

## **KONTROL ROBOT MENGGUNAKAN GERAKAN MATA BERBASIS SINYAL ELECTROOCULOGRAPHY (EOG)**

**Kemahyanto Exaudi<sup>1)</sup>, Rendyansyah<sup>2)</sup>, Aditya Putra Perdana Prasetyo<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

<sup>2)</sup>Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

e-mail: kemahyanto@ilkom.unsri.ac.id, rdyrysh@gmail.com, aditya.prasetyo@ilkom.unsri.ac.id

Diterima: 28 Mei 2021 – Direvisi: 18 Juni 2021 – Disetujui: 21 Juni 2021

### **ABSTRACT**

*Biomedical technology has now been widely adopted as a means of monitoring the human body in real-time. For example, to detect eye movement. In the medical world, eye movement can be used to determine the type of disease. With the application of human-machine interface (HMI) technology, eyeball movement can be developed in the robotics industry as robot navigation. For example, by moving the eyeball left and right, the robot can interpret the eye signal to move left and right. The interaction between the eyeball movement and the robot is of particular concern in this study. This study aimed to design a measuring instrument for eye movement detection using Electrooculography (EOG) techniques to move a wheeled robot. The EOG measuring instrument consisting of an instrument differential amplifier, a low pass filter, and a high pass filter has been applied in this research. The signal generator technique on EOG is carried out by placing electrodes on three sides of the face, namely forehead (G), left horizontal (H-), right horizontal (H+). The experimental results showed a significant difference between the left and right eye movement amplitude signals. This amplitude is used to classify the movement of the robot wheel towards the left and right. The process of sending robot signals and EOG measuring instruments uses Bluetooth HC-05 serial communication. Based on the research results, it is proven that the robot manages to move left and right according to the eyeball movement.*

**Keywords:** bluetooth, electrode, electrooculography, robot.

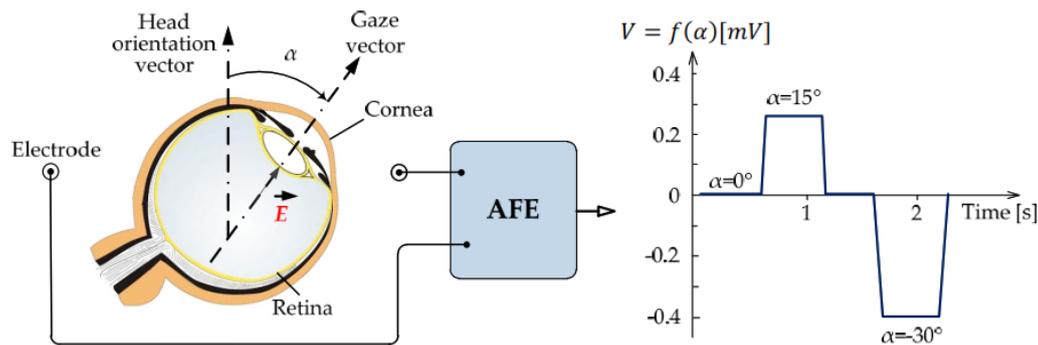
### **ABSTRAK**

*Teknologi modern bidang biomedik saat ini telah banyak digunakan untuk memonitoring fungsi tubuh manusia secara realtime. Salah satu contoh adalah mendeteksi gerakan bola mata. Dalam dunia medis gerakan bola mata dapat digunakan untuk mengetahui jenis penyakit. Dengan adanya teknologi Human Machine Interface (HMI), gerakan bola mata sangat memungkinkan untuk dikembangkan pada bidang industri robotika sebagai navigasi robot. Misalnya dengan menggerakkan bola mata ke kiri dan ke kanan, robot dapat menginterpretasikan sinyal mata untuk bergerak ke kiri dan ke kanan. Interaksi antara gerakan bola mata dengan robot menjadi perhatian khusus pada penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah merancang alat ukur deteksi gerakan mata menggunakan teknik Electrooculography (EOG) untuk menggerakkan robot beroda. Alat ukur EOG yang terdiri dari penguat diferensial instrumen, low pass filter, dan high pass filter telah diterapkan dalam penelitian ini. Teknik pembangkitan sinyal EOG dilakukan dengan menempatkan elektroda pada tiga sisi wajah yaitu dahi (ground), horizontal kiri (H-), horizontal kanan (H+). Hasil pengujian yang telah dilakukan pada alat pengukuran EOG menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara sinyal amplitudo gerakan mata ke kiri dan ke kanan. Amplitudo ini digunakan untuk mengklasifikasi gerakan roda robot ke arah kiri dan kanan. Proses pengiriman sinyal robot dan alat ukur EOG menggunakan komunikasi serial Bluetooth HC-05. Berdasarkan hasil pengujian membuktikan bahwa robot dapat bergerak ke kiri dan ke kanan sesuai dengan gerakan bola mata.*

**Kata Kunci:** bluetooth, elektroda, electrooculography, robot beroda.

## **I. PENDAHULUAN**

**I**LMU biomedik menemukan bahwa sinyal biopotensial dapat dideteksi menggunakan transduser elektroda [1]. Elektroda difungsikan sebagai interface antara kelistrikan didalam tubuh dengan diluar tubuh. Aktivitas listrik dari sel-sel tubuh manusia dapat menimbulkan sinyal listrik sangat



Gambar 1. Representasi penempatan elektroda EOG ideal pada mata [7]

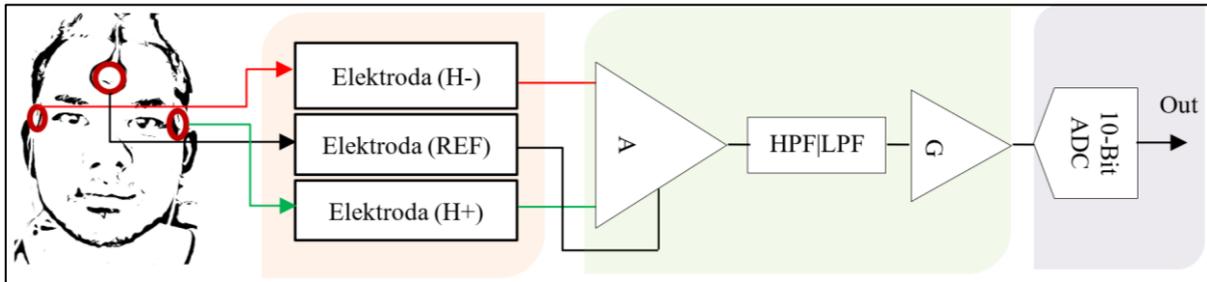
kecil yang disebut sebagai biopotensial [2]. Regenerasi dari revolusi industri 3.0 menuju 4.0 menunjukkan bahwa sistem didalam tubuh manusia tidak menutup kemungkinan dapat dideteksi dan di kendalikan dari luar tubuh manusia melalui teknologi. Hal ini telah dibuktikan dengan banyaknya peralatan biomedis yang dapat mendeteksi seluruh aktifitas sel di dalam tubuh manusia.

Electrooculography (EOG) merupakan teknik untuk mengukur biopotensial antara kornea dan retina saat mengalami pergerakan [3], [4]. Sinyal EOG dapat dianalisa dari bentuk gelombang yang terdiri dari kutub positif dan kutub negatif [5]. Untuk mengetahui perbedaan potensial kedua kutub tersebut dapat dilakukan menggunakan elektroda. Penempatan elektroda dibagi menjadi beberapa bagian yaitu, sisi sebelah kanan dan kiri mata serta bagian dahi [6], [7]. Sistem pengukuran sinyal EOG sangat sederhana dimana posisi kepala dalam keadaan diam, hal ini dilakukan untuk mendapatkan sinyal yang hanya dihasilkan oleh gerakan mata. Selanjutnya mata digerakkan kekiri dan kekanan secara bergantian. Ketika mata bergerak, maka otot mata akan menghasilkan tegangan  $\pm 5mV$  diantara masing-masing elektroda [8]. Elektroda berfungsi mendeteksi sinyal gelombang mata menjadi inputan sinyal analog (AFE). Gerakan mata menyebabkan terjadinya Beda potensial yang dapat direkam untuk menentukan output yang diinginkan. Gambar 1 merupakan representasi penempatan elektroda EOG ideal pada mata.

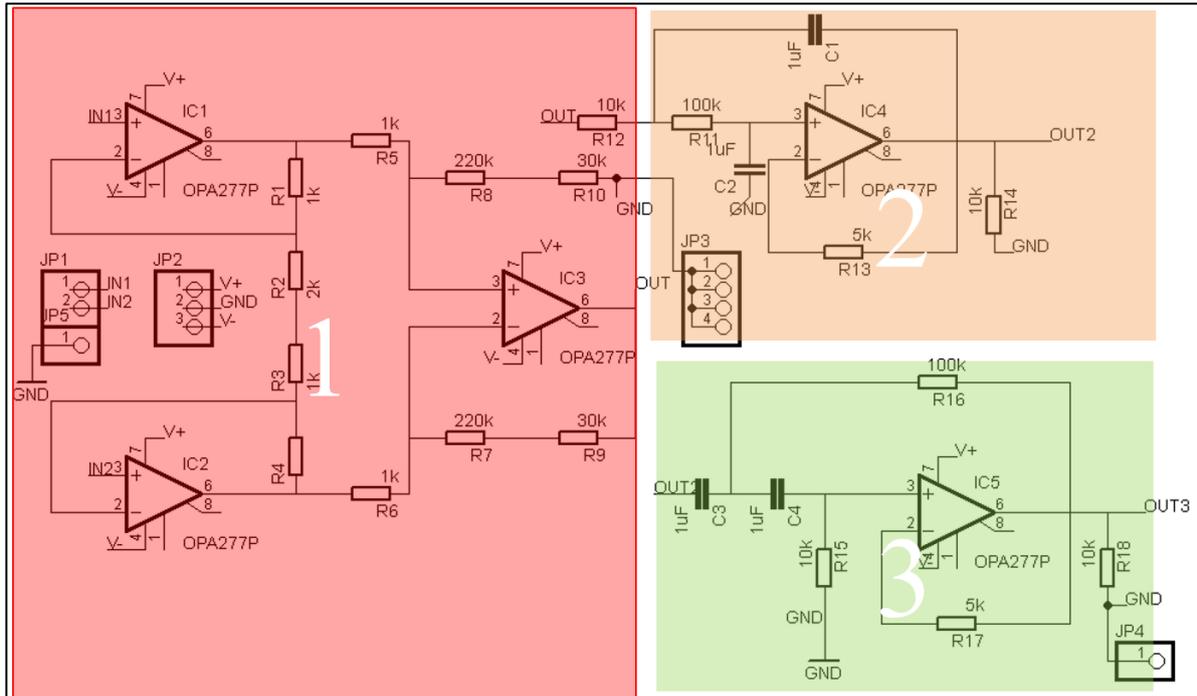
Teknik EOG ini dapat di aplikasikan langsung ke perangkat elektronik dengan sistem Human Machine Interface (HMI) [9]. HMI merupakan sistem yang menghubungkan antara manusia dengan teknologi mesin yang dapat dimonitoring secara realtime, seperti teknologi Robot. Kajian robot saat ini lebih menitikberatkan pada perilaku (behavior) robot itu sendiri [10]. Dengan memanfaatkan teknik EOG ini, peneliti ingin memberikan terobosan baru untuk mengontrol robot jarak jauh dengan sistem Human Computer Interface yang mengintegrasikan perangkat EOG dengan robot beroda.

Robot beroda pada umumnya merupakan robot yang memiliki roda kiri dan kanan yang dikontrol menggunakan motor sebagai penggerak roda [11], [12]. Bergeraknya roda robot biasanya dikendalikan dari jarak dekat maupun jarak jauh. Robot juga dapat berjalan secara otomatis dengan menggunakan berbagai sensor sebagai navigasinya. Seperti yang dilakukan Piyus dkk, Robot dikendalikan dari jarak jauh menggunakan Bluetooth [13]. Dengan memanfaatkan bluetooth smartphone, robot dapat dikendalikan sesuai dengan keinginan pengguna. Akan tetapi penggunaan smartphone membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Sehingga kurang tepat digunakan untuk semua kalangan. Slim dkk, mengontrol navigasi robot menggunakan logika fuzzy [14] dan rendyansyah dkk, melakukan simulasi kontrol navigasi behavior robot menggunakan fuzzy logic [15]. Penggunaan metode fuzzy sangatlah tepat untuk mengendalikan gerakan sebuah robot agar dapat berjalan dengan baik dan dapat menghindari halangan dengan mulus. Akan tetapi penelitian yang dilakukan mengimplementasi metode fuzzy untuk robot yang bergerak secara otonom. Dengan terobosan baru di era industri 4.0 saat ini, tidak menutup kemungkinan sistem tubuh manusia dapat di integrasikan dengan mesin atau perangkat teknologi yang canggih saat ini. Hal ini terbukti di dunia kedokteran dimana sistem pengobatan dini sudah menerapkan komputerisasi yang handal. Selain itu, peralatan medis yang canggih mampu berinteraksi dengan pasien tanpa harus berinteraksi secara langsung dengan tim medis.

Berdasarkan temuan yang telah dijabarkan diatas, maka pada penelitian ini berfokus pada merancang alat ukur EOG untuk mendapatkan sinyal gerakan mata kekiri dan kekanan. Kemudian diklasifikasikan menjadi 2 kondisi yaitu, belok kiri dan belok kanan. Hasil klasifikasi sinyal EOG selanjutnya digunakan untuk memerintahkan robot beroda bergerak sesuai dengan gerakan mata. Interaksi antara alat ukur EOG



Gambar 2. Diagram Blok Rancangan Alat Ukur Sinyal EOG. (A: Operational Amplifier; HPF: High-Pass filter; LPF: Low-Pass Filter; G: Gain)



Gambar 3. Rangkaian penguat sistem alat ukur EOG; (1) Rangkaian Diferensial amplifier, (2) Rangkaian Low pass filter, (3) Rangkaian High pass filter

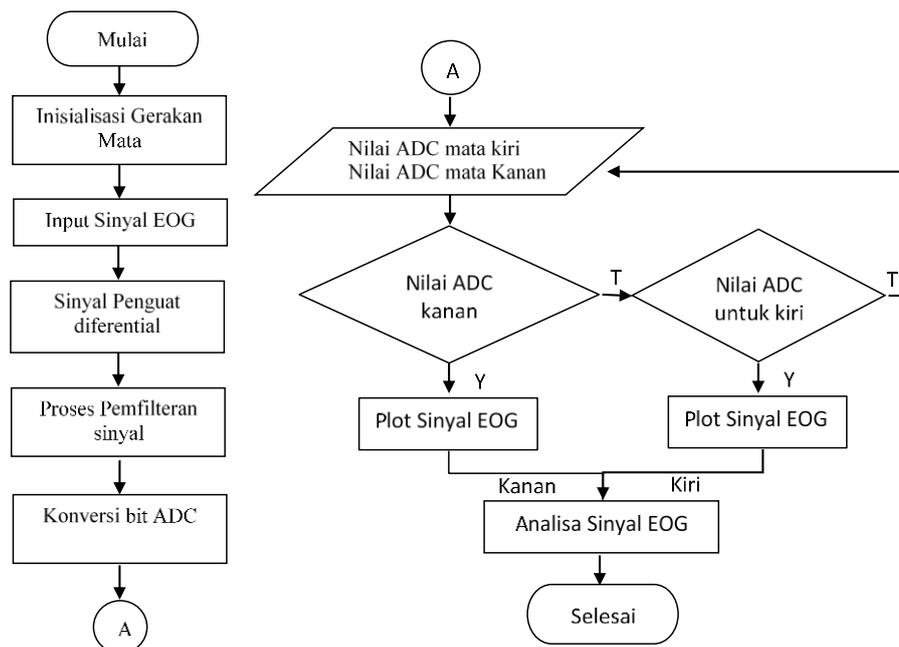
dan robot berada menggunakan komunikasi wireless yang terdiri dari pengirim (Transmitter) dan penerima (Receiver) [16]. Perangkat transmitter digunakan pada alat ukur EOG dan perangkat receiver digunakan pada robot berada.

## II. METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini ditulis menjadi 3 bagian utama, yaitu tahap pertama adalah merancang alat ukur EOG dan elektroda, selanjutnya adalah merancang robot berada menggunakan bluetooth dan mengintegrasikan alat ukur EOG dengan robot berada melalui komunikasi bluetooth.

### A. Alat Ukur Sinyal EOG dan Elektroda

Tahap perancangan alat ukur EOG pada penelitian ini dilakukan berdasarkan elektroda yang digunakan sebagai sensor. Elektroda ini berfungsi sebagai interface antara sistem kelistrikan di dalam tubuh dengan sistem listrik diluar tubuh. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa sinyal listrik yang berasal dari dalam tubuh masih sangat kecil. Hal ini menyulitkan untuk melakukan pembacaan menggunakan komputer. Maka dari itu dibutuhkan sebuah rangkaian pendukung yaitu penguat diferensial. Keluaran dari rangkaian penguat inilah yang menjadi acuan untuk mendapatkan grafik sinyal EOG dari gerakan mata. Gambar 2 merupakan diagram blok sistem alat ukur sinyal EOG menggunakan ADC 10 bit. Gambar 3 menunjukkan Rangkaian penguat sistem alat ukur EOG.



Gambar 4. Diagram alir proses sinyal EOG

Sistem rangkaian EOG yang dirancang terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu *instrument amplifier* (*Non-Inverting*), filter frekuensi *high pass filter* (HPF) dan *low pass filter* (LPF). Untuk mendapatkan frekuensi *cut-off* dari kedua filter dapat menggunakan Persamaan 1.

$$f = \frac{1}{2\pi} \quad (1)$$

dimana  $f$  merupakan frekuensi yang dihasilkan.

Filter HPF berfungsi untuk melewatkan frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan daerah *cut-off* dan meredam frekuensi dibawah *cut-off*. Filter LPF berfungsi untuk melewatkan frekuensi yang lebih rendah dari daerah *cut-off* dan meredam frekuensi diatas *cut-off* [17]. Untuk mendapatkan nilai frekuensi HPF dan LPF dapat menggunakan Persamaan 2 dan 3.

$$f^H = \frac{1}{2\pi\sqrt{R15xR17xC3xC4}} \quad (2)$$

$$f^L = \frac{1}{2\pi\sqrt{R11xR12xC1xC2}} \quad (3)$$

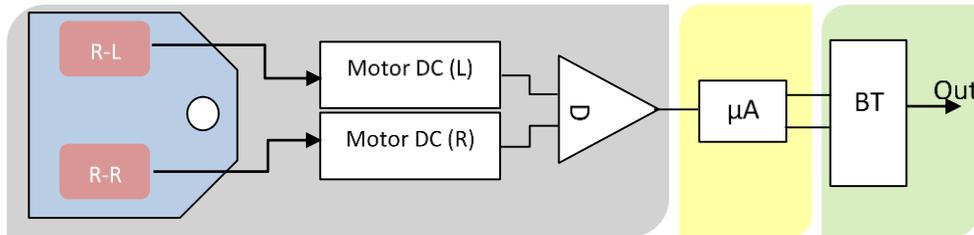
dimana  $f^H$  untuk filter HPF dan  $f^L$  untuk filter LPF.

Secara umum filter yang digunakan pada penelitian ini untuk mereduksi sinyal *noise* yang dihasilkan bersamaan dengan sinyal asli EOG. Sinyal yang telah melewati pemfilteran selanjutnya dikirim ke ADC mikrokontroler arduino dan dikonversi untuk menghasilkan nilai beda potensial. Beda potensial yang dihasilkan EOG dikonversi lagi untuk dapat dibaca oleh komputer dala bentuk grafik. Adapun diagram alir proses sinyal EOG dapat dilihat pada Gambar 4.

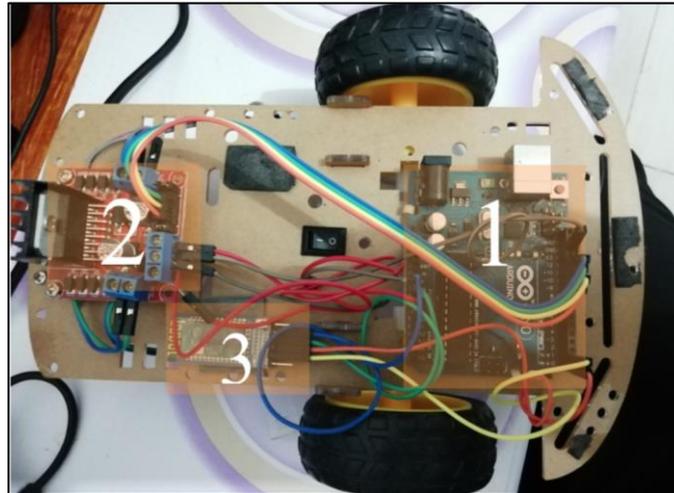
### B. Rancangan Robot Beroda

Perancangan perangkat keras robot beroda ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu roda menggunakan 2 buah kiri dan kanan, motor DC menggunakan 2 unit, mikrokontroler menggunakan arduino dan Bluetooth untuk menerima sinyal dari EOG. Gambar 5 menunjukkan diagram blok perancangan robot beroda. Gambar 6 merupakan hasil rancang bangun robot beroda terintegrasi dengan Bluetooth HC-05.

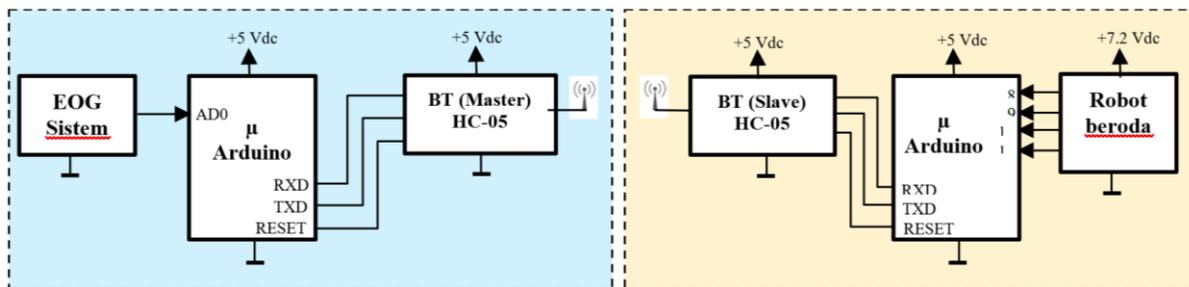
Robot beroda ini memiliki 3 bagian roda yaitu kiri, kanan dan bebas. Roda kiri dan kanan difungsikan untuk robot bergerak maju, mundur, belok kiri dan belok kanan. Sedangkan roda bebas difungsikan untuk mengikuti kemana arah roda kiri dan kanan bergerak. Modul *driver motor* DC seri L293D difungsikan untuk memberikan arus yang cukup untuk menggerakkan roda kiri dan kanan [18].



**Gambar 5.** Diagram Blok rancangan robot beroda. (R-L: Roda Kiri; R-R: Roda Kanan; D: Driver L293D;  $\mu$ A: Mikrokontroler Arduino; BT: Bluetooth HC)



**Gambar 6.** Hasil rancang bangun robot beroda terintegrasi dengan Bluetooth HC-05; (1) Modul Arduino Uno, (2) Modul Driver L293D, (3) Bluetooth HC-05



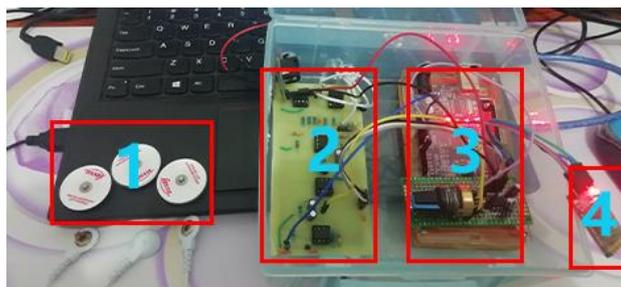
**Gambar 7.** Blok diagram integrasi perangkat EOG dan robot menggunakan komunikasi wireless

Penggunaan modul driver ini dikarenakan suplai arus dari mikrokontroler arduino relatif kecil. Sehingga tidak dapat untuk menggerakkan motor DC yang membutuhkan arus dengan nilai Ampere yang cukup besar. Mirkokontroler arduino untuk difungsikan memproses atau mengontrol seluruh proses sinyal masuk dan keluar sesuai yang dibutuhkan. Bluetooth pada robot ini difungsikan sebagai penerima sinyal dari perangkat EOG melalui sistem wireless. Sinyal yang diterima Bluetooth kemudian di kirimkan ke arduino untuk diproses sesuai dengan kondisi logika yang di desain didalam program.

Mirkokontroler arduino untuk difungsikan memproses atau mengontrol seluruh proses sinyal masuk dan keluar sesuai yang dibutuhkan. Bluetooth pada robot ini difungsikan sebagai penerima sinyal dari perangkat EOG melalui sistem wireless. Sinyal yang diterima Bluetooth kemudian di kirimkan ke arduino untuk diproses sesuai dengan kondisi logika yang di desain didalam program.

### C. Integrasi Alat ukur EOG dengan Robot Beroda

Tahap ini melakukan integrasi antara alat ukur sistem EOG dengan robot beroda. Komunikasi kedua sistem menggunakan Bluetooth HC-05. Sinyal yang dihasilkan alat ukur EOG dijadikan sebagai sinyal masukan robot. Saat mata bergerak kekiri maka roda kiri robot berputar dan perilaku robot akan berbelok ke kiri begitu pula sebaliknya dengan kanan. Gambar 7 merupakan diagram blok sistem alat ukur EOG dengan Bluetooth.



Gambar 8. Alat ukur sinyal EOG terintegrasi dengan Bluetooth HC-05; (1) Elektroda, (2) Modul Rangkaian diferensial amplifier, (3) Modul Mikrokontroler arduino dan (4) Modul Bluetooth HC05



Gambar 9. Implementasi sensor elektroda pada alat ukur EOG terhadap subjek pengujian; (1) Alat ukur Sinya EOG, (2) Elektroda Horizontal H+, (3) Elektroda Horizontal H-, (4) Ground

Algoritma 1. Proses mendapatkan nilai ADC Kiri	Algoritma 2. Proses mendapatkan Sinyal Kanan
<pre> 1: ADCdata = data dari ADC 10bit 2: Left = ADCdata - 20 3: Right = ADCdata + 20 4: if (ADCdata &gt; Right) &amp;&amp; (x == 0) then 5:   x = 1 //Klasifikasi untuk kiri 6: end if 7: if (ADCdata &lt; Left) &amp;&amp; (x == 1) then 8:   x = 2 // Mata gerak kekiri 9: end if 10: if (ADCdata &lt; Left) &amp;&amp; (x == 2) then 11:   x = 0 //Mata gerak kekiri 12: end if </pre>	<pre> 1: if (ADCdata &lt; Left) &amp;&amp; (x == 0) then 2:   x = 3 //Klasifikasi untuk kanan 3: end if 4: if (ADCdata &gt; Right) &amp;&amp; (x == 3) then 5:   x = 4 // Mata gerak kekanan 6: end if 7: if (ADCdata &gt; Right) &amp;&amp; (x == 4) then 8:   x = 0 //Mata gerak kekanan 9: end if </pre>

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini dijabarkan beberapa hasil pengujian dan pembahasan dari sistem perancangan yang telah dilakukan. Berikut tahapan-tahapan dalam pengujian dan pembahasan hasil penelitian.

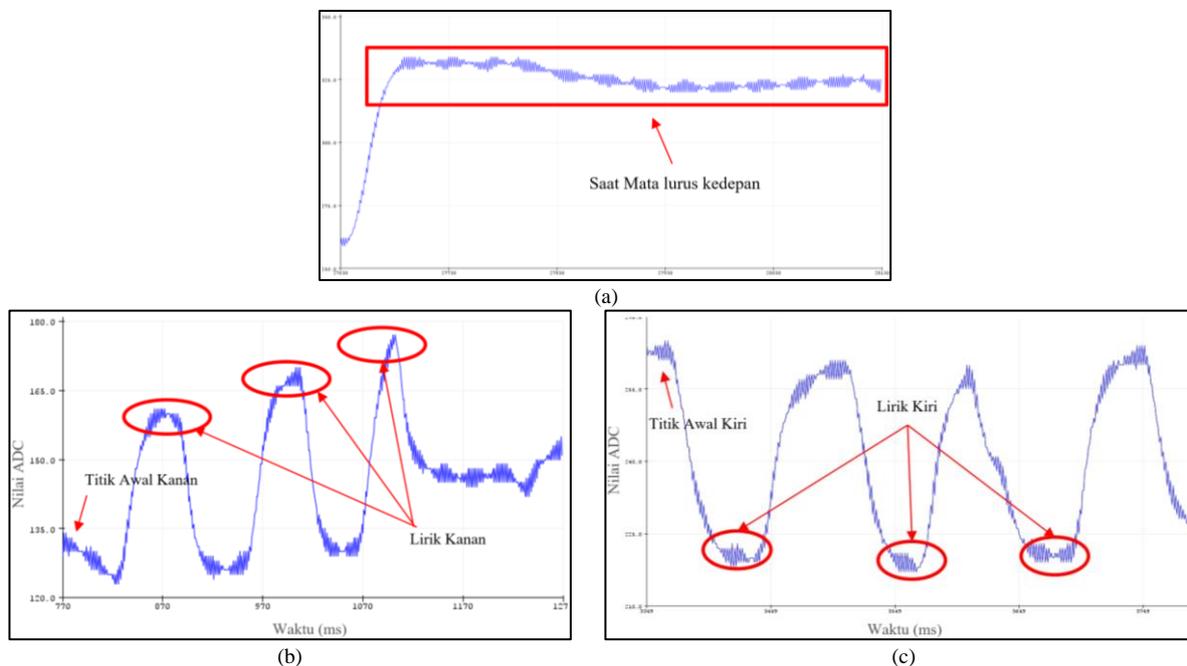
#### A. Hasil rancangan alat ukur sistem EOG

Alat ukur sistem EOG telah berhasil di rancang sedemikian rupa sehingga alat ini berfungsi dengan baik dalam mendeteksi gerakan mata kekiri dan kekanan. Elektroda difungsikan sebagai sensor konduktor deteksi otot mata, Modul Rangkaian diferensial amplifier berfungsi sebagai penguat tegangan dari sensor elektroda, Modul Mikrokontroler arduino sebagai pusat pemroses sinyal dan Modul Bluetooth HC05 berfungsi sebagai Pengirim sinyal ke robot beroda. Hasil implementasi alat ukur EOG dengan sensor elektroda dapat dilihat pada Gambar 8.

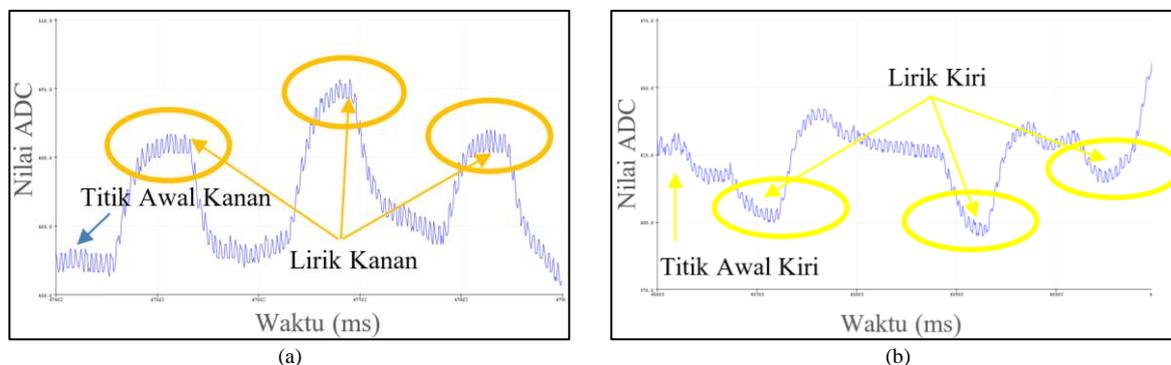
Logika perangkat lunak yang didesain menggunakan bahasa C platform arduino berlisensi open source. Perancangan algoritma perangkat lunak pada sistem EOG ini dibagi menjadi dua kondisi yaitu, kondisi saat menoleh kekiri ditunjukkan pada Algoritma 1 dan saat menoleh ke kanan yang ditunjukkan pada Algoritma 2. Untuk kondisi yang lain seperti melihat ke atas dan kebawah diterapkan pada penelitian selanjutnya. Sedangkan untuk hasil implementasi alat ukur EOG terhadap mata manusia dapat dilihat pada Gambar 9.

TABEL 1  
DATA PERGERAKAN ROBOT BERODA MENGGUNAKAN BLUETOOTH

Roda Kanan		Roda Kiri		Status Robot	Bluetooth		
S1	S2	S1	S2		Data	Indikator (Rx)	Status
1	0	1	0	Maju	"1"	Blinked	Receive
0	1	0	1	Mundur	"2"	Blinked	Receive
0	0	1	0	Belok Kanan	"3"	Blinked	Receive
1	0	0	0	Belok Kiri	"4"	Blinked	Receive



Gambar 10. Hasil Sinyal EOG pada Subjek pertama; (a) saat bola mata lurus kedepan, (b) saat gerak mata kekanan dan (c) saat gerak mata kekiri



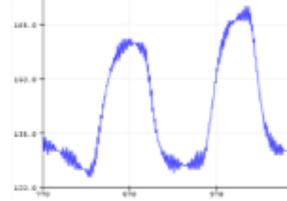
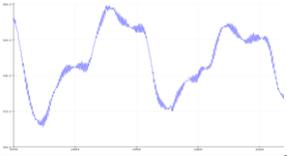
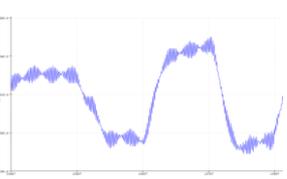
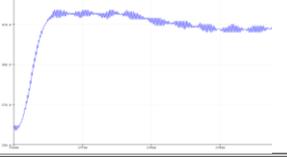
Gambar 11. Hasil Sinyal EOG pada Subjek Kedua; (a) saat gerak mata kekanan, (b) saat gerak mata kekiri

**B. Hasil rancangan robot beroda**

Robot beroda ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu roda menggunakan 2 buah kiri dan kanan, motor DC berjumlah 2 unit dan menggunakan tegangan 12 volt, mikrokontroler menggunakan arduino dan Bluetooth untuk menerima sinyal dari alat ukur EOG. Bentuk Robot beroda yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 6. Sebelum melakukan pengujian terhadap alat ukur EOG yang telah dibuat, Pengujian pergerakan robot beroda dilakukan menggunakan Bluetooth *smartphone*. Tujuannya adalah untuk mengetahui perilaku robot saat menerima perintah melalui Bluetooth. Tabel 1 menunjukkan data pengujian robot terhadap Bluetooth *smartphone*.

Berdasarkan proses pengujian yang telah dilakukan, Hasil fluktuasi sinyal EOG yang diperoleh memiliki karakteristik yang sama ketika melihat kiri atau kanan dengan orang yang berbeda-beda. Sampel yang diteliti terdiri dari 2 orang dengan kondisi mata yang berbeda-beda. Keterangan informasi kondisi mata masing-masing subjek sesuai dengan keadaan sebenarnya berdasarkan keterangan subjek. Berikut adalah dua kondisi mata dari subjek pengujian.

TABEL 2  
DATA PENGIRIMAN SINYAL EOG KE ROBOT BERODA MENGGUNAKAN BLUETOOTH

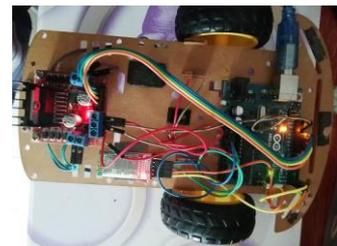
Pola Sinyal EOG	Gerakan Mata	Set Data Bluetooth	Aksi Robot
	Melirik Kekanan	"3"	Perintahkan Robot Belok Kanan
	Menoleh Kekanan		
	Melirik Kekiri	"4"	Perintahkan Robot Belok Kiri
	Menoleh kekiri		
	Lurus ke depan	" "	Robot Tidak Bergerak



(a)



(b)



(c)

Gambar 12. Hasil skenario integrasi sistem alat ukur EOG dengan sistem robot beroda menggunakan Bluetooth; (a) Pemasangan sensor Elektroda pada wajah, (b) Alat Ukur Sinyal EOG menggunakan bluetooth (pengirim), (c) Robot Beroda menggunakan bluetooth (penerima)

1) *Subjek pertama (mata normal)*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat mata melirik kekanan grafik sinyal EOG selalu menunjukkan kearah puncak (atas). Saat mengarah ke kiri maka grafik sinyal EOG selalu menunjukkan ke Lembah (bawah). Gambar 10 adalah grafik hasil pengujiannya.

2) *Subjek kedua (mata kanan normal, mata kiri tidak normal (tumor/tumbuh daging))*

Pengujian subjek ke dua ini, kondisi mata kanan normal tetapi mata kiri terdapat tumor daging. Sehingga mata kiri tidak berfungsi dengan baik dalam penglihatan tetapi masih dapat bergerak kekanan dan kekiri. Gambar 11 merupakan hasil pengujiannya.

*C. Hasil integrasi sistem EOG dan sistem robot beroda*

Tahapan terakhir pada penelitian ini adalah mengintegrasikan alat ukur EOG dengan robot beroda melalui komunikasi serial Bluetooth. Mekanisme kerjanya yaitu, gerakan mata yang menghasilkan sinyal EOG dikirimkan ke Robot beroda melalui Bluetooth (pengirim). Robot beroda menerima sinyal yang diterima melalui Bluetooth (penerima) dan diterjemahkan kedalam bentuk data untuk menggerakkan motor DC kekanan atau kekiri. Tabel 2 merupakan data hasil pengujian sinyal EOG untuk menggerakkan Robot Beroda. Skenario integrasi alat ukur EOG dan Robot beroda ditunjukkan pada Gambar 12.

**IV. KESIMPULAN**

Penelitian ini fokus pada rancangan alat ukur Electrooculography (EOG) yang dapat mendeteksi gerakan mata manusia untuk digunakan sebagai navigasi robot beroda. Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa gerakan bola mata manusia kekiri dan kekanan baik secara melirik maupun menoleh berhasil dideteksi menggunakan alat ukur Electrooculography (EOG). Keluaran alat EOG diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu kekiri dan kekanan. Sinyal tersebut kemudian diimplementasikan untuk navigasi robot beroda secara komunikasi wireless menggunakan bluetooth. Ketika alat EOG membentuk pola sinyal puncak maka bluetooth mengirimkan nilai 3 untuk memerintahkan robot bergerak kekiri, sedangkan pola sinyal lembah bluetooth mengirimkan nilai 4 untuk robot bergerak ke arah kiri.

Penelitian ini masih pengembangan tahap awal dimana sinyal EOG yang dihasilkan belum stabil dan memiliki noise yang cukup besar serta klasifikasi untuk menentukan gerak kiri dan kanan masih berdasarkan nilai ADC. Hal ini menyulitkan pengambilan data sehingga butuh percobaan berkali-kali untuk mendapatkan sinyal yang tepat sehingga robot dapat bergerak. Maka dari itu pengembangan selanjutnya dapat dilakukan pemfilteran sinyal untuk meminimalisir noise pada sinyal EOG dan klasifikasi gerakan mata dapat dilakukan dengan menggunakan metode analisis sinyal yang tepat. Sehingga penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar kontribusi dalam bidang medis pada penerapan kursi roda otomatis bagi pengguna disabilitas.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini dibiayai oleh: Anggaran DIPA Badan layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2020. Nomor SP DIPA-023.17.2.677515/2020, tanggal 16 maret 2020. Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0684/UN9/SK.BUK.KP/2020 Tanggal 15 Juli 2020.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] R. Anchan, A. Pillay, A. Kale, A. Bhadracha, and S. P. Ram, "Optimal Bipolar Lead Placement in Electrooculography (EOG): A Comparative Study with an Emphasis on Prolonged Blinks," in *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2020, pp. 1–7.
- [2] J. Malmivuo and R. Plonsey, *Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. New York: Oxford University Press, 1995.
- [3] M. R. Kim and G. Yoon, "Control Signal from EOG Analysis and Its Application," *Int. Sch. Sci. Res. Innov.*, vol. 7, no. 10, pp. 1352–1355, 2013.
- [4] Triadi, I. Wijayanto, and S. Hadiyoso, "Mouse Menggunakan Sinyal Electrooculogram Menggunakan Metode Continuous Wavelet Transform," *e-proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 5279–5284, 2018.
- [5] A. B. Kanwade, R. V. Gone, S. J. Ahire, and A. R. Borkar, "Study of EOG signal generation, Analyses, and acquisition system," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 04, no. 04, pp. 3378–3382, 2017.
- [6] W. S. M. Sanjaya, D. Anggraeni, R. Multajam, M. N. Subkhi, and I. Muttaqien, "Design and Experiment of Electrooculogram ( EOG ) System and Its Application to Control Mobile Robot," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 180, no. 012072, 2017.
- [7] J. Ma, Y. Zhang, A. Cichocki, and F. Matsuno, "A Novel EOG / EEG Hybrid Human-Machine Interface Adopting Eye Movements and ERPs: Application to Robot Control," vol. 9294, no. c, pp. 1–14, 2014.
- [8] J. D. Creel, "The Electroretinogram and the Electro-oculogram: Clinical Applications," 2012. [Online]. Available: <http://webvision.umh.es/Webvision/ClinicalERG.html>.
- [9] L. Y. Deng, C. Hsu, T. Lin, J. Tuan, and S. Chang, "Expert Systems with Applications EOG-based Human – Computer Interface system development," *Expert Syst. Appl.*, vol. 37, no. 4, pp. 3337–3343, 2010.
- [10] A. R. Chaidir, G. A. Rahardi, K. Anam, G. A. Rahardi, and K. Anam, "Navigasi robot bergerak berdasarkan landmark garis menggunakan kontroler Braitenberg dan pengolahan citra Mobile robot navigation based on line landmarks using the Braitenberg controller," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. July, pp. 185–191, 2020.
- [11] A. Amirkhani, M. Shirzadeh, M. H. Shojaeefard, and A. Abraham, "Controlling wheeled mobile robot considering the effects of uncertainty with neuro-fuzzy cognitive map," *ISA Trans.*, vol. 100, pp. 454–468, 2020.
- [12] A. Wibisono, "Desain Robot Beroda dengan Sistem Kendali Headset Gelombang Otak," *Joined J. (Journal Informatics Educ. Vol 3 No 2 Vol. 3 Nomor 2 (2020)DO - 10.31331/joined.v3i2.1234*, Dec. 2020.
- [13] P. S. Shringare, A. A. Bokde, N. U. Kashte, and S. S. Raut, "Smart Phone Based Robot for Domestic purpose using Bluetooth .," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 694–697, 2018.
- [14] M. S. Masmoudi, N. Krichen, M. Masmoudi, and N. Derbel, "Fuzzy Logic Controllers Design For Omnidirectionnal Mobile Robot

- Navigation,” *Appl. Soft Comput. J.*, 2016.
- [15] K. Exaudi, A. P. P. Prasetyo, and others, “Navigasi Berbasis Behavior dan Fuzzy Logic pada Simulasi Robot Bergerak Otonom,” *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [16] S. Aparigraha, W. Kurniawan, and A. S. Budi, “Implementasi Metode Complementary Filter pada Pengendali Robot Mobil menggunakan Gestur Tangan Manusia,” *J. Peng. Tek. Inf. Ilm. Kom.* vol. 3, no. 10, pp. 9788–9797, 2019.
- [17] J. Karki, “Active low-pass filter design,” *Texas Instruments Appl. Rep.*, 2000.
- [18] W. Wijaya, F. Syahroni, C. D. Mulyadi, W. Sani, A. Lukman, and H. P. Nurba, “Two Axis Simple CNC Machines Based on Microcontroller and Motor Driver Shield IC L293D,” in *2020 14th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, 2020, pp. 1–5).