

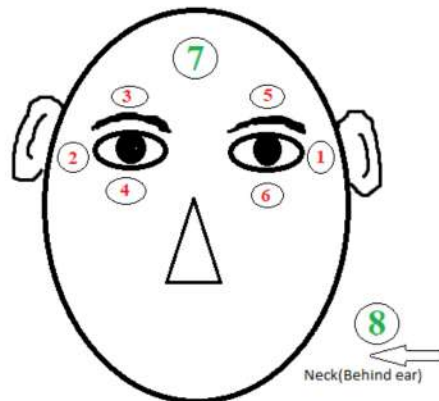
BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Hasil Penelitian lain yang Relevan

Penelitian tentang EOG telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Choudhari dkk [1], membuat *Human machine Interface* (HMI) menggunakan EOG yang efisien untuk membantu penderita kelumpuhan total untuk bisa berpindah-pindah tempat secara mandiri. Menggunakan satu jenis aktivitas mata yaitu kedipan untuk menggerakkan kursi roda. Aktivitas kedipan yang digunakan yaitu 1 kali kedipan, 2 kali kedipan, dan 3 kali kedipan yang masing-masing untuk maju, kiri, kanan. Dengan menggunakan *multi-threshold* dapat mendeteksi kedipan *voluntary* dan *involuntary*. *Threshold* digunakan untuk menentukan amplitudo, durasi, dan kecepatan dengan menggunakan deteksi peak untuk memeriksa peak yang muncul dalam setiap segmen yang diekstraksi setiap satu detik. Dengan menggunakan metode ini peneliti mendapat akurasi 93,8 % dan *Information Transfer Rate* (ITR) 62,64 bit/menit.

Pada tahun 2020, Anchan dkk[2], mereka melakukan penelitian penempatan posisi optimal *Bipolar Lead* pada EOG. Dengan menggunakan *elektrookulografi* gerakan mata dapat diekstraksi menjadi nilai-nilai. Namun, dengan penempatan elektroda yang tidak tepat, sinyal-sinyal yang diperoleh mungkin tidak menghasilkan output yang diinginkan. dalam implementasinya ketika hanya beberapa gerakan mata tertentu yang perlu dianalisa seperti deteksi kantuk, cukup dua atau tiga elektroda asalkan ditempatkan pada posisi optimal di sekitar mata.

Oleh karena itu, menentukan posisi-posisi ini selama tahap desain sistem EOG diperlukan untuk mencapai harapan yang menguntungkan antara biaya, akurasi, dan dimensi fisik yang terlibat.



Gambar 2.1 Posisi Potensial dan Referensi pada wajah[2]

Berikut ringkasan konfigurasi elektroda yang paling ideal untuk mendeteksi setiap gerakan mata secara umum dengan tiga buah elektroda sebagai berikut dengan memperhatikan gambar 2.1:

- a. Untuk pendeteksian gerakan mata ke kiri atau kanan, posisi 1-2-8 paling cocok.
- b. Posisi 3-4-8 atau 5-6-8 paling memenuhi kebutuhan untuk mendeteksi gerakan mata ke atas atau ke bawah.
- c. Posisi 3-4-8, 5-6-8, 4-5-8, atau 3-6-8 cocok untuk mendeteksi kelipatan mata sederhana dan berkepanjangan.
- d. Untuk mendeteksi kumpulan dari semua gerakan mata umum, posisi 4-5-8 atau 3-6-8 akan paling menguntungkan.

Pada tahun 2019 Hasbian dkk melakukan penelitian mengendalikan kursor menggunakan sinyal elektrokulogram. pada penelitian ini melakukan pengujian terhadap 10 orang sampel untuk diminta perekaman sinyal EOGnya. setiap sample melakukan perekaman 5 kali. Pada penelitian ini, klasifikasi gerakan bola mata hanya dilakukan menggunakan threshold pada kanal yang terkait. pada penelitian ini diperoleh akurasi sistem dalam mengenali gerakan bola mata berkisar 90-100% dengan nilai threshold yang berbeda-beda. Pada penelitian ini sinyal EOG hanya digunakan untuk menggerakkan kursor ke berbagai arah. Penggunaan sinyal EOG untuk melakukan aktifitas yang lebih kompleks belum dilakukan.

2.2 Deskripsi Teoretik

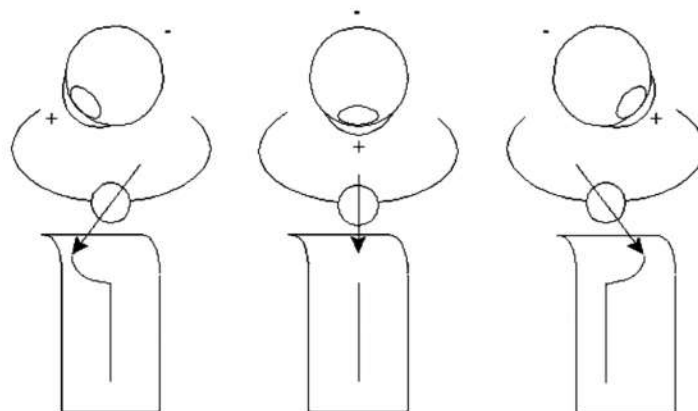
2.2.1 Bola Mata

Bola Mata adalah salah satu panca indera utama yang digunakan untuk proses penglihatan. Mata terdiri dari tiga lapisan jaringan penting: sklera dengan bagian terdepannya yang disebut kornea, lapisan uvea, dan lapisan retina. Sklera, sebagai bagian luar dari mata, memberikan bentuk struktural pada organ ini. Kornea yang berada pada bagian terdepan sklera berfungsi sebagai fasilitator untuk memudahkan masuknya sinar ke dalam bola mata. Uvea adalah lapisan yang mengandung pembuluh darah di dalam bola mata. Perannya meliputi pengaturan jumlah cahaya yang masuk ke mata dan pengaturan fokus lensa. Retina merupakan bagian mata yang mengandung reseptor khusus yang menerima rangsangan cahaya untuk proses penglihatan[7].

2.2.2 *Electrooculography (EOG)*

Elektrookulography (EOG) adalah teknik mendeteksi pergerakan mata dengan mengukur potensial listrik antara kornea dan retina. Mata berperan sebagai elektroda antara kornea (elektroda positif) dan retina (elektroda negatif). Setiap putaran mata ke segala arah menyebabkan perubahan sinyal listrik mata[8]. Penelitian sebelumnya telah menetapkan bahwa amplitudo sinyal EOG biasanya bervariasi antara 50 μV dan 3500 μV , dengan frekuensi 0–100 Hz. Amplitudo EOG dan sudut pergerakan mata menunjukkan tren linier yang serupa ketika arah pergerakan mata berada pada kisaran ± 50 derajat horizontal dan ± 30 derajat vertikal [9].

Informasi mengenai pergerakan mata bisa dicatat melalui EOG menggunakan elektroda yang ditempatkan di sekitar mata dengan konfigurasi yang berlawanan serta elektroda tambahan sebagai titik referensi di dahi. Terdapat tiga jenis gerakan utama yang dideteksi, yaitu saccade (gerakan cepat mata), fiksasi (mata tetap pada satu titik), dan kedipan[10].



Gambar 2.2 Dipol pada mata[11].

2.2.3 Metode Kalman Filter

Kalman berasal dari nama penulis, yakni Rudolf Kalman. Kalman filter adalah jenis filter yang mirip dengan filter pada umumnya. Sebagai ilustrasi, misalnya, filter lowpass menerima sejumlah frekuensi dan menghilangkan frekuensi rendah dengan mengurangi frekuensi tinggi [12], [13], [14], [15].

Kalman filter menerima sejumlah informasi yang mungkin terdapat noise dan melakukan penyaringan terhadap informasi tersebut dengan tujuan mengurangi noise sebanyak mungkin [15][13][16]. Kalman filter dirancang untuk lingkungan linear, sehingga sering disebut juga sebagai estimasi kuadratik linear. Definisi dari Kalman filter adalah [15][14][13] :

$$\begin{aligned}x_k &= F_k x_k + G_{k-1} u_{k-1} + w_{k-1} \\y_k &= H_k x_k + v_k\end{aligned}\tag{1}$$

Dimana :

x : vector state ($n_x \times 1$)

u : vector input ($n_u \times 1$)

y : vector output ($n_y \times 1$)

w : vector noise/proses ($n_x \times 1$)

v : vector noise/measure ($n_y \times 1$)

F : koefisien matriks state ($n_x \times n_x$)

G : koefisien matriks input ($n_x \times n_u$) H : observasi matriks ($n_y \times n_x$)

Di samping itu, terdapat pula P , Q , dan R yang masing-masing merupakan matriks kovarian dari kesalahan pada status (state), proses, dan pengukuran (measure)[15][13].

Kalman filter memiliki dua tahapan utama: prediksi dan koreksi, yang sering disebut sebagai proses prediksi-koreksi. Filter Kalman memanfaatkan informasi terkini (state) yang diketahui untuk memperkirakan keadaan (state) selanjutnya satu langkah ke depan[15][13]. Sebagai ilustrasi, misalnya kita mengetahui posisi dan kecepatan suatu mobil pada waktu sebelumnya, maka kita dapat memperkirakan posisi mobil pada waktu selanjutnya. Kemudian, proses koreksi membandingkan pengukuran dari prediksi dengan nilai sebenarnya untuk melakukan penyesuaian atau koreksi terhadap prediksi tersebut[13][15][17].

Filter Kalman merupakan algoritma rekursif yang dimulai dengan asumsi terhadap keadaan awal (state) \hat{x}_0 dan matriks kovarian kesalahan pada keadaan awal P_0 [15][13][12].

Proses Kalman filter dapat dibagi menjadi beberapa tahap atau bagian, di antaranya[15][13] [12]:

- a. Mengasumsikan initial state \hat{x}_0 dan initial state error kovarian matriks P_0 .
- b. Memprediksi vector state melalui:

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_{k-1}\hat{x}_{k-1} + G_{k-1}u_{k-1} \quad (2)$$

- c. Memprediksi error kovarian matriks melalui

$$P_{k|k-1} = F_{k-1}P_{k-1}F_{k-1}^T + Q_{k-1} \quad (3)$$

d. Setelah proses prediksi selesai, dihitung matriks Kalman gain melalui

$$K_k = P_{k|k-1}H^T(H_kP_{k|k-1}H_k^T + R_k)^{-1} \quad (4)$$

e. Update vector state menggunakan Kalman gain melalui

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k|k-1} + K_k(z_k - H_k\hat{x}_{k|k-1}) \quad (5)$$

f. Update error kovarian matriks menggunakan Kalman gain melalui

$$P_k = (I - K_kH_k)P_{k|k-1} \quad (6)$$

2.2.4 Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain yang digunakan untuk menilai akurasi peramalan. Dalam metode ini, setiap kesalahan atau residual dipangkatkan dua [18]. Hasil kuadrat dari kesalahan-kesalahan tersebut kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. Pendekatan ini cenderung memberikan penalti lebih besar pada kesalahan yang besar karena kesalahan-kesalahan tersebut dikuadratkan [19]. Sebuah metode yang menghasilkan kesalahan dalam rentang moderat mungkin lebih baik dibandingkan dengan metode yang sering menghasilkan kesalahan kecil tetapi sesekali memiliki kesalahan yang sangat besar. Nilai MSE yang lebih rendah menunjukkan kualitas peramalan yang lebih baik [20]. Perhitungan MSE dapat dilihat pada formula (7).

$$MSE = \frac{\sum |X_t - F_t|}{n} \quad (7)$$

2.2.5 Mobile Robot

Jaya dkk menuliskan pada buku *Embedded System and Robotics*, Robot Mobil atau Mobile Robot adalah jenis robot yang mempunyai ciri khas aktuator

berupa roda untuk menggerakkan tubuh robot secara keseluruhan. Hal ini memungkinkan robot untuk bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya[21]. Bentuk fisik secara umum dari mobile robot dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mobile Robot[21]

2.2.6 Wemos

Wemos adalah sebuah papan pengembangan mikrokontroler yang menggunakan modul mikrokontroler ESP8266 sebagai basisnya [21]. Diciptakan sebagai alternatif terhadap biaya tinggi sistem nirkabel berbasis mikrokontroler lainnya, board Wemos memiliki 2 buah chipset yang berperan sebagai inti atau otak dalam menjalankan platform tersebut. Beberapa chipset yang terdapat pada mikrokontroler ini adalah [21]:

- a. Chipset ESP8266 merupakan sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan kemampuan Wi-Fi yang mendukung stack TCP/IP. Diproduksi oleh perusahaan Cina yang berbasis di Shanghai, Espressif Systems, chip ini pertama kali digunakan pada modul ESP-01 oleh AI-Thinker pada Agustus 2014 dengan lisensi dari Espressif. Modul kecil ini

memungkinkan mikrokontroler untuk terhubung dengan jaringan Wi-Fi dan membangun koneksi TCP/IP hanya dengan menggunakan perintah sederhana.



Gambar 2.4 Wemos ESP8266[21]

Dengan kecepatan clock 80 MHz, chip ini dilengkapi dengan 4MB RAM eksternal, mendukung format IEEE 802.11 b/g/n untuk mencegah interferensi terhadap perangkat lain. Dukungan enkripsi WEP dan WPA menjadikan chipset ini sangat aman digunakan. Chipset ini memiliki 16 pin GPIO yang beroperasi pada tegangan 3.3 Volt dan 1 pin ADC dengan resolusi 10 bit.

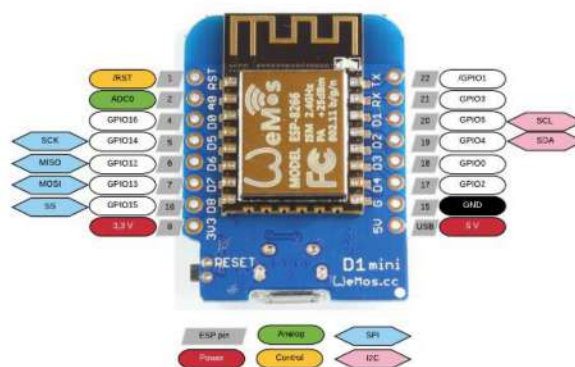
- b. Chipset CH340 adalah sebuah perangkat yang mengubah antarmuka USB menjadi antarmuka serial. Sebagai contoh, chipset ini dapat digunakan dalam aplikasi seperti konverter USB ke IrDA atau konverter USB ke printer. Dalam mode antarmuka serial, CH340 mengirimkan sinyal penghubung yang umumnya digunakan pada MODEM. CH340 digunakan untuk memperluas antarmuka serial asynchronous komputer atau mengubah perangkat antarmuka serial menjadi dapat terhubung

langsung ke bus USB. Ini memungkinkan perangkat yang sebelumnya hanya memiliki antarmuka serial untuk terhubung ke komputer melalui USB.

2.2.6.1 Spesifikasi Wemos

Sebagaimana board berbasis ESP8266, wemos D1 memiliki spesifikasi yang sama yaitu :

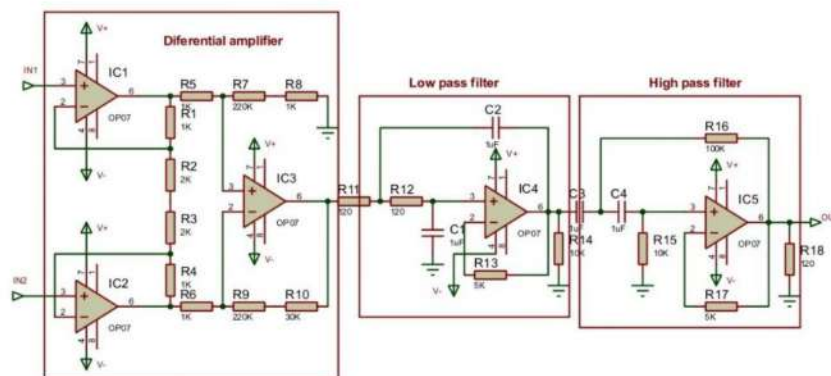
- a. A 32 bit RISC CPU running at 80MHz
- b. 64Kb of instruction RAM and 96Kb of data RAM
- c. 4MB flash memory! Yes thats correct, 4MB!
- d. Wi-Fi• 16 GPIO pins
- e. I2C,SPI
- f. I2S
- g. 1 ADC



Gambar 2.5 Data Sheet Wemos ESP 8265[21]

2.2.7 Modul Sensor EOG

Potensial listrik dihasilkan antara kornea dan retina untuk gerakan ke kiri, kanan, atas, dan bawah yang ditangkap melalui elektroda dan dikirim ke penguat instrumental OP07. Skema rangkaian modul sensor EOG ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Sinyal EOG vertikal maupun horizontal menggunakan rangkaian yang serupa. Sinyal EOG yang diambil ke dalam rangkaian dan noise yang terkait dihilangkan oleh rangkaian filter. Filter high pass aktif dan low pass berfungsi sebagai filter band pass di mana rentang frekuensi sinyal EOG 0,3-15Hz dipertahankan, dan juga menghilangkan komponen frekuensi yang tidak diinginkan dari sinyal EOG mentah. Sinyal EOG yang diperoleh menunjukkan puncak positif untuk gerakan bola mata ke kanan dan atas, dan puncak negatif untuk gerakan bola mata ke kiri dan bawah[22].

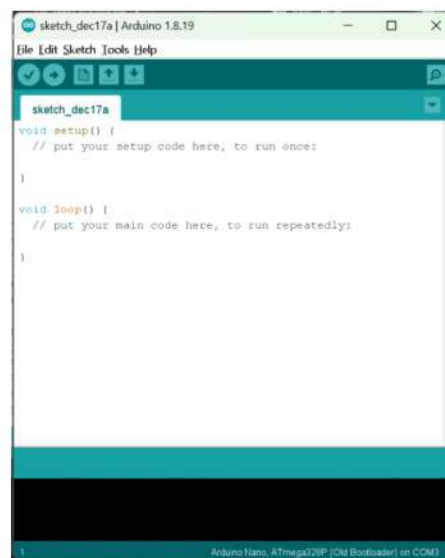


Gambar 2.6 Skema rangkaian modul sensor EOG

2.2.8 Arduino IDE

Hendra dkk dalam bukunya (2017) [21] menuliskan arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat listing program pada arduino yang di

sediakan di situs arduino.cc Arduino IDE (*integrated development Environment*) yang berarti adalah *software* yang terintegrasi sehingga beberapa keperluan disediakan di dalamnya dalam bentuk antarmuka berbasis menu, dengan menggunakan arduino IDE.



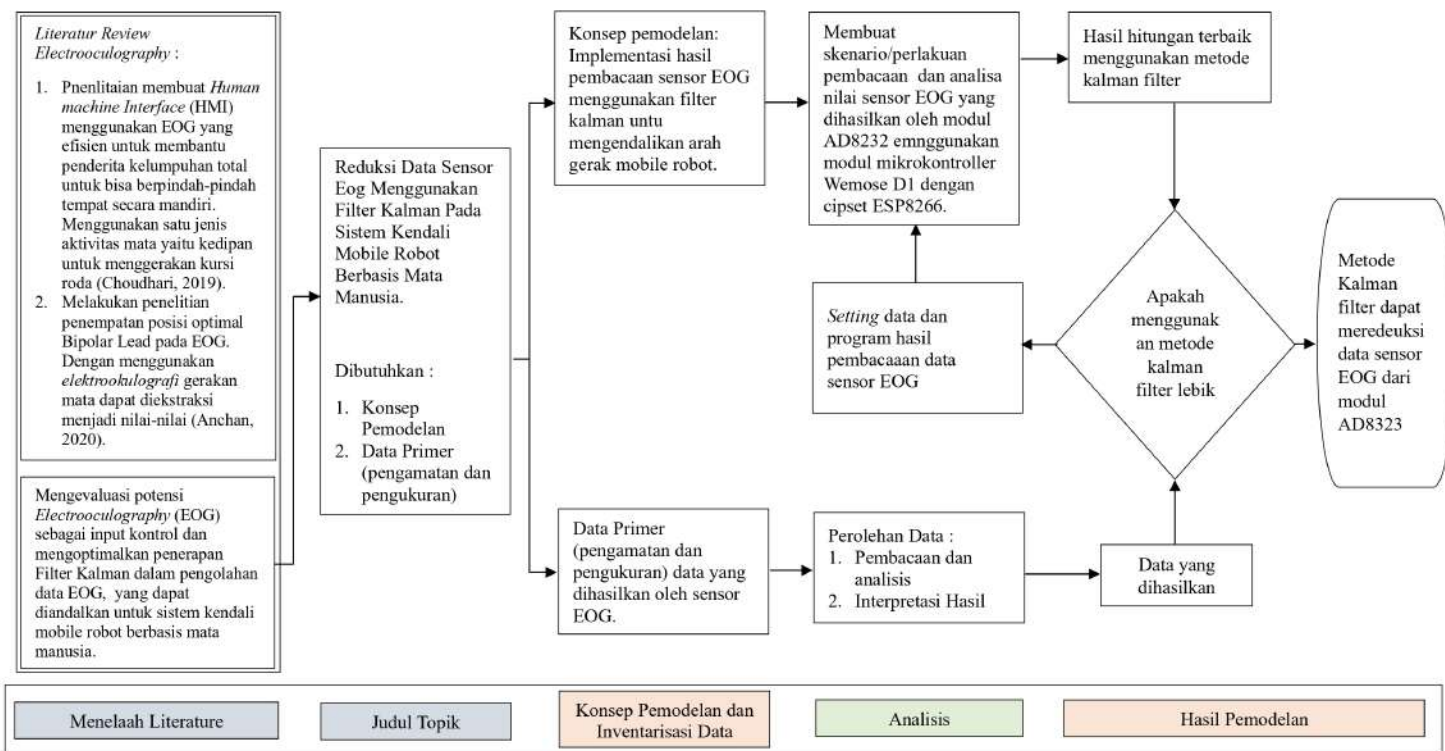
Gambar 2.7 Arduino IDE[21]

2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan suatu konseptualisasi atau gambaran yang memaparkan bagaimana variabel saling terhubung atau berinteraksi satu sama lain [23].

Menurut Sugiyono dalam buku (Priadana, 2021) mendefinisikan sebagai suatu model konseptual yang digunakan sebagai teori yang terkait dengan beberapa faktor yang diidentifikasi sebagai masalah penting. Ini berfungsi sebagai kerangka referensi untuk memahami, menganalisis, dan mengatasi faktor-faktor yang relevan dalam suatu konteks atau permasalahan tertentu [23].

Berdasarkan definisi yang disebutkan sebelumnya, kesimpulannya adalah bahwa kerangka berpikir merupakan kombinasi dari asumsi-asumsi teoretis dan asumsi logis yang digunakan untuk menjelaskan atau menggambarkan variabel-variabel yang sedang diselidiki serta bagaimana hubungan antara variabel-variabel tersebut terbentuk. Hal ini dilakukan dalam konteks upaya untuk mengungkapkan fenomena atau masalah yang sedang diteliti.



Gambar 2.6 Kerangka berpikir

2.4 Hipotesis Penelitian

Dalam penelitian ini, hipotesis terbagi menjadi dua, yakni hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis nol (H_0) umumnya menyiratkan ketiadaan perbedaan atau ketiadaan dampak tertentu, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan adanya perbedaan atau dampak yang signifikan. Hasil pengujian akan membantu dalam menerima atau menolak hipotesis nol (H_0).

a. H_0 (Hipotesis Nol):

Tidak ada perbedaan signifikan dalam kinerja sistem kendali mobile robot berbasis sensor EOG antara penggunaan filter Kalman dan penggunaan metode lainnya yang tidak melibatkan filter Kalman.

b. H_1 (Hipotesis Alternatif):

Penggunaan filter Kalman dalam mengurangi data sensor EOG pada sistem kendali mobile robot berbasis mata manusia secara signifikan akan meningkatkan akurasi dan efisiensi kinerja robot dibandingkan dengan penggunaan metode lain yang tidak melibatkan filter Kalman.