrol mencapai 61,545%. Sebaliknya, kelompok eksperimen yang memperoleh paparan aromaterapi menunjukkan penurunan deteksi yang cukup mencolok, yakni hanya sebesar 47,66%. Penurunan terbesar ditemukan pada komponen P200 di kanal AF7, dengan tingkat deteksi yang turun signifikan menjadi 41,36%.

C. Hasil Pengujian SART Dari 20 Partisipan

TABEL 3
(Hasil Pengujian Kelompok Kontrol)

Kelompok Kontrol					
AF7			AF8		
P200	P300	P500	P200	P300	P500
62.67%	62.34%	63.06%	60.38%	60.41%	60.35%
61.545%					

TABEL 4
(Hasil Pengujian Kelompok Eksperimen)

Kelompok Eksperimen					
AF7			AF8		
P200	P300	P500	P200	P300	P500
41.36%	46.26%	43.47%	49.07%	51.91%	53.89%
47.66%					

Hasil pengukuran perilaku menggunakan metode SART menunjukkan bahwa kelompok kontrol—yang tidak diberikan intervensi aromaterapi—memperoleh tingkat akurasi rata-rata sebesar 94,9%, sedikit lebih tinggi dibandingkan kelompok eksperimen yang menerima intervensi, yaitu sebesar 94,6%. Walaupun akurasi kelompok eksperimen sedikit lebih rendah, mereka menunjukkan waktu reaksi yang lebih cepat, dengan rata-rata 367,8 milidetik, dibandingkan kelompok kontrol yang mencatat 418,9 milidetik.

Namun, peningkatan kecepatan dalam merespons ini disertai dengan lonjakan jumlah kesalahan pada stimulus no-go (*commission error*), yakni antara 40 hingga 170 kesalahan, jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang mencatat antara 26 hingga 142 kesalahan. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun aromaterapi mampu mempercepat respons motorik, intervensi tersebut tidak memberikan dampak berarti dalam meningkatkan kualitas perhatian. Sebaliknya, penurunan deteksi ERP dan tingginya tingkat kesalahan justru menunjukkan bahwa aromaterapi dapat mengganggu kestabilan *sustained attention*.

V. KESIMPULAN

Tahapan awal dalam penelitian ini mencakup pengembangan dan validasi sistem pengukuran fungsi kognitif berbasis web. Validitas teknis dan psikometris sistem dibuktikan melalui proses User Acceptance Testing (UAT) oleh tim psikolog, dengan hasil menunjukkan bahwa seluruh 19 parameter terkait fungsionalitas dan antarmuka dinyatakan berhasil 100%. Ketika sistem ini diterapkan dalam eksperimen, hasil menunjukkan bahwa pemberian

aromaterapi lemongrass tidak memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan sustained attention.

Secara perilaku, tidak terdapat perbedaan mencolok antara kelompok kontrol dan eksperimen dalam hal akurasi, masing-masing sebesar 94,9% dan 94,6%. Namun, kelompok eksperimen mencatat waktu reaksi yang lebih cepat, yaitu 367,8 milidetik, dibandingkan kelompok kontrol yang mencapai 418,9 milidetik. Kecepatan ini disertai peningkatan jumlah commission error pada stimulus “no-go”, yakni 40–170 kesalahan, lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang mencatat 26–142 kesalahan.

Hasil ini didukung oleh temuan dari data EEG, di mana rata-rata deteksi komponen Event-Related Potentials (ERP) pada kelompok eksperimen lebih rendah (47,66%) dibandingkan kelompok kontrol (61,545%). Berdasarkan integrasi antara data perilaku dan sinyal neurofisiologis yang diperoleh melalui sistem tervalidasi, dapat disimpulkan bahwa intervensi aromaterapi lemongrass dalam penelitian ini tidak memberikan peningkatan terhadap performa perhatian berkelanjutan, dan bahkan menunjukkan kecenderungan mengganggu stabilitas proses atensi.

REFERENSI

- [1] H. Huang, R. Li, and J. Zhang, “A review of visual sustained attention: neural mechanisms and computational models,” *PeerJ*, vol. 11, p. e15351, Jun. 2023, doi: 10.7717/peerj.15351.
- [2] C. L. Gallen et al., “Contribution of sustained attention abilities to real-world academic skills in children,” *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, p. 2673, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-29427-w.
- [3] P. Walla and Y. Zheng, “Intense Short-Video-Based Social Media Use reduces the P300 Event-Related Potential Component in a Visual Oddball Experiment: A Sign for Reduced Attention,” *Life*, vol. 14, no. 3, 2024, doi: 10.3390/life14030290.
- [4] Ó. W. Gómez-Morales, D. F. Collazos-Huertas, A. M. Álvarez-Meza, and C. G. Castellanos-Dominguez, “EEG Signal Prediction for Motor Imagery Classification in Brain–Computer Interfaces,” *Sensors*, vol. 25, no. 7, Apr. 2025, doi: 10.3390/s25072259.
- [5] N. F. Akila, E. M. N. E. M. Nasir, N. Fuad, M. H. A. Wahab, and S. Z. S. Idrus, “A Review of Human Graphology Analysis and Brainwaves,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 917, no. 1, p. 12048, Sep. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/917/1/012048.
- [6] B. Raufi and L. Longo, “An Evaluation of the EEG Alpha-to-Theta and Theta-to-Alpha Band Ratios as Indexes of Mental Workload,” *Front Neuroinform*, vol. 16, 2022, doi: 10.3389/fninf.2022.861967.
- [7] S. D. McKeon et al., “Age-related differences in transient gamma band activity during working memory maintenance through adolescence,” *Neuroimage*, vol. 274, p. 120112, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120112>.
- [8] Ó. W. Gómez-Morales, D. F. Collazos-Huertas, A. M. Álvarez-Meza, and C. G. Castellanos-Dominguez, “EEG Signal Prediction for Motor Imagery Classification in Brain–Computer Interfaces,” *Sensors*, vol. 25, no. 7, Apr. 2025, doi: 10.3390/s25072259.
- [9] V. N and A. N, “A review of non-invasive BCI devices,” *Int J Biomed Eng Technol*, vol. 34, no. 3, pp. 205–233, 2020, doi: 10.1504/IJBET.2020.111471.
- [10] M. S. Salama Mostafa A. and Abou El-Seoud, “Mind Waves Time Series Analysis of Students’ Focusing and Relaxing Sessions,” in *Learning in the Age of Digital and Green Transition*, W. and R. T. Auer Michael E. and Pachatz, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 661–668.
- [11] M. He et al., “HMT: An EEG Signal Classification Method Based on CNN Architecture,” in *2023 5th International Conference on Intelligent Control, Measurement and Signal Processing (ICMSP)*, 2023, pp. 1015–1018. doi: 10.1109/ICMSP58539.2023.10170904.
- [12] S. Can, Y. Yildirim Usta, S. Yildiz, and K. Tayfun, “The effect of lavender and rosemary aromatherapy application on cognitive functions, anxiety, and sleep quality in the elderly with diabetes,” *EXPLORE*, vol. 20, no. 6, p. 103033, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.explore.2024.103033>.
- [13] S. Umukoro, A. H. Adeola, B. Ben-Azu, and A. M. Ajayi, “Lemon Grass Tea Enhanced Memory Function and Attenuated Scopolamine-Induced Amnesia in Mice Via Inhibition of Oxidative Stress and Acetyl-Cholinesterase Activity,” *J Herbs Spices Med Plants*, vol. 24, no. 4, pp. 407–420, 2018, doi: 10.1080/10496475.2018.1520777.
- [14] A. Bedi, P. N. Russell, and W. S. Helton, “Go-stimuli probability influences response bias in the sustained attention to response task: a signal detection theory perspective,” *Psychol Res*, vol. 87, no. 2, pp. 509–518, 2023, doi: 10.1007/s00426-022-01679-7.