

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Sinyal EEG (*Electroencephalography*) merupakan teknologi non-invasif yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik otak, yang memungkinkan analisis perubahan pola gelombang otak dalam berbagai rentang frekuensi, seperti gelombang *theta* (4-8 Hz), *alpha* (8-12 Hz), dan *beta* (13-30 Hz). Gelombang-gelombang ini memiliki kaitan langsung dengan tingkat relaksasi, kewaspadaan, dan aktivitas mental seseorang [1]. Oleh karena itu, penggunaan EEG untuk menganalisis perubahan frekuensi gelombang otak memiliki potensi besar dalam mengevaluasi pengaruh berbagai intervensi eksternal, seperti aromaterapi, terhadap kondisi neurologis individu.

Aromaterapi, yang telah lama dikenal sebagai terapi komplementer (terapi pendukung yang digunakan bersamaan dengan pengobatan utama), bekerja melalui stimulasi sistem limbik otak akibat inhalasi minyak esensial. Sistem limbik merupakan bagian dari otak yang berperan dalam pengaturan emosi, perilaku, dan respons terhadap stres. Ketika aroma dari minyak esensial dihirup, sinyal bau dikirim ke otak melalui saraf penciuman dan dapat memicu aktivitas di area sistem limbik. Proses ini dapat memengaruhi aktivitas sistem saraf dan berpotensi mengubah pola gelombang otak, yaitu aktivitas listrik yang dihasilkan oleh neuron dan dapat diukur menggunakan EEG (*electroencephalography*) [2]. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa aromaterapi dapat membantu mengurangi stres, meningkatkan relaksasi, dan memperbaiki kualitas tidur [3]. Namun, meskipun manfaat aromaterapi telah banyak dilaporkan, evaluasi objektif terhadap efektivitasnya dalam menginduksi perubahan neurologis misalnya melalui perubahan pola gelombang otak masih menghadapi tantangan, terutama dalam hal pengukuran dan interpretasi data otak secara ilmiah.

Salah satu masalah utama dalam penelitian aromaterapi adalah keterbatasan metode evaluasi yang sering mengandalkan pengukuran subjektif, seperti kuesioner *self-report* dan observasi perilaku [4]. Pendekatan ini rawan bias personal dan variabilitas interpretasi individu, serta sulit untuk mengukur perubahan fisiologis yang terjadi pada tingkat *neural* dengan akurat. Sebagai contoh konkret, apabila peneliti memiliki ekspektasi yang terlalu tinggi terhadap efektivitas aromaterapi, ia mungkin cenderung menafsirkan respons subjektif peserta secara positif, meskipun tidak terdapat perubahan fisiologis yang signifikan secara objektif. Di sisi lain, perbedaan individu dalam melaporkan pengalaman subjektif dapat menghasilkan data yang tidak konsisten, sehingga berpotensi menurunkan validitas temuan penelitian dan

menyulitkan proses replikasi studi oleh peneliti lain. Metode evaluasi konvensional ini juga tidak mampu memberikan data kuantitatif yang dapat dianalisis secara statistik untuk memvalidasi efektivitas terapi secara ilmiah [5].

Dalam hal ini, EEG menawarkan solusi yang sangat potensial, karena teknologi ini dapat memberikan data kuantitatif dan objektif mengenai perubahan frekuensi gelombang otak secara langsung. Dengan demikian, EEG dapat digunakan untuk mengukur pengaruh aromaterapi terhadap aktivitas otak secara lebih tepat dan akurat. Namun, meskipun EEG telah terbukti efektif dalam penelitian neurologis, analisis sinyal EEG memerlukan keahlian teknis yang mendalam dalam pengolahan sinyal digital serta penggunaan perangkat lunak khusus yang kompleks. Hal ini menjadi hambatan, terutama bagi praktisi aromaterapi atau peneliti di bidang kesehatan yang tidak memiliki latar belakang teknis dalam bidang ini [6].

Kesenjangan ini menciptakan tantangan dalam upaya mengembangkan protokol terapi berbasis bukti untuk aromaterapi. Meskipun aromaterapi banyak digunakan, masih belum tersedia prosedur standar yang disusun berdasarkan data ilmiah yang kuat. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi pengolahan sinyal EEG yang dapat diakses oleh praktisi dan peneliti tanpa latar belakang teknis menjadi penting untuk memfasilitasi evaluasi objektif terhadap aromaterapi. Aplikasi yang mudah digunakan (*user-friendly*) sangat penting karena tidak hanya mempermudah proses pengolahan dan analisis data EEG, tetapi juga mendukung pengembangan penelitian berbasis bukti di bidang aromaterapi. Hal ini memungkinkan peneliti yang tidak memiliki latar belakang teknis untuk tetap dapat melakukan studi yang valid dan dapat direplikasi. Tanpa adanya aplikasi semacam itu, potensi aromaterapi sebagai terapi yang dapat divalidasi secara ilmiah belum dimanfaatkan secara optimal [7].

1.2 Analisis Masalah

Untuk memberikan dasar yang kuat dalam memahami dan mengatasi permasalahan, terdapat beberapa aspek yang dianalisis terkait dengan permasalahan yaitu aspek teknologi, aspek kesehatan mental dan terapi komplementer, aspek ekonomi dan efisiensi biaya, serta aspek interdisipliner dan kolaborasi penelitian.

1.2.1 Aspek Teknologi

EEG adalah alat non-invasif yang efektif untuk merekam aktivitas listrik otak, yang dapat digunakan untuk menganalisis berbagai perubahan fisiologis yang terjadi pada otak [8]. Teknologi EEG memiliki aplikasi yang luas dalam diagnosis medis, termasuk diagnosis kejang epilepsi, Alzheimer, tumor otak, cedera kepala, gangguan tidur, stroke, dan gangguan neurologis lainnya [9]. Namun, meskipun EEG memiliki potensi besar dalam penelitian ilmu

saraf, penggunaannya untuk menganalisis efek terapi tertentu, seperti aromaterapi, memerlukan keahlian teknis dalam pengolahan sinyal digital dan perangkat lunak yang rumit. Analisis visual EEG dapat menjadi kompleks dan memakan waktu, sehingga penggunaan pemrosesan sinyal digital dan pembelajaran mesin untuk meningkatkan analisis EEG dalam diagnosis medis telah mendapat perhatian dalam beberapa tahun terakhir [9]. Implementasi di dunia nyata menghadapi beberapa tantangan karena gangguan gerakan yang mengontaminasi sinyal, kebutuhan protokol standar, dan daya tahan baterai yang buruk dari sistem EEG portabel [10]. Hal ini dapat menjadi kendala bagi banyak peneliti atau praktisi yang tidak memiliki latar belakang teknis, yang menyebabkan kesenjangan dalam pemanfaatan teknologi ini secara maksimal dalam bidang tertentu.

1.2.2 Aspek Kesehatan Mental dan Terapi Komplementer

Terapi komplementer seperti aromaterapi semakin populer sebagai metode untuk mengurangi stres, meningkatkan relaksasi, dan memperbaiki kualitas tidur. Aromaterapi merupakan penggunaan terapeutik minyak esensial dari tanaman (bunga, herba, atau pohon) untuk mengobati penyakit dan meningkatkan kesejahteraan fisik, emosional, dan spiritual, dan merupakan salah satu terapi alami yang paling banyak digunakan oleh konsumen di negara-negara Barat [11]. Aromaterapi klinis adalah terapi pengobatan alternatif yang dapat bermanfaat dalam pengaturan rawat inap atau rawat jalan untuk manajemen gejala nyeri, mual, kesejahteraan umum, kecemasan, depresi, stres, dan *insomnia* [12]. Namun, meskipun telah banyak penelitian yang menunjukkan manfaat aromaterapi, sebagian besar penelitian tersebut masih mengandalkan pengukuran subjektif. Perlunya evaluasi bukti independen untuk menginformasikan tinjauan pemerintah terhadap terapi alami menunjukkan adanya tantangan dalam menilai efektivitas aromaterapi secara ilmiah [11]. EEG dapat menjadi solusi untuk memberikan data objektif yang lebih dapat diandalkan dalam mengevaluasi dampak terapi terhadap kesehatan mental dan neurologis.

1.2.3 Aspek Ekonomi dan Efisiensi Biaya

Pengembangan protokol terapi aromaterapi yang berbasis pada bukti ilmiah diperkirakan akan memberikan dampak ekonomi yang signifikan, terutama dalam mendukung pertumbuhan industri kesehatan secara berkelanjutan. Pasar aromaterapi global diperkirakan bernilai USD 9.211,7 juta pada tahun 2024 dan diproyeksikan tumbuh dengan Tingkat Pertumbuhan Tahunan Majemuk (CAGR) 8,9% dari 2025 hingga 2030, didorong oleh meningkatnya pengakuan terhadap aplikasi terapeutik minyak esensial dan meningkatnya kecenderungan terhadap produk alami [13]. Saat ini, banyak biaya yang terbuang untuk terapi yang belum terbukti efektivitasnya secara objektif. Tanpa adanya alat evaluasi yang mudah diakses,

investasi dalam penelitian aromaterapi menjadi tidak efisien karena memerlukan peralatan mahal dan tenaga ahli khusus. Pengembangan aplikasi pengolahan sinyal EEG yang ramah pengguna dapat mengurangi biaya penelitian dan memungkinkan validasi terapi dengan investasi yang lebih terjangkau, sehingga meningkatkan aksesibilitas penelitian berbasis bukti di bidang terapi komplementer.

1.2.4 Aspek Interdisipliner dan Kolaborasi Penelitian

Penelitian aromaterapi yang efektif memerlukan kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu saraf, farmakologi, psikologi, dan kedokteran komplementer. Penggunaan pengobatan alternatif dan komplementer bersama pengobatan utama telah mendapat momentum, dan aromaterapi adalah salah satu terapi komplementer yang memerlukan pendekatan sistematis dalam penelitiannya [14]. Namun, kompleksitas teknis dalam pengolahan sinyal EEG seringkali menjadi penghalang bagi kolaborasi interdisipliner, karena tidak semua peneliti memiliki latar belakang teknis yang memadai. Survei tentang arah penelitian pemrosesan sinyal berbasis EEG menunjukkan bahwa EEG semakin penting dalam sistem *Antarmuka Otak-Komputer* (BCI) karena portabilitas dan kesederhanaannya [15]. Hal ini membatasi potensi inovasi yang dapat muncul dari perpaduan berbagai perspektif keilmuan. Aplikasi yang mudah diakses dapat menjembatani kesenjangan teknis ini dan memfasilitasi kolaborasi yang lebih produktif antar disiplin ilmu, sehingga mempercepat kemajuan penelitian dalam bidang terapi komplementer.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Terdapat berbagai solusi perangkat lunak yang tersedia untuk analisis EEG, baik yang bersifat komersial maupun open source. Setiap solusi memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan, tergantung pada kebutuhan pengguna, baik itu untuk keperluan penelitian maupun aplikasi praktis dalam terapi komplementer seperti aromaterapi. Berikut ini adalah ulasan tentang solusi perangkat lunak komersial dan *open source* yang dapat digunakan dalam analisis EEG.

1.3.1 Solusi Software Komersial

EEGLAB merupakan toolbox MATLAB yang sangat komprehensif untuk analisis EEG dengan fitur lengkap termasuk *ICA*, *time-frequency analysis*, dan *statistical testing* [16]. EEGLAB merupakan perangkat yang sangat sesuai bagi peneliti maupun akademisi di bidang ilmu saraf, terutama yang membutuhkan tingkat fleksibilitas tinggi dalam mengembangkan metode analisis baru serta melakukan studi statistik yang mendalam terhadap data EEG berskala besar. Namun, *EEGLAB* memerlukan lisensi *MATLAB* yang mahal dan kurva

pembelajaran yang curam untuk pengguna non-teknis. Biaya lisensi MATLAB yang dapat mencapai ribuan dolar menjadi hambatan signifikan bagi peneliti non-teknis atau praktisi aromaterapi dengan keterbatasan anggaran. Selain itu, tingkat kompleksitas dalam penggunaannya serta kebutuhan akan pemahaman yang mendalam terhadap skrip MATLAB menjadikannya kurang praktis untuk pengembangan aplikasi yang bersifat *user-friendly* dan dapat diakses oleh pengguna tanpa latar belakang dalam pemrograman. Sebaliknya, *BrainVision Analyzer* menawarkan interface grafis yang lebih *user-friendly* dengan kemampuan analisis yang robust [17]. Perangkat lunak ini sangat ideal untuk digunakan dalam lingkungan klinis maupun penelitian medis yang menuntut tingkat keandalan tinggi serta validasi sesuai standar, khususnya dalam konteks diagnosis atau pemantauan kondisi neurologis pasien, seperti pada studi mengenai epilepsi atau gangguan tidur. Keterbatasannya terletak pada biaya lisensi yang tinggi dan fokus pada aplikasi klinis yang mungkin terlalu kompleks untuk evaluasi aromaterapi. Di sisi lain, *NeuroSky* menyediakan solusi EEG consumer-grade dengan software yang mudah digunakan, namun keterbatasan pada resolusi dan akurasi yang tidak memadai untuk penelitian ilmiah [18].

1.3.2 Solusi Open Source

MNE-Python adalah library Python yang powerful untuk analisis neurophysiological data dengan fitur lengkap dan gratis [19]. *MNE-Python* merupakan pilihan yang sangat baik bagi peneliti atau mahasiswa yang memiliki kemampuan dalam bahasa pemrograman Python dan ingin menganalisis data EEG atau data neurofisiologis lainnya secara mendalam, serta mengembangkan metode analisis sesuai kebutuhan. Namun, penggunaannya memerlukan *programming skills* dan pemahaman mendalam tentang *neuroscience*. *OpenViBE* menyediakan platform graphical untuk *real-time neuroscience* applications, tetapi kompleksitas konfigurasi dan *learning curve* yang tinggi menjadi hambatan utama. Meskipun bersifat open-source dan mendukung pemrosesan secara real-time, proses konfigurasinya cukup rumit dan terlalu kompleks bagi pengguna awam. Selain itu, fokus *OpenViBE* pada aplikasi real-time kurang sesuai untuk kebutuhan analisis data secara offline setelah sesi aromaterapi [20].

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan mengembangkan sebuah aplikasi berbasis *desktop* yang dapat digunakan untuk mengolah dan menganalisis sinyal EEG guna mengetahui perubahan frekuensi gelombang otak sebelum dan sesudah proses relaksasi dengan menggunakan aromaterapi. Aplikasi ini diharapkan dapat membantu pengguna, khususnya peneliti atau praktisi di bidang kesehatan yang tidak memiliki latar belakang teknis, dalam melakukan evaluasi secara objektif dan kuantitatif terhadap pengaruh aromaterapi. Selain itu,

aplikasi ini juga bertujuan untuk menyediakan tampilan visualisasi data gelombang otak yang informatif, sehingga hasil analisis dapat dipahami dengan lebih mudah dan digunakan sebagai dasar dalam penelitian *terapi komplementer*.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Berikut adalah batasan tugas akhir:

- a. Data sinyal EEG yang digunakan berasal dari hasil perekaman dengan perangkat EEG sederhana yang mendukung format ekspor data dalam bentuk .csv.
- b. Analisis sinyal EEG difokuskan pada perubahan frekuensi gelombang otak dalam domain waktu dan frekuensi menggunakan metode transformasi Fourier cepat (*Fast Fourier Transform*).
- c. Aplikasi yang dikembangkan hanya mencakup fitur dasar, seperti pemanggilan data, pemrosesan awal (*preprocessing*), analisis frekuensi, dan visualisasi hasil dalam bentuk grafik.
- d. Validasi aplikasi dilakukan melalui pengujian terbatas menggunakan satu set data EEG sebelum dan sesudah intervensi aromaterapi yang diperoleh dari satu orang partisipan. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh bersifat eksploratif dan belum dapat digeneralisasi secara statistik terhadap populasi yang lebih luas maupun diterapkan pada berbagai skenario penggunaan lainnya.
- e. Pengembangan aplikasi difokuskan untuk sistem operasi *Windows* dan tidak mencakup pengembangan versi untuk sistem operasi lain seperti *MacOS* atau platform mobile.
- f. Penelitian ini hanya menggunakan satu jenis minyak esensial untuk proses aromaterapi dan tidak membandingkan efek dari berbagai jenis aroma yang berbeda.