

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

1st M Rafi A PFakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

rafialfian@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Alvaro Ahmad FirdausFakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

alvaroahmadf@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Jeahan Fitria GoenadiningratFakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

jeahandiningrat@student.telkomuniversity.ac.id

4th Dr. Inung Wijayanto S.T., M.T.Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

iwiwijayanto@telkomuniversity.ac.id

5th Anggunmeka Luhur Prasasti S.T., M.T.Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia

anggunmeka@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Sistem stimulus berbasis web yang dikembangkan untuk analisis *sustained attention* telah berhasil divalidasi melalui *User Acceptance Testing* (UAT), di mana seluruh 19 parameter fungsionalitas dan antarmuka dinyatakan berhasil 100% oleh tim psikolog, sehingga sistem dinyatakan layak untuk pengujian. Setelah implementasi, hasil analisis EEG menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki rata-rata deteksi komponen *Event-Related Potential* (ERP) P200, P300, dan P500 sebesar 61,545% di saluran AF7 dan AF8, sementara kelompok eksperimen hanya mencapai 47,66%. Secara spesifik, pada saluran AF7, komponen P200 kelompok eksperimen turun signifikan menjadi 41,36%. Hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor psikologis seperti efek placebo, di mana keyakinan atau ekspektasi negatif peserta dapat menurunkan hasil terapeutik, bahkan jika senyawa aktif sebenarnya efektif. Selain itu, durasi dan frekuensi sesi yang tidak memadai mungkin tidak memberikan dampak signifikan, sehingga diperlukan intervensi konsisten untuk mencapai efek optimal. Implikasinya, aromaterapi belum terbukti secara signifikan meningkatkan fokus atau *sustained attention* dalam penelitian ini, meskipun perlu dieksplorasi lebih lanjut dengan variasi jenis aroma, durasi, atau intensitas untuk menentukan kondisi yang mungkin memberikan manfaat positif.

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

I. PENDAHULUAN

Atensi berkelanjutan (*sustained attention*) merupakan komponen krusial dalam fungsi kognitif yang berperan dalam mendukung aktivitas kompleks seperti belajar dan pengambilan Keputusan [1]. Namun saat ini mengalami penurunan akibat maraknya penggunaan media sosial berbasis video pendek [2]. Dalam konteks pengukuran objektif, *Electroencephalography* (EEG) menjadi metode andal karena mampu merekam aktivitas listrik otak secara

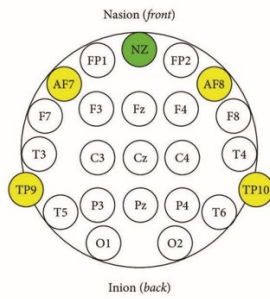
real-time [3], termasuk mengidentifikasi komponen *Event-Related Potentials* (ERP) seperti P200, P300, dan P500. P200 berkaitan dengan deteksi awal stimulus, P300 menunjukkan alokasi perhatian dan pengenalan target, sedangkan P500 merefleksikan proses kognitif lanjutan [4][5][6].

Meski tes *Sustained Attention to Response Task* (SART) umum digunakan untuk mengukur atensi [1][7], versi konvensional belum mampu mencatat dinamika waktu reaksi dan respons otak secara bersamaan [8]. Selain itu, efektivitas aromaterapi sebagai intervensi peningkatan fokus belum divalidasi melalui pendekatan neurofisiologis yang terukur [9][10]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem berbasis *website* yang mengintegrasikan stimulus SART dengan analisis EEG untuk mengevaluasi pengaruh aromaterapi terhadap atensi, melalui pencatatan *response time*, *timestamp*, serta deteksi komponen ERP secara presisi dan *real-time*.

II. KAJIAN TEORI

A. *Electroencephalography* (EEG)

Electroencephalography (EEG) adalah metode non-invasif yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik otak melalui elektroda yang dipasang di kulit kepala [11]. Sinyal EEG mencerminkan aktivitas neuron dalam bentuk potensial listrik dengan resolusi waktu yang sangat tinggi, sehingga memungkinkan pengamatan terhadap proses-proses kognitif secara *real-time* [3]. EEG banyak digunakan dalam penelitian dan diagnostik karena mampu mendeteksi perubahan aktivitas otak secara langsung, meskipun sangat rentan terhadap gangguan dari sumber eksternal seperti kedipan mata atau gerakan otot [12].



GAMBAR 1

Posisi Elektroda TP9, TP10, AF7 dan AF8

B. Frekuensi Gelombang Otak

Sinyal EEG terdiri dari berbagai jenis gelombang otak berdasarkan frekuensinya, yaitu: *delta* (0,5–4 Hz), *theta* (4–7 Hz), *alpha* (8–12 Hz), *beta* (13–30 Hz), dan *gamma* (>30 Hz) [13]. Gelombang delta biasanya muncul saat tidur nyenyak dan tidak sadar; *theta* terkait dengan relaksasi dan kelelahan; *alpha* menandai kondisi santai namun terjaga; *beta* berhubungan dengan aktivitas mental aktif, konsentrasi, dan kewaspadaan [14][15]; sedangkan *gamma* terlibat dalam pemrosesan informasi tingkat tinggi seperti atensi dan memori [16].

C. Event-Related Potentials (ERP)

Event-Related Potentials (ERP) adalah komponen sinyal EEG yang timbul sebagai respons terhadap stimulus tertentu dan digunakan untuk menilai proses kognitif otak [5]. Dalam penelitian ini, digunakan tiga komponen utama:

- P200: Muncul sekitar 200 ms setelah stimulus dan berperan dalam proses awal pengenalan sensorik [6].
- P300: Muncul antara 300–400 ms dan mencerminkan alokasi perhatian serta pengenalan stimulus bermakna [4].
- P500: Muncul antara 500–600 ms dan berkaitan dengan pemrosesan kognitif tingkat lanjut, seperti penilaian dan pengambilan keputusan [6].

Ketiga komponen ERP ini digunakan untuk menilai tingkat perhatian dan keterlibatan kognitif partisipan terhadap stimulus visual.

D. Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) adalah algoritma matematis yang digunakan untuk mengubah sinyal EEG dari domain waktu ke domain frekuensi [17]. Transformasi ini memungkinkan identifikasi pola frekuensi otak yang dominan, misalnya peningkatan pita *beta* yang mengindikasikan fokus atau peningkatan *alfa* saat relaksasi. Analisis spektrum frekuensi juga memudahkan deteksi *noise* atau artefak, serta mendukung proses segmentasi dan klasifikasi sinyal EEG dalam analisis ERP [18].

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

E. Fungsi Kognitif dan Atensi

Fungsi kognitif mencakup kemampuan otak dalam menerima, memproses, menyimpan, dan menggunakan informasi, meliputi perhatian, memori, bahasa, fungsi eksekutif, dan persepsi [3]. Penelitian ini berfokus pada sub-komponen sustained attention, yaitu kemampuan individu untuk mempertahankan perhatian secara terus-menerus terhadap tugas monoton dalam waktu tertentu [19]. Kemampuan ini berperan penting dalam aktivitas akademik, kerja, dan aktivitas sehari-hari yang memerlukan konsentrasi berkelanjutan.

F. Aromaterapi

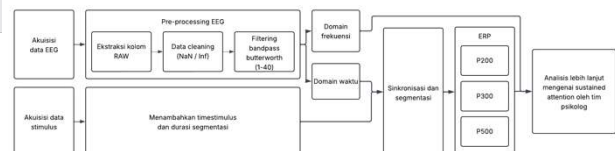
Aromaterapi adalah terapi komplementer yang menggunakan minyak esensial dari tumbuhan untuk mempengaruhi kondisi fisik, emosional, dan kognitif seseorang [20]. Minyak esensial dapat diberikan melalui berbagai cara, salah satunya inhalasi menggunakan *diffuser*. Dalam penelitian ini digunakan minyak esensial *lemongrass* (*Cymbopogon citratus*) yang terbukti dapat meningkatkan performa kognitif, khususnya dalam aspek memori dan perhatian [10]. Namun, efektivitasnya terhadap aktivitas otak dan atensi masih perlu dibuktikan lebih lanjut melalui pendekatan berbasis EEG dan ERP secara objektif.

III. METODE

A. Desain Sistem

Desain sistem pada penelitian ini terdiri dari dua komponen utama seperti pada Gambar 2, yaitu sistem pengukuran atensi menggunakan tes SART berbasis *website* dan sistem analisis aktivitas otak menggunakan pendekatan ERP. SART dirancang sebagai tugas psikologi kognitif yang menampilkan rangkaian angka secara visual di layar monitor, di mana peserta diminta memberikan respons terhadap stimulus dengan aturan tertentu. Sistem ini mencatat respons peserta berupa waktu reaksi (*reaction time*) dan kesalahan respons dalam bentuk file CSV.

Sementara itu, sistem analisis ERP menggunakan data sinyal EEG yang diperoleh dari perangkat EEG Muse 2 dan S selama pelaksanaan tes. Aktivitas otak yang terekam dianalisis untuk mengamati perubahan amplitudo dan latensi pada komponen ERP sebagai indikator tingkat atensi berkelanjutan. Integrasi antara hasil SART dan sinyal ERP memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap pengaruh intervensi aromaterapi terhadap kinerja atensi.



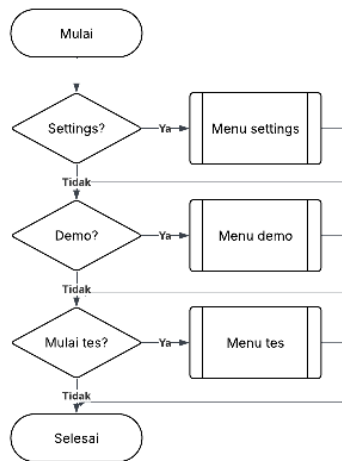
GAMBAR 2

Blok Diagram Website SART dan Pengolahan Sinyal

B. Cara Kerja Sistem

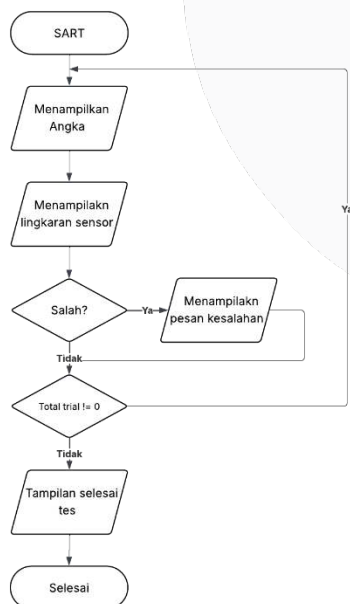
Sistem aplikasi SART bekerja dengan menampilkan stimulus angka tunggal acak (1-9) dan lingkaran (•) secara acak. Sistem aplikasi stimulus SART merekam dan menghasilkan data berupa timestamp respon dan respon time saat user merespon stimulus. Data hasil tes harus tersimpan

dalam format yang terstruktur seperti CSV untuk memudahkan pengolahan data. Selama tes berlangsung, sinyal EEG peserta direkam secara simultan oleh perangkat Muse 2 yang dikenakan pada kepala. Gambar 3 menunjukan *flowchart* mengenai menu utama yang memberikan tiga opsi kepada pengguna, yaitu settings, demo, dan mulai tes.



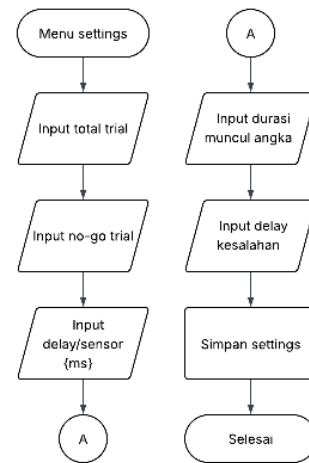
GAMBAR 3
Flowchart Menu Utama Website SART

Gambar 4 menunjukan konsep dari stimulus SART yaitu dengan mengimplementasi tugas *go* dan *no-go*, dimana angka 3 ditetapkan sebagai stimulus *no-go* yang tidak boleh direspon oleh responden, sementara angka lainnya (1-9) memerlukan respon yang cepat. Durasi setiap stimulus pada *website* ini diatur secara presisi, yaitu 1150 milidetik tiap siklus, yang terdiri dari 250 milidetik untuk menampilkan angka dan 900 milidetik untuk menampilkan penutup angka (sensor) yang berupa lingkaran. Angka yang ditampilkan berkisar antara 1 hingga 9, dengan aturan khusus bahwa peserta tidak boleh merespon ketika angka yang muncul adalah angka 3.



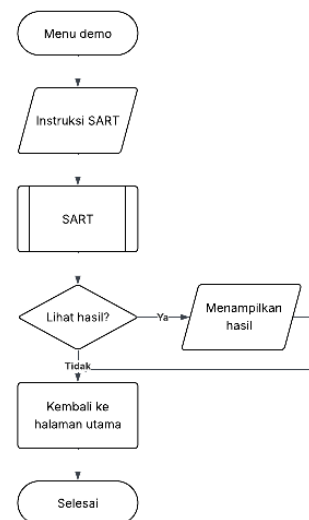
GAMBAR 4
Flowchart Alur Aplikasi Website SART

Menu settings berperan sebagai antarmuka konfigurasi untuk menyesuaikan parameter eksperimen. Pengguna dapat menginput *total trial* (jumlah percobaan), konfigurasi tes, serta *no-go trial* (*trial* dimana peserta harus menahan respons). Selain itu, sistem memungkinkan penyesuaian *delay* kesalahan (waktu tampil pesan *error*) dan *delay/sensor* (latensi sensor).



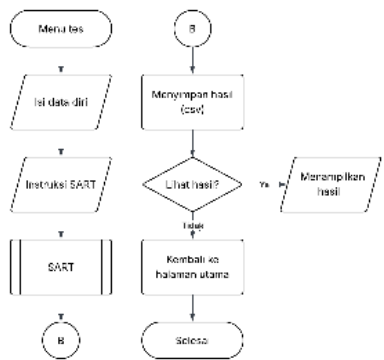
GAMBAR 5
Flowchart Menu Setting Aplikasi Website SART

Menu demonstrasi menyajikan simulasi singkat dari tes SART tanpa merekam hasil. Setelah menampilkan instruksi tes, sistem akan menjalankan demonstrasi yang mencakup tampilan angka dalam lingkaran sensor sebagaimana tes sebenarnya.



GAMBAR 6
Flowchart Alur Menu Demo Aplikasi Website SART

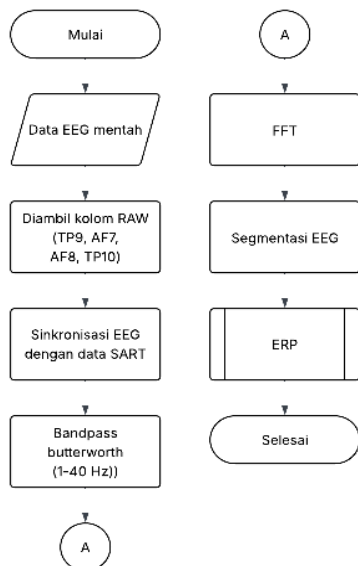
Menu tes utama menggabungkan seluruh komponen sistem untuk pelaksanaan eksperimen sebenarnya. Setelah menampilkan instruksi SART, sistem akan menjalankan tes lengkap dengan merekam semua data performa peserta.



GAMBAR 7

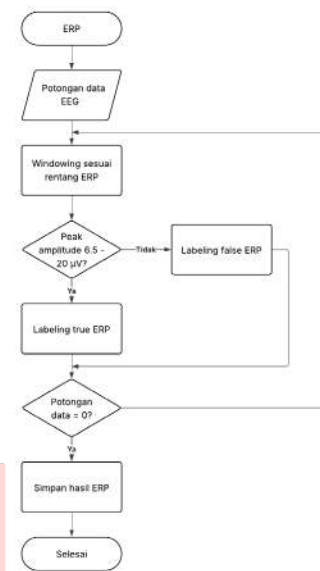
Flowchart Alur Menu Tes Aplikasi Website SART

Sistem analisis ERP bekerja dengan memanfaatkan penanda waktu stimulus (*timestamp*) dari tes SART yang kemudian disinkronkan dengan data sinyal EEG. Tahapan analisis diawali dengan proses *pre-processing* untuk menyaring artefak dan *noise*, dilanjutkan dengan segmentasi sinyal berdasarkan momen stimulus. Kemudian dilakukan ekstraksi komponen ERP yang mencerminkan respons otak terhadap stimulus yang relevan. Proses ini difokuskan pada pengukuran perubahan amplitudo dan latensi gelombang otak setelah intervensi, sehingga memungkinkan evaluasi terhadap pengaruh aromaterapi *lemongrass* terhadap peningkatan fokus atau perhatian peserta.



GAMBAR 8

Flowchart Alur Sistem Analisis Sinyal EEG

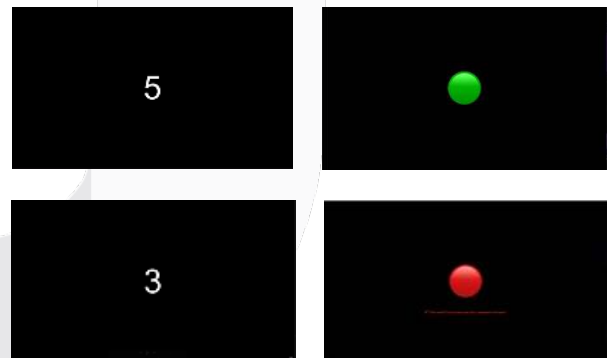


GAMBAR 9

Flowchart Alur Identifikasi ERP

C. Detail Implementasi

Aplikasi SART dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman web HTML, CSS, dan JavaScript. Sistem ini menghasilkan data berupa waktu stimulus dan waktu reaksi yang tersimpan dalam format CSV. Sinyal EEG yang direkam selama sesi pengujian kemudian diproses menggunakan perangkat lunak MATLAB. Tahapan pemrosesan data EEG meliputi filtering sinyal, segmentasi waktu stimulus, serta ekstraksi fitur frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).



GAMBAR 10

Tampilan Tes Aplikasi Website SART

Hasil ekstraksi sinyal dianalisis untuk mendapatkan informasi komponen ERP, khususnya pada domain frekuensi gelombang otak yang terkait dengan perhatian dan respon kognitif. Perbandingan dilakukan antara kondisi tanpa dan dengan intervensi aromaterapi. Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu dua bulan, mencakup tahap pengembangan sistem, pelaksanaan uji coba, dan analisis hasil. Seluruh proses dilakukan dalam lingkungan terkontrol untuk menjaga konsistensi data.


```

% Load EEG data
load('AF7.mat');
% Extract channels (Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma)
% Delta (0.5-4 Hz)
% Theta (4-8 Hz)
% Alpha (8-13 Hz)
% Beta (13-30 Hz)
% Gamma (30-40 Hz)

% Apply scaling factor
scaling_factor = 1e-5; % 10^-5
AF7_scaled = AF7 * scaling_factor;

% Compute power spectrum
% Delta (0.5-4 Hz)
% Theta (4-8 Hz)
% Alpha (8-13 Hz)
% Beta (13-30 Hz)
% Gamma (30-40 Hz)

% Compute power spectrum
% Delta (0.5-4 Hz)
% Theta (4-8 Hz)
% Alpha (8-13 Hz)
% Beta (13-30 Hz)
% Gamma (30-40 Hz)

% Compute power spectrum
% Delta (0.5-4 Hz)
% Theta (4-8 Hz)
% Alpha (8-13 Hz)
% Beta (13-30 Hz)
% Gamma (30-40 Hz)

```

GAMBAR 11
Pemrosesan Sinyal EEG

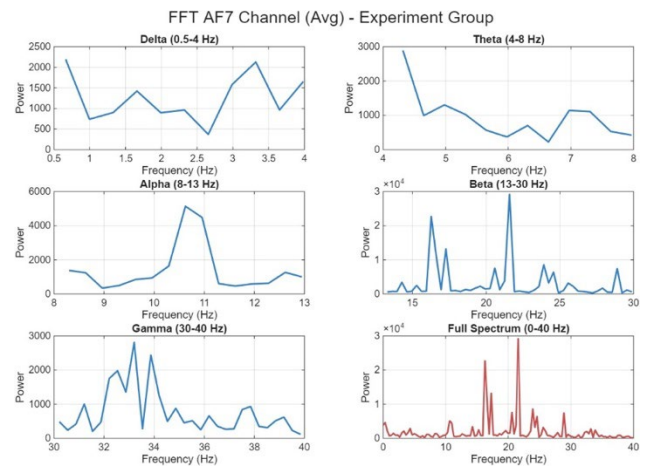
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengukuran atensi berbasis SART yang dikembangkan mampu menyajikan stimulus angka secara acak dengan jeda waktu yang telah ditentukan, serta mencatat waktu reaksi dan kesalahan respons secara otomatis dalam format CSV. Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa durasi respon dari responden pada setiap angka atau stimulus yang muncul telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan yaitu tidak melebihi 1,150 milidetik. Setelah dihitung selisihnya, dapat diamati juga bahwa hasil selisih sama dengan hasil *response time* yang mana hal tersebut semakin memperkuat pengujian waktu atau *timing validation*

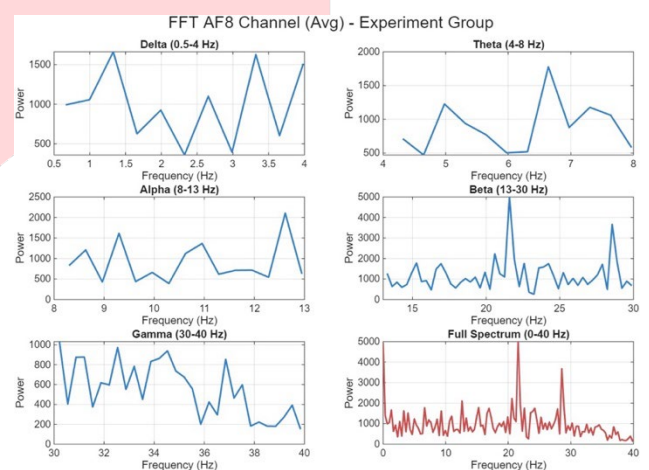
TABEL 1
Hasil Analisis Pengujian Response Time

No.	Timestamp Stimulus	Timestamp Respon Responden	Selisih (ms)
1	09:45:17.393	09:45:18.543	1150 (No Response)
2	09:45:18.544	09:45:18.978	434
3	09:45:19.491	09:45:19.914	423
4	09:45:20.427	09:45:20.806	379
5	09:45:21.314	09:45:21.762	448
6	09:45:22.267	09:45:22.604	337
7	09:45:23.109	09:45:23.494	385
8	09:45:24.004	09:45:24.399	395
9	09:45:24.908	09:45:25.243	335
10	09:45:25.748	09:45:26.143	395

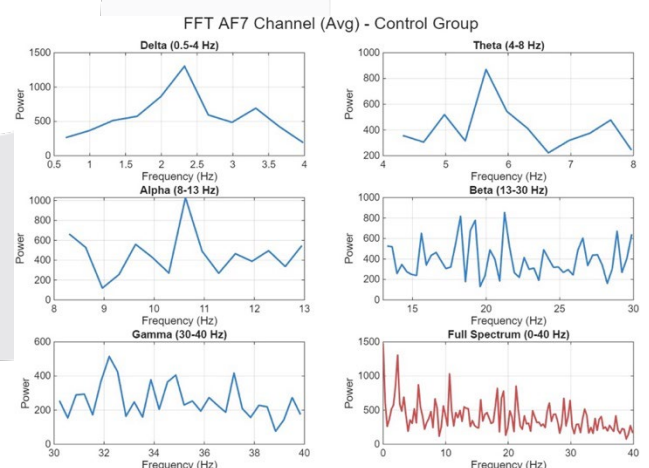
Data sinyal EEG yang diperoleh dari setiap sesi pengujian kemudian diproses menggunakan metode FFT. Hasil pemrosesan menunjukkan bahwa pada sesi kelompok kontrol, gelombang *beta* dan *delta* lebih dominan, yang mengindikasikan kondisi otak yang aktif namun juga cenderung menunjukkan stres atau kelelahan. Setelah intervensi dengan aromaterapi lemongrass, terjadi peningkatan intensitas pada gelombang *alpha* yang mengindikasikan relaksasi dan fokus. Pergeseran frekuensi ini menunjukkan bahwa sistem berhasil menangkap perubahan kondisi kognitif partisipan.



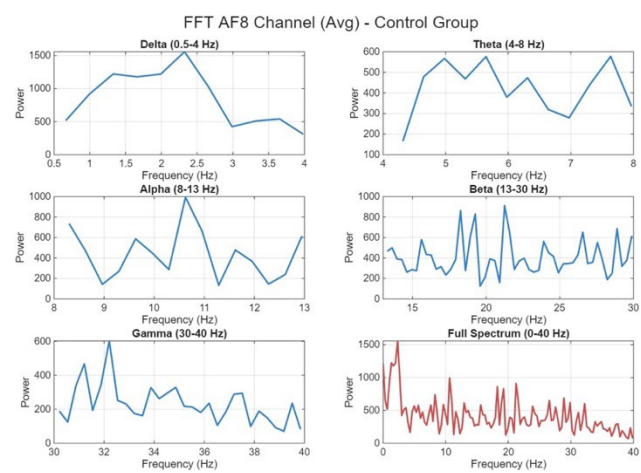
GAMBAR 12
Visualisasi FFT AF7 Average Kelompok Eksperimen



GAMBAR 13
Visualisasi FFT AF8 Average Kelompok Eksperimen

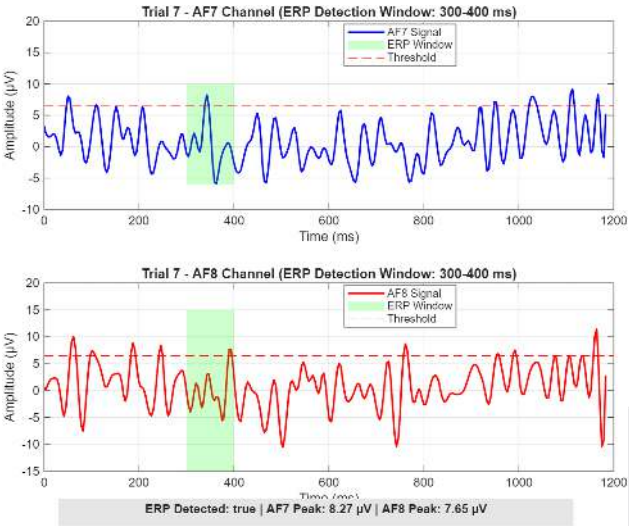


GAMBAR 14
Visualisasi FFT AF7 Average Kelompok Kontrol



GAMBAR 15
Visualisasi FFT AF8 Average Kelompok Kontrol

Selain analisis spektrum frekuensi, data juga dianalisis dalam bentuk komponen ERP untuk melihat respons otak terhadap stimulus secara lebih spesifik. Hasil pengolahan ERP menunjukkan adanya perbedaan pada amplitudo dan latensi antara kondisi sebelum dan sesudah intervensi. Peningkatan amplitudo dan pemendekan latensi pada komponen ERP setelah intervensi menunjukkan peningkatan efisiensi proses kognitif dalam merespons stimulus.



GAMBAR 16
Sample Windowing Deteksi ERP P300

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aroma terapi pada kelompok eksperimen ternyata tidak memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan fokus atau *sustained attention*, sebagaimana tercermin dari respon ERP yang lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol. Pada kelompok kontrol (tanpa aroma terapi), komponen ERP (P200, P300, dan P500) menunjukkan persentase deteksi yang stabil dan relatif tinggi di kedua saluran (AF7 dan AF8), dengan rata-rata 61.545%. Hal ini mengindikasikan bahwa tanpa intervensi aroma terapi, otak merespons stimulus secara konsisten, mencerminkan pemrosesan kognitif yang normal terkait perhatian dan fokus.

TABEL 2
Hasil Presentase ERP pada Kelompok Eksperimen

Respon den	AF7			AF8		
	P200	P300	P500	P200	P300	P500
1	19.0 6%	18.1 9%	19.7 5%	70.0 6%	70.6 9%	72.5 0%
2	17.5 6%	17.0 0%	17.7 5%	21.5 0%	20.9 4%	22.7 5%
3	77.8 1%	79.5 0%	77.0 6%	46.5 6%	57.7 5%	44.3 8%
4	16.8 8%	17.6 2%	16.5 0%	45.7 5%	44.5 6%	45.6 9%
5	82.1 2%	79.1 9%	78.8 8%	85.3 8%	87.3 1%	87.0 0%
6	31.5 0%	32.1 9%	51.4 4%	41.9 4%	42.1 2%	84.0 6%
7	95.5 6%	85.2 5%	96.2 5%	57.6 9%	59.5 0%	56.1 2%
8	40.9 4%	40.0 0%	41.3 1%	81.0 0%	81.1 2%	80.5 0%
9	14.9 4%	14.3 7%	15.3 8%	26.3 8%	27.3 1%	28.8 1%
10	17.1 9%	17.3 8%	20.3 8%	14.4 4%	14.6 2%	17.0 6%

TABEL 3
Prentase ERP 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%					

Sebaliknya, pada kelompok eksperimen yang diberikan aroma terapi, rata-rata deteksi ERP lebih rendah (47.66%), dengan penurunan yang nyata pada komponen P200 di saluran AF7 (41.36%). Komponen P200 yang berkaitan dengan persepsi awal stimulus menunjukkan bahwa aroma terapi mungkin tidak efektif dalam meningkatkan kesadaran atau kewaspadaan terhadap stimulus. Sementara itu, meskipun terdapat peningkatan bertahap dari P200 ke P500 di saluran AF8, nilai tersebut tetap lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol. Tren ini mengisyaratkan bahwa aroma terapi tidak cukup kuat untuk memicu peningkatan signifikan dalam *sustained attention*, bahkan mungkin mengganggu tahap awal pemrosesan informasi

TABEL 4
Hasil Presentase ERP pada Kelompok Kontrol

Respon den	AF7			AF8		
	P200	P300	P500	P200	P300	P500
1	61.5 0%	61.2 5%	62.8 8%	36.7 5%	39.0 0%	38.5 0%
2	84.0 6%	83.7 5%	85.5 6%	38.8 1%	40.3 1%	41.3 1%

3	41.9 4%	41.6 2%	40.8 1%	98.6 2%	98.6 2%	98.0 6%
4	96.0 6%	96.9 4%	95.5 0%	30.1 9%	29.8 8%	31.5 0%
5	41.1 2%	41.2 9%	40.8 8%	86.9 4%	87.4 7%	85.3 1%
6	22.8 8%	23.3 8%	25.0 6%	98.2 5%	98.3 1%	98.2 5%
7	76.1 9%	75.4 4%	76.3 1%	71.4 4%	72.1 9%	71.0 0%
8	21.4 4%	18.5 0%	19.0 6%	23.0 0%	22.3 1%	23.5 0%
9	95.5 6%	96.0 0%	96.2 5%	57.6 9%	56.5 0%	56.1 2%
10	85.9 4%	85.2 5%	88.3 1%	62.0 6%	59.5 0%	60.0 0%

TABEL 5
Presentase ERP 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%					

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengukuran atensi berbasis *website* yang mengimplementasikan SART dengan berbagai kemampuan teknis yang memadai. Sistem ini telah melalui validasi *User Acceptance Testing* (UAT) dan dinyatakan layak digunakan oleh tim psikolog, dengan kemampuan menampilkan stimulus visual secara akurat, mencatat waktu respons hingga ketelitian milidetik, serta terintegrasi dengan perekaman EEG melalui mekanisme sinkronisasi timestamp yang robust. Namun dalam implementasinya, kualitas sinyal EEG mengalami beberapa kendala teknis akibat keterbatasan perangkat 4-kanal yang digunakan, termasuk adanya gangguan noise signifikan berupa artefak gerakan dan interferensi elektromagnetik antar perangkat yang mempengaruhi kualitas sinyal mentah.

Analisis data intervensi menunjukkan hasil yang menarik sekaligus kontradiktif. Kelompok eksperimen yang menerima aromaterapi lemongrass secara konsisten menunjukkan performa yang lebih rendah dibanding kelompok kontrol dalam hal parameter neurofisiologis. Komponen P200 pada saluran AF7 kelompok eksperimen hanya mencapai 41,36%, jauh di bawah kelompok kontrol yang mencapai 63,72% suatu penurunan sebesar 22,36 poin persentase atau sekitar 35,1%. Pola serupa terlihat pada komponen P300 (52,18% vs 60,94%) dan P500 (49,55% vs 59,89%) di saluran AF8, dengan selisih masing-masing 8,76 dan 10,34 poin persentase. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah saluran EEG yang terbatas (4 kanal), penggunaan hanya satu jenis aromaterapi (lemongrass), jumlah partisipan yang relatif kecil (20 orang), serta tidak mengukur faktor placebo secara eksplisit. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah berhasil memenuhi tujuan penelitian sebagai alat ukur atensi

terintegrasi yang komprehensif, meskipun efektivitas intervensi aromaterapi lemongrass dalam meningkatkan sustained attention belum dapat dibuktikan secara signifikan dalam konteks penelitian ini. Temuan ini membuka peluang untuk penelitian lanjutan dengan desain yang lebih menyeluruh dan parameter yang lebih variatif.

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] 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.

[3] 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.

[4] R. K. Joshi, K. S. Manu, R. S. Hari, M. Jayachandra, and H. J. Pandya, "Design, Development and Validation of a Portable Visual P300 Event-Related Potential Extraction System," in *BioCAS 2022 - IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference: Intelligent Biomedical Systems for a Better Future, Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022, pp. 409–413. doi: 10.1109/BioCAS54905.2022.9948657.

[5] M. Esterman *et al.*, "Characterizing the effects of emotional distraction on sustained attention and subsequent memory: A novel emotional gradual onset continuous performance task," *Behav Res Methods*, vol. 57, Jun. 2025, doi: 10.3758/s13428-025-02641-2.

[6] R. N. Azizah *et al.*, "The Statistical Characteristics of P3a and P3b Subcomponents in Electroencephalography Signals," in *Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN 2023*, L. Iliadis, A. Papaleonidas, P. Angelov, and C. Jayne, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 210–220.

[7] 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.

[8] J. M. Mensen, J. S. Dang, A. J. Stets, and W. S. Helton, "The effects of real-time performance feedback and performance emphasis on the sustained attention to response task (SART)," *Psychol Res*, vol. 86, no. 6, pp. 1972–1979, 2022, doi: 10.1007/s00426-021-01602-6.

[9] 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.

- [10] 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.
- [11] D. P. Yedurkar and S. P. Metkar, "Multiresolution approach for artifacts removal and localization of seizure onset zone in epileptic EEG signal," *Biomed Signal Process Control*, vol. 57, p. 101794, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2019.101794>.
- [12] S. S. Khan, J. S. Sudan, A. Pathak, R. Pandit, P. Rane, and A. K. Kumawat, "A Review of EEG Artifact Removal Methods for Brain-Computer Interface Applications," Feb. 01, 2024, *International Information and Engineering Technology Association*. doi: 10.18280/isi.290124.
- [13] Y.-T. Hung, Y.-C. Chang, and C.-Y. Cheng, "Irritant Contact Dermatitis Due to *Euphorbia milii*: No Rose Without a Thorn," *Dermatitis*, vol. 32, no. 6, pp. e103–e104, 2021, doi: 10.1097/DER.0000000000000723.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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>.
- [17] C. Karch Susanne and Mulert, "Cognition," in *EEG - fMRI: Physiological Basis, Technique, and Applications*, L. Mulert Christoph and Lemieux, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 591–624. doi: 10.1007/978-3-031-07121-8_24.
- [18] Y. Peijie and S. U. I. Fenggui, "An improved least squares time frequency analysis," *Geophysical Prospecting for Petroleum*, vol. 59, no. 5, pp. 815–822, 2020, doi: 10.3969/j.issn.1000-1441.2020.05.015.
- [19] R. Nardello, G. Mangano, F. Miceli, A. Fontana, E. Piro, and V. Salpietro, "Benign familial infantile epilepsy associated with KCNQ3 mutation: a rare occurrence or an underestimated event?," *Epileptic Disorders*, vol. 22, pp. 807–810, Jun. 2021, doi: 10.1684/epd.2020.1221.
- [20] 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.