

BAB 1

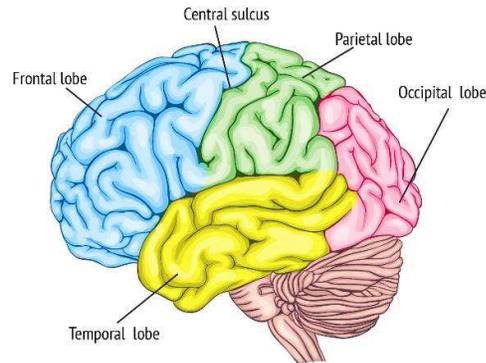
USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Otak adalah organ vital dalam tubuh manusia yang memiliki peran penting dalam melaksanakan perintah, menyimpan, mengolah, dan menerjemahkan informasi menjadi inti dari pikiran dan jiwa individu [1]. Terdiri dari seratus miliar sel saraf yang disebut neuron, setiap neuron di otak menghasilkan sinyal listrik yang dikirimkan ke seluruh bagian otak dan tubuh [2]. Jaringan otak ini juga dapat menghasilkan gelombang listrik yang dikenal sebagai brainwave atau gelombang otak [3]. Otak berfungsi sebagai pusat pengolahan informasi dalam tubuh manusia, menerima dan merespons sinyal dari lingkungan maupun dari internal tubuh, yang kemudian disalurkan sebagai sinyal listrik melalui jaringan saraf [2]. Area otak dibagi menjadi beberapa bagian seperti tampak pada Gambar 1.1 dengan fungsi sebagai berikut: [4]:

- 1) Lobus Frontal: Terletak di bagian depan (kira-kira sejajar dengan tulangdahi). Lobus frontal berfungsi untuk mengendalikan emosi, kepribadian, gerakan, ucapan, perilaku, memori, dan berperan dalam fungsi intelektual, seperti proses berpikir, pemecahan masalah, penalaran, perencanaan, dan pengambilan keputusan.
- 2) Lobus Parietal: Terletak di belakang lobus frontal dan bagian atas serebrum. Lobus parietal berfungsi untuk mengendalikan sensasi (sentuhan, tekanan, nyeri, suhu, dan lain-lain) dan mengendalikan orientasi spasial (pemahaman tentang ukuran, bentuk, dan arah).
- 3) Lobus Temporal: Terletak di sisi kanan dan kiri serebrum. Lobus ini berperan dalam mengendalikan indra pendengaran, ingatan, emosi, dan fungsi bicara.
- 4) Lobus Oksipital: Terletak di belakang serebrum. Lobus oksipital berfungsi sebagai pemroses visual utama yang menerima informasi dari mata, kemudian menginterpretasikan kedalaman, jarak, lokasi, dan identitas dari objek yang terlihat.
- 5) Central Sulcus: Lipatan atau celah yang terletak di permukaan otak manusia dan memisahkan lobus parietal dan lobus frontal. Fungsi utama dari central sulcus adalah mengatur koordinasi gerakan dan mengintegrasikan informasi

sensoris dari tubuh, memungkinkan kita untuk berinteraksi dengan lingkungan dan memberikan respons yang sesuai terhadap rangsangan eksternal.



Gambar 1.1 Bagian Utama Otak Manusia

Metode Elektroensefalogram (EEG) memungkinkan pencatatan aktivitas listrik otak secara non-invasif melalui elektroda yang ditempatkan di kulit kepala. Aktivitas neuron menghasilkan medan listrik yang ditangkap oleh elektroda, lalu diperkuat untuk menghilangkan gangguan dan ditampilkan sebagai sinyal waktu. Sinyal tersebut diamplifikasi, direkam, dan mewakili aktivitas otak. Dengan akurasi milidetik, EEG memberi gambaran tepat tentang aktivitas tegangan otak. Kelebihannya yang portabel memungkinkan penggunaan di luar lingkungan klinis dan laboratorium. Sinyal EEG dapat diolah langsung atau setelah komputasi oleh para ahli. Metode ini sangat beragam digunakan, mulai dari aspek kesehatan hingga peningkatan kesejahteraan [5], [6].

Dengan penggunaannya yang semakin luas, pengolahan sinyal EEG masih menghadapi beberapa tantangan, salah satu di antaranya adalah diperlukannya sebuah sistem yang memiliki kemampuan pengolahan yang lebih general serta dapat memangkas waktu pengolahan [7]. Oleh karena itu, perancangan aplikasi Neuros-16 dilakukan untuk menjadi sebuah sistem yang menggabungkan beberapa metode pengolahan yang umum digunakan pada sinyal EEG, sehingga proses pengolahan sinyal EEG dapat menjadi lebih efisien.

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Perancangan aplikasi Neuros-16 berangkat dari permasalahan riil yang dihadapi dalam penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh tim Universitas Islam Bandung terkait pengaruh sosialisasi budaya terhadap respon pola emosi menghadapi kesulitan dalam mengolah sinyal EEG yang dibutuhkan untuk penelitian mereka, sehingga dilakukan kerja sama dengan tim Universitas Telkom untuk melakukan pengolahan tersebut. Selain itu, perkembangan pada program studi S1 Teknik Biomedis Universitas Telkom juga mendorong pembuatan program dan aplikasi yang dapat memudahkan proses pembelajaran di kelas maupun praktikum. Meskipun ada beberapa aplikasi yang tersedia untuk mengolah sinyal EEG, seperti EEGLAB, BrainVision Analyzer, FieldTrip, NeuroScan, dan OpenViBE, pengguna dari latar belakang non-teknikal masih menghadapi kendala dalam mengoperasikan alat-alat tersebut. Neuros-16 dirancang untuk menjawab tantangan ini dan menghadirkan solusi yang ramah pengguna untuk pemrosesan sinyal EEG.

1.3 Analisis Umum

1.3.1 Aspek Transdisiplin

Melalui pengolahan sinyal EEG, kita dapat memperoleh berbagai informasi terkait respons otak saat diberikan suatu rangsangan. Dengan mengetahui informasi tersebut, diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap kinerja dan respons otak, sehingga dapat dimanfaatkan untuk peningkatan kesejahteraan manusia dalam berbagai bidang, seperti kesehatan, kebudayaan, ekonomi, politik, sosial, dan lain sebagainya.

1.3.2 Aspek Keberlanjutan

Aplikasi ini dapat melakukan pengolahan data sinyal EEG yang dimiliki secara lebih efisien. Diharapkan aplikasi ini dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak terkait, seperti para peneliti dan akademisi di bidang neurosains untuk memudahkan penelitian/studi mereka, serta menjadi *framework* dasar untuk pengembangan lebih lanjut dengan meningkatkan kemampuan aplikasi dan fitur yang lebih komprehensif.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

1.4.1 Dataset

Aplikasi Neuros-16 membutuhkan masukan berupa dataset sinyal EEG yang telah siap diproses. Dataset yang menjadi masukan harus merupakan dataset EEG enam belas kanal dalam format berkas .EDF. Dataset yang memenuhi ketentuan tersebut selanjutnya dapat diolah menggunakan metode *pre-processing* dan *processing* yang disediakan.

1.4.2 Aplikasi

Pengolahan sinyal EEG biasanya dilakukan secara terpisah menggunakan perangkat lunak dengan fungsi yang berbeda-beda di masing-masing metodenya. Hal ini tentu menguras waktu dalam melakukan pengolahan yang dibutuhkan. Neuros-16 dirancang untuk menggabungkan beberapa metode pengolahan ke dalam satu aplikasi sehingga pengolahan sinyal EEG dapat dilakukan secara lebih efisien.

1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

Neuros-16 merupakan perangkat lunak berbasis GUI (*Graphical User Interface*) MATLAB yang dapat mengolah sinyal EEG. Aplikasi ini memiliki berbagai macam fitur yang dapat dipilih sesuai keinginan pengguna. Sinyal EEG yang berupa dataset dalam berkas .EDF dimasukkan dan diolah menggunakan metode *pre-processing* dan *processing* yang disediakan. Pada *pre-processing*, pengguna dapat melakukan normalisasi (mean dan median) dan filterisasi dengan rentang frekuensi cut-off (delta, theta, alpha, beta, dan gamma) sesuai dengan kebutuhannya. Setelah itu, pengguna dapat melakukan *processing Fast Fourier Transform* (FFT), *First Order Statistics* (FOS), dan/atau *channel selection* untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan, kemudian mengeksport hasil pengolahan yang telah dilakukan ke perangkat mereka.

1.6 Karakteristik Pengolahan Data

1.6.1 Pre-Processing

Tahapan awal dalam pemrosesan sinyal EEG adalah bagaimana caranya agar bagian sinyal informasi yang dibutuhkan dapat dibedakan dari *noise* atau artefak yang muncul ketika proses perekaman. Hal ini termasuk

bagian fundamental dalam menyiapkan sinyal untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut [8]. Pada aplikasi Neuros-16 akan terdapat beberapa metode *pre-processing* yang disediakan, yaitu:

1) Normalisasi

Normalisasi adalah metode *pre-processing* yang bertujuan untuk mengatasi perbedaan amplitudo sinyal akibat perekaman melalui penyeragaman data amplitudo agar berada dalam kisaran -1 sampai 1 [9]. Normalisasi amplitudo dapat dilakukan menggunakan Persamaan (1.1).

$$X_{new} = \frac{(X_{old} - \min(X_{old})) \times 2}{\max(X_{old}) - \min(X_{old})} - 1 \quad (1.1)$$

2) Filterisasi

Rentang frekuensi sinyal EEG diperkirakan berada pada rentang 0.01 Hz hingga 100 Hz [10]. Filterisasi bertujuan untuk meningkatkan kualitas sinyal eliminasi *noise* dan interferensi [6]. Selain itu filterisasi juga berguna untuk mengetahui informasi yang dibawa oleh sinyal [11]. Filterisasi pada aplikasi Neuros-16 akan menggunakan *Bandpass Filter* (BPF) Butterworth orde-4 yang didefinisikan dalam persamaan fungsi magnitudo $H(\omega)$ sebagaimana tampak pada Persamaan (1.2).

$$|H(\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \omega^{2n}} \quad (1.2)$$

Filter BPF akan meloloskan frekuensi tengah yang berada pada rentang frekuensi *cut-off* yang dipilih oleh pengguna. Rentang frekuensi *cut-off* yang disediakan adalah berdasar pada rentang frekuensi sinyal EEG sebagai berikut [9], [10], [12]:

a) Delta (δ)

Gelombang delta berada di rentang frekuensi 0.1-4 Hz. Gelombang delta tercipta ketika otak berada di kondisi tertidur. Selain itu, gelombang delta juga mengindikasikan adanya

kecacatan pada otak. Rentang delta didapatkan melalui Persamaan (1.3).

$$r\delta = \sum p_j [k], 0.1 \text{ Hz} < MF(p_j) \leq 4 \text{ Hz} \quad (1.3)$$

b) Theta (θ)

Gelombang theta berada di rentang frekuensi 4-8 Hz. Gelombang theta tercipta ketika otak berada di kondisi stres emosional atau ketika seseorang mengalami kekecewaan. Rentang theta didapatkan melalui Persamaan (1.4).

$$r\theta = \sum p_j [k], 4 \text{ Hz} < MF(p_j) \leq 8 \text{ Hz} \quad (1.4)$$

c) Alpha (α)

Gelombang alpha berada di rentang frekuensi 8-13 Hz. Gelombang alpha akan muncul ketika seseorang berada dalam kondisi rileks. Gelombang alpha dominan berada di daerah occipital cortex dan daerah frontal cortex. Dalam kondisi ini otak akan memproduksi hormon serotonin dan hormon endorfin yang menyebabkan terciptanya kondisi rileks, percaya diri, dan bahagia. Gelombang alpha disebut sebagai pengendali kesadaran, penghubung antara pikiran sadar dan alam bawah sadar. Rentang alpha didapatkan melalui Persamaan (1.5).

$$r\alpha = \sum p_j [k], 8 \text{ Hz} < MF(p_j) \leq 13 \text{ Hz} \quad (1.5)$$

d) Beta (β)

Gelombang beta berada di rentang frekuensi 13-30 Hz. Gelombang beta akan muncul ketika seseorang berada di kondisi berpikir dengan konsentrasi tinggi, hal ini menyebabkan terproduksi hormon kortisol dan norepinefrin sehingga menimbulkan rasa cemas, marah, dan khawatir. Rentang beta

didapatkan melalui Persamaan (1.6).

$$\rho_{\beta} = \sum p_j [k], 13 \text{ Hz} < MF(p_j) \leq 30 \text{ Hz} \quad (1.6)$$

e) Gamma (γ)

Gelombang gamma adalah gelombang otak yang berada di atas 30 Hz. Gelombang gamma akan muncul ketika seseorang berada di kondisi aktivitas mental yang sangat tinggi. Sangat panik, ataupun ketakutan pada saat kesadaran penuh. Rentang gamma dapat diperoleh melalui Persamaan (1.7).

$$\rho_{\gamma} = \sum p_j [k], 30 \text{ Hz} < MF(p_j) \leq 100 \text{ Hz} \quad (1.7)$$

1.6.2 Processing

Setelah melewati *pre-processing*, selanjutnya *processing* dilakukan untuk mengekstrak informasi atau karakteristik yang relevan dari sinyal sehingga ciri dari sebuah sinyal dapat diinterpretasikan [9], [13]. Pada aplikasi Neuros-16 akan terdapat beberapa metode *processing* yang disediakan, yaitu:

1) *Fast Fourier Transform* (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan algoritma yang digunakan untuk melakukan *Discrete Fourier Transform* (DFT) secara lebih cepat dengan mengurangi proses pengulangan dalam perhitungannya [14]. DFT dilakukan untuk mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi [15]. Magnitudo dan fasa dari sinyal EEG dapat diperoleh melalui algoritma ini [16]. Algoritma FFT diekspresikan pada Persamaan (1.8) [14], di mana $S(f)$ adalah sinyal dalam domain frekuensi, $s(t)$ adalah sinyal dalam domain waktu, f adalah frekuensi dan t adalah waktu.

$$S(f) = \int s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (1.8)$$

2) *First Order Statistics* (FOS)

First Order Statistics (FOS) atau statistik orde pertama adalah metode analisis sinyal yang digunakan untuk mendapatkan gambaran dasar tentang distribusi intensitas amplitudo dari data sinyal EEG. Terdapat beberapa parameter statistik yang dihitung dalam metode ini, yaitu [17]:

a) Mean

Mengukur nilai tengah dari data. Rata-rata adalah jumlah dari semua nilai dalam data dibagi dengan jumlah data. Rata-rata membantu memahami nilai tengah atau tipikal dari sinyal atau data.

b) Median

Mengukur nilai tengah dari data setelah diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar. Median digunakan ketika data mengandung nilai ekstrem atau outlier yang dapat mempengaruhi rata-rata.

c) Modus

Nilai atau kategori yang paling sering muncul dalam data. Modus memberikan gambaran tentang nilai yang paling umum atau dominan dalam sinyal atau data.

d) Standar Deviasi

Akar kuadrat dari variansi yang memberikan ukuran sebaran data. Standar deviasi memberikan informasi tentang keakuratan atau ketepatan data dalam merepresentasikan nilai rata-rata.

e) *Skewness*

Mengukur tingkat asimetri atau ketidaksimetrisan distribusi data. *Skewness* positif menunjukkan distribusi cenderung condong ke kanan, sedangkan *skewness* negatif menunjukkan distribusi cenderung condong ke kiri.

f) Kurtosis

Mengukur tingkat kepeccatan atau keruncingan puncak distribusi data. Kurtosis yang tinggi menunjukkan puncak yang lebih lancip dan distribusi yang lebih fokus, sedangkan kurtosis yang rendah

menunjukkan puncak yang lebih rata atau datar

g) Entropi

Mengukur seberapa acak atau tidak teratur distribusi amplitudo sinyal otak pada berbagai rentang frekuensi. Jika aktivitas otak lebih teratur dan memiliki pola yang konsisten, entropi akan rendah. Sebaliknya, jika aktivitas otak lebih kompleks dan memiliki pola yang lebih acak atau tidak teratur, entropi akan tinggi. Entropi dihitung menggunakan *Probability Density Function* (PDF).

3) *Channel Selection*

Penggunaan sinyal EEG dari keseluruhan kanal akan memunculkan interferensi dari kanal yang tidak diperlukan [18]. Maka dari itu *channel selection* dilakukan untuk menentukan subset/kombinasi kanal dengan akurasi terbaik. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan *channel selection* adalah *spatial selection* [19]. *Spatial selection* pada dasarnya adalah normalisasi data EEG yang melibatkan ekstraksi energi. Terdapat dua proses utama dalam penerapan *spatial selection*, yaitu perhitungan energi dan seleksi energi [20]. Pada tahap perhitungan energi, aplikasi Neuros-16 menerapkan metode *l2-norm* yang didefinisikan dalam Persamaan (1.9), di mana p adalah rata-rata energi kanal, i adalah waktu, j adalah kanal, A adalah matriks data dan m & n adalah jumlah masing-masing waktu dan kanal [21]

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^n A(i,j)^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A(i,j)^2} \quad (1.9)$$

Setelah energi dikalkulasi, selanjutnya dilakukan seleksi energi. Proses seleksi energi akan menentukan nilai energi pada kanal yang akan dipilih sebagai kanal yang aktif. Seleksi energi dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu secara manual dan otomatis. Perbedaan utama antara pemilihan energi manual dan otomatis adalah teknik dalam menentukan

kriteria kombinasi energi [21], [22].

a) Seleksi Manual

Poin utama dalam metode manual adalah memilah energi pada kanal dengan menggunakan dua teknik. Pertama, menggunakan teknik *highest value* (memilih kanal dengan energi tertinggi dari kombinasi kanal terpilih) dan teknik *close to mean* (memilih kanal berdasarkan kedekatan energi kanal dengan nilai rata-rata).

1. *Highest Value*

Kombinasi dari kanal aktif dipilih secara berurutan berdasarkan penurunan nilai energi. Selanjutnya, kombinasi kanal akan diuji untuk menentukan akurasi performa. Kombinasi kanal dengan nilai tertinggi akan menjadi kombinasi terbaik dari kanal aktif yang terpilih.

2. *Close To Mean*

Metode ini memilah kanal berdasarkan nilai kanal yang terus naik dengan perbedaan energi kanal dan rata-rata energi kanal. Seluruh energi kanal dihitung berdasarkan rerata sebagai nilai minimum untuk menciptakan urutan kanal terpilih. Hal ini dilakukan dengan proses kalkulasi perbedaan antara energi dan referensi di tiap energi kanal. Metode ini tidak berbeda dari metode sebelumnya, di mana ia akan memilih beberapa kanal kombinasi. Kanal terpilih didefinisikan pada Persamaan (1.10).

$$\varepsilon_{sc} = \min \left| \sum_{i=1}^n \bar{\varepsilon}_n - \varepsilon_i \right| \quad (1.10)$$

b) Seleksi Otomatis

Perbedaan utama antara proses manual dan otomatis dalam seleksi energi kanal adalah teknik menentukan nilai ambang batas. Pada proses manual, penentuan nilai minimum dilakukan secara subjektif oleh pengguna. Pengguna harus secara manual memilih kombinasi kanal yang dianggap memiliki energi yang

relevan dan signifikan untuk analisis. Oleh karena itu, proses manual sangat tergantung pada pemahaman dan pengalaman pengguna dalam mengidentifikasi kanal yang relevan. Di sisi lain, pada seleksi otomatis, kombinasi kanal terpilih didefinisikan berdasarkan batasan nilai minimum yang telah terdefiniskan. Metode otomatis akan menghitung energi kanal untuk setiap kanal yang aktif, dan hanya mengambil kanal dengan energi di atas batas minimum yang telah ditetapkan. Sehingga, kanal terpilih dalam metode otomatis akan memiliki nilai energi yang lebih tinggi daripada batas minimum yang telah ditentukan melalui Persamaan (1.11).

$$\varepsilon_n \geq \bar{\varepsilon}_n \tag{1.11}$$

1.7 Kesimpulan CD-1

EEG adalah salah satu teknik non-invasif untuk merekam aktivitas listrik otak yang semakin umum digunakan untuk kebutuhan analisis neurosains. Untuk mendukung kebutuhan ini, diusulkan perancangan aplikasi Neuros-16 diusulkan sebagai sebuah sistem pengolahan sinyal EEG yang lebih efisien. Aplikasi Neuros-16 menyediakan beragam fitur pengolahan sinyal EEG dari berkas .EDF, seperti pre-processing normalisasi (mean dan median) dan filterisasi (BPF Butterworth orde-4) untuk menyiapkan data agar siap untuk diolah lebih lanjut, serta processing FFT, FOS, dan channel selection untuk memperoleh informasi dari dataset EEG masukan. Neuros-16 diharapkan dapat memfasilitasi pengolahan sinyal EEG secara lebih efisien, sehingga memudahkan para peneliti dan akademisi di bidang neurosains.