

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Hipovigilansi adalah kondisi menurunnya kewaspadaan secara bertahap akibat kelelahan, kurang tidur, atau aktivitas monoton berkepanjangan [1]. Salah satu manifestasi paling umum dari hipovigilansi adalah kantuk, yang menyebabkan penurunan kognitif, keterlambatan reaksi, dan gangguan pengambilan keputusan [1]. Kantuk yang meningkat pada individu, terutama dalam kondisi monoton dan diam seperti bekerja malam, belajar intensif, atau berjaga, telah terbukti berdampak signifikan terhadap fungsi kognitif. Penurunan perhatian, memori kerja, dan kecepatan reaksi dapat terjadi meskipun individu tidak melakukan aktivitas fisik. Soleimani *et al.* [2] menemukan bahwa operator ruang kendali pada shift malam mengalami peningkatan kantuk dan penurunan performa neurokognitif saat menjalankan tugas statis di depan monitor. Hal serupa juga diamati oleh Ruggiero dan Redeker [3], di mana mahasiswa kedokteran menunjukkan gangguan konsentrasi dan ketelitian setelah berjaga malam, bahkan saat diuji dalam kondisi duduk dan tenang. Fakta ini memperkuat bahwa kantuk memiliki dampak luas terhadap kognisi, tidak hanya pada aktivitas berisiko tinggi, tetapi juga dalam tugas sehari-hari yang memerlukan konsentrasi tinggi dalam keadaan diam.

Secara fisiologis, tingkat kantuk dapat dikenali melalui perubahan sinyal biopotensial dari mata (EOG) dan otak (EEG). Perilaku mata menunjukkan perubahan seperti menurunnya frekuensi dan amplitudo kedipan, serta meningkatnya durasi mata tertutup [4]. Sementara itu, Gelombang otak alpha cenderung melemah, sementara theta meningkat ketika seseorang mulai mengantuk, sebagai indikator transisi dari kondisi sadar ke tahap tidur ringan [5][6]. Kedua aspek ini menghasilkan sinyal EEG dan EOG yang dapat direkam dan dianalisis untuk mengetahui tingkat kantuk seseorang secara fisiologis.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas deteksi kantuk menggunakan sinyal EEG atau EOG secara terpisah. Sistem berbasis EEG umumnya fokus pada klasifikasi gelombang otak menggunakan metode machine learning [23][24][25], yang memberikan hasil klasifikasi baik tetapi sulit

diimplementasikan secara real-time di perangkat dengan daya komputasi rendah seperti mikrokontroler. Di sisi lain, deteksi berbasis EOG umumnya menggunakan pendekatan pengolahan citra (computer vision) untuk mendeteksi kedipan atau durasi mata tertutup [26], namun sangat dipengaruhi pencahayaan dan posisi wajah. Selain itu, terdapat juga sistem sederhana berbasis sensor *gyroscope* yang mengamati kemiringan kepala [27], tetapi pendekatan ini tidak dapat membedakan tingkat kantuk secara fisiologis karena tidak menganalisis sinyal internal tubuh. Mayoritas pendekatan sebelumnya juga hanya melakukan deteksi kantuk biner (mengantuk atau tidak), tanpa mengklasifikasikan tingkat kantuk secara bertahap berdasarkan parameter fisiologis

Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan mengembangkan sebuah sistem deteksi tingkat kantuk berbasis analisis sinyal EEG dan EOG, yang mampu mengklasifikasikan kondisi kantuk ke dalam beberapa tingkatan berdasarkan parameter fisiologis. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler dan *Biopotential Amplifier*, dilengkapi dengan pengolahan sinyal *real-time* dan peringatan visual. Sistem ini tidak hanya mengukur sinyal biopotensial otak dan mata secara simultan, tetapi juga memproses data secara lokal tanpa ketergantungan pada perangkat eksternal atau cloud.

Urgensi dari pengembangan sistem ini terletak pada kebutuhannya dalam berbagai skenario, seperti eksperimen biomedis, penelitian sistem sinyal fisiologis, dan monitoring kondisi mental dalam lingkungan kerja intensif. Sistem ini diharapkan menjadi solusi awal yang hemat biaya, portabel, dan efisien untuk memantau tingkat kantuk secara *real-time* dan memberikan notifikasi dini sebelum terjadi penurunan performa atau risiko akibat hipovigilansi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diberikan, berikut adalah rumusan masalah dari perancangan sistem deteksi tingkat kantuk berbasis analisis sinyal EEG dan EOG:

1. Bagaimana merancang perangkat biopotensial mata (EOG) dan otak (EEG) menggunakan mikrokontroler?

2. Bagaimana mengklasifikasikan tingkat kantuk berdasarkan pengolahan sinyal biopotensial mata (EOG) dan aktivitas sinyal biopotensial otak (EEG)?
3. Bagaimana menentukan parameter yang tepat untuk sistem identifikasi kantuk berdasarkan sinyal biopotensial mata (EOG) dan otak (EEG)?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diidentifikasi, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Merancang dan mengevaluasi perangkat untuk merekam biopotensial mata dan otak menggunakan mikrokontroler.
2. Mengukur tingkat kantuk melalui metode analisis pengolahan sinyal biopotensial mata dan otak.
3. Menentukan parameter yang tepat untuk identifikasi kantuk dari sinyal biopotensial mata dan otak.

1.3.2 Manfaat

Manfaat dari perancangan sistem deteksi tingkat kantuk berbasis analisis sinyal EEG dan EOG ini adalah sebagai berikut :

1. Membantu mencegah risiko yang disebabkan oleh kantuk dengan memberikan peringatan dini.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi berbasis biopotensial untuk aplikasi kesehatan dan keselamatan.
3. Menyediakan perangkat inovatif yang dapat diaplikasikan untuk pemantauan kondisi kantuk.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini, perlu batasan-batasan sebagai berikut :

1. Sistem hanya mendeteksi tingkat kantuk berdasarkan analisis sinyal biopotensial mata (EOG) dan otak (EEG) secara simultan.

2. Perangkat hanya menggunakan elektroda permukaan jenis Ag/AgCl sebagai transduser sinyal biopotensial.
3. Sistem dirancang untuk pengguna dalam kondisi normal tanpa gangguan kesehatan mata atau neurologis.
4. Pengujian dilakukan pada subjek dalam keadaan diam, tanpa aktivitas fisik atau kognitif berat, untuk mensimulasikan kondisi rileks menuju kantuk alami.
5. Pengujian perangkat dilakukan dalam kondisi subjek mengantuk.
6. Penelitian ini tidak membahas aplikasi sistem secara langsung pada pengemudi, operator mesin, atau populasi dengan gangguan tidur tertentu.
7. *Software* yang dibuat hanya memberikan notifikasi visual mengenai tingkat kantuk.

1.5 Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan, penulis melakukan metode penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, studi literatur yang dilakukan untuk memahami teori-teori dasar terkait sinyal biopotensial, metode akuisisi sinyal, teknik pengolahan sinyal digital, serta sistem deteksi kantuk berbasis sinyal biopotensial otak dan mata. Referensi diperoleh dari jurnal, buku, dan penelitian terdahulu sebagai dasar untuk mendesain sistem.

2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras terdiri dari rangkaian *Biopotential Amplifier (BioAmp)* yang mencakup penguat instrumentasi, filter bandpass aktif, dan penguat akhir untuk akuisisi sinyal biopotensial otak dan mata. Rangkaian ini dirancang untuk memperkuat sinyal biopotensial lemah agar dapat dibaca oleh mikrokontroler Arduino Nano

3. Pengembangan Perangkat Lunak (*Software*)

Firmware mikrokontroler berfungsi untuk membaca, *filtering*, dan mengirimkan data sinyal digital, sedangkan *software* digunakan untuk analisis sinyal. Analisis dilakukan dengan menerapkan algoritma untuk mendeteksi sinyal yang menandakan kantuk.

4. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan dalam tiga bagian, yaitu pengujian hardware untuk memastikan penguatan dan *filtering* berjalan sesuai spesifikasi, pengujian software untuk memverifikasi fungsi filter digital dan klasifikasi tingkat kantuk, dan pengujian fungsionalitas sistem untuk deteksi tingkat kantuk.

5. Analisis Data

Data hasil klasifikasi dievaluasi secara kuantitatif untuk melihat distribusi tingkat kantuk, pola transisi dari kondisi sadar ke kantuk, serta konsistensi deteksi antar subjek. Analisis ini bertujuan untuk menilai performa sistem dalam mendeteksi kondisi kantuk secara *real-time*.