

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stres merupakan kondisi yang muncul ketika seseorang menghadapi tekanan atau tuntutan yang dirasakan melebihi kemampuan dirinya untuk mengatasinya. Tekanan tersebut dapat berasal dari berbagai aspek kehidupan, seperti aktivitas akademik, pekerjaan, maupun permasalahan sosial. Ketika seseorang mengalami stres, tubuh akan memberikan respons alami berupa peningkatan aktivitas sistem saraf dan pelepasan hormon stres seperti kortisol. Respons ini sebenarnya bertujuan untuk membantu tubuh beradaptasi terhadap tekanan. Apabila stres terjadi secara terus-menerus, respons tersebut justru dapat mengganggu keseimbangan kerja tubuh dan memengaruhi fungsi otak serta kondisi emosional seseorang (George et al., 2025).

Stres yang berlangsung dalam jangka panjang dan tidak disadari sejak dini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan. Beberapa dampak yang sering terjadi antara lain peningkatan tekanan darah, gangguan kualitas tidur, menurunnya daya tahan tubuh, serta munculnya gangguan psikologis seperti kecemasan dan penurunan konsentrasi. Selain itu, stres berkepanjangan juga dapat memengaruhi kinerja kognitif dan kualitas hidup secara keseluruhan. Studi terkini menunjukkan bahwa kondisi stres yang tidak tertangani dapat memicu masalah kesehatan baik secara fisik maupun mental, sehingga deteksi dan penanganan stres menjadi hal yang penting untuk dilakukan sejak awal (Alotiby, 2024).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kesehatan mental, penanganan stres umumnya melibatkan tenaga profesional seperti psikolog dan psikiater. Namun, metode yang digunakan hingga saat ini masih banyak bergantung pada wawancara dan penilaian subjektif. Oleh karena itu, perkembangan teknologi membuka peluang untuk menghadirkan pendekatan yang lebih objektif dalam menganalisis stres. Secara klinis, aktivitas fungsional otak saat stres dapat diamati melalui sinyal Electroencephalogram (EEG) yang merekam fluktuasi tegangan listrik dari aktivitas neuron, sehingga kondisi stres dapat dianalisis berdasarkan sinyal fisiologis yang terukur. Pada kondisi stres, terjadi pergeseran dominasi daya spektral (Power Spectral Density) dari gelombang Alpha

(8–13 Hz) yang merepresentasikan kondisi rileks, menuju gelombang Beta (13–30 Hz) yang merepresentasikan kewaspadaan, relaksasi dan kecemasan (Wen et al., 2020), (Phutela et al., 2022), dan (Purnamasari et al., 2018). Berdasarkan (Wen et al., 2020), ekstraksi fitur perbandingan rasio gelombang-gelombang ini, yaitu rasio Alpha/Beta dan rasio Theta/Beta, menjadi parameter kunci dalam mengukur tingkat stres seseorang secara objektif.

Salah satu perangkat yang dapat menangkap sinyal EEG adalah NeuroSky MindWave. Perangkat ini menggunakan sensor elektroda tunggal yang ditempatkan pada posisi Fp1 (prefrontal cortex). Area ini dipilih karena merupakan pusat kendali kognitif dan emosional yang sangat responsif terhadap beban mental (Zakaria et al., 2022), (Friedman & Robbins, 2021).

Pada deteksi stres sinyal EEG dengan metode konvensional, dimana mengandalkan pemantauan manual memiliki keterbatasan dalam mengikuti dinamika sinyal EEG. Pendekatan tradisional ini cenderung kurang fleksibel dalam menghadapi variasi antar individu, di mana setiap subjek memiliki karakteristik sinyal otak yang berbeda, dan juga rentan terhadap kontaminasi oleh artifak seperti kontraksi otot, dan gerakan mata sehingga sering kali menghasilkan akurasi yang tidak konsisten (Phadikar et al., 2022).

Oleh karena itu, implementasi teknologi *machine learning* menawarkan pendekatan yang sangat efektif dalam mentransformasi data sensor yang kompleks menjadi informasi keputusan yang akurat pada sistem tertanam (*embedded system*) (Kallimani et al., n.d.). Melalui kemampuannya dalam mengenali pola-pola non-linear pada sinyal EEG, *Machine learning* memungkinkan sistem untuk melakukan adaptasi dan generalisasi yang lebih baik terhadap gangguan (*noise*) (Modi et al., 2025). Dari sisi perangkat keras, model klasifikasi berbasis *Machine learning* saat ini dapat dioptimalkan sedemikian rupa sehingga mampu dieksekusi oleh mikroprosesor dengan beban komputasi yang sangat ringan tanpa bergantung pada infrastruktur perangkat lunak yang berat. Hal ini memungkinkan terciptanya sistem cerdas yang andal dalam mendeteksi tingkat stres secara *real-time* namun tetap efisien dalam penggunaan sumber daya energi dan memori.

Akan tetapi tidak semua model *machine learning* cocok, seperti Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sering menghadapi overfitting jika dataset memiliki jumlah

sampel yang sangat terbatas (Narasingarao et al., 2018), lalu *K-Nearest Neighbor* (KNN) menghadapi tantangan berupa penggunaan memori RAM yang sangat besar karena model harus menyimpan seluruh dataset latihan sebagai referensi (Jain & Srihari, 2024). Oleh karena itu, memilih model *machine learning* yang tepat merupakan suatu hal yang penting agar dapat berjalan optimal pada sistem yang akan dibuat.

Berdasarkan pertimbangan efisiensi perangkat keras dan stabilitas klasifikasi tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengembangkan sebuah sistem dengan judul "Klasifikasi Stres Menggunakan *Machine learning* Pada Sinyal EEG Berbasis NeuroSky MindWave". Penelitian ini difokuskan pada optimalisasi algoritma klasifikasi agar mampu berjalan secara mandiri pada mikroprosesor, sehingga menghasilkan alat pemantau stres yang bersifat portable, real-time, dan andal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan masalah yang menjadi fokus pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana melakukan *pre-processing* data eeg (*Filtering*, normalisasi) yang tepat?
- 2) Bagaimana mendapatkan parameter optimal model klasifikasi stress?
- 3) Bagaimana mengimplementasikan model *Machine learning* yang telah dilatih ke dalam perangkat berbasis mikroprosesor dengan sumber daya memori (RAM) dan daya komputasi yang terbatas?

1.3 Batasan Masalah

Agar proyek akhir ini tetap terarah dan dapat diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Sensor yang digunakan terbatas pada *NeuroSky MindWave* dengan satu elektroda (*single-channel*) yang diletakkan pada posisi dahi kiri (Fp1).
- 2) Fitur sinyal yang diekstraksi difokuskan pada daya spektral (*Power Spectral Density*) gelombang Theta (4–8 Hz), gelombang Alpha (8–13 Hz), dan gelombang Beta (13–30 Hz) untuk menghitung rasio indikator stres dan beban mental.

- 3) Penentuan tingkat stres menggunakan algoritma *Random Forest* karena efisiensi logikanya yang tinggi dan kebutuhan sumber daya memori yang rendah dibandingkan metode KNN dan JST.
- 4) Dataset yang digunakan merupakan dataset dengan tipe pengujian *Mental Arithmetic Test*.
- 5) Stressor atau stimulus stres yang digunakan berupa bermain game mobile legend selama kurang lebih 20 menit.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan utama dari pelaksanaan proyek akhir ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah perangkat elektronik dalam bentuk *wearable device* yang mampu melakukan klasifikasi stres secara mandiri melalui pemrosesan sinyal EEG dari sensor *NeuroSky MindWave* pada unit mikroprosesor. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma *Random Forest* ke dalam sistem tertanam guna mengklasifikasikan pita frekuensi theta, alpha, dan beta dengan beban komputasi yang minimal, sehingga tercapai efisiensi penggunaan memori yang optimal. Lebih lanjut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa dan keandalan sistem dalam menangani dinamika sinyal EEG secara *real-time*, guna memastikan bahwa klasifikasi stres yang dihasilkan pada tingkat mikroprosesor memiliki tingkat akurasi yang tetap tinggi meskipun beroperasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas tanpa ketergantungan pada perangkat komputer eksternal.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari proyek akhir ini adalah:

- 1) Memberikan penerapan konsep *edge computing* pada perangkat *embedded*, di mana proses klasifikasi sinyal EEG yang kompleks dapat dilakukan secara mandiri di tingkat mikroprosesor tanpa ketergantungan pada komputer eksternal.
- 2) Menyediakan solusi teknologi kesehatan yang praktis dan objektif untuk membantu individu memantau tingkat stres secara *real-time* dalam aktivitas sehari-hari melalui perangkat yang ringan dan mudah digunakan.

- 3) Menjadi salah satu referensi mengenai metodologi ekstraksi fitur gelombang Theta, Alpha, dan Beta serta teknik optimasi *machine learning* untuk implementasi pada sistem dengan sumber daya terbatas.