

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KENDALI LAMPU BERBASIS  
ELEKTROOKULOGRAFI  
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CONTROLLED LAMP BASED ON  
ELECTROOCULOGRAPHY**

Izzaturrahman<sup>1</sup>, Mohamad Ramdhani, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Agung Surya Wibowo, S.T., M.T.

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>izzaturrahman.d@gmail.com, <sup>2</sup> mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>

agungsw@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

*Electrooculography* (EOG) merupakan teknik merekam pergerakan mata. EOG dapat membantu perekaman aktivitas otot mata sebagai acuan penelitian pola pergerakan bola mata, kelainan otot mata. EOG dapat diolah menjadi masukan pada sistem kontrol untuk membantu aktivitas manusia, khususnya untuk penderita disabilitas. Dalam konteks system kontrol sinyal EOG perlu diklasifikasikan agar dapat menjadi input sistem kontrol.

Prinsip kerja sistem ini adalah dengan akuisisi sinyal EOG menggunakan elektroda dan sensor EOG. Kemudian sinyal tersebut diproses oleh mikrokontroler untuk diklasifikasikan dan diolah deranya dengan *exponential filter*. Dimana output berupa nyala mati lampu sesuai dengan pola sinyal EOG.

Data yang didapat dengan menggunakan sampel sebanyak sepuluh orang sebanyak 60% sampel dapat mengontrol lampu dengan baik, sementara 40% sisanya mengalami error. Nilai ADC untuk gerakan mata ke kanan diatas 500, sedangkan nilai ADC gerakan ke kiri dibawah 470. Perbedaan kondisi nilai ADC dipengaruhi oleh perbedaan kondisi kulit sebagai perantara EOG dengan tubuh, serta tingkat sensitivitas sensor perangkat. *Derau* perangkat dapat sangat dipengaruhi oleh lingkungan, adanya tegangan AC disekitar menimbulkan *derau* pada perangkat. Dari data pengujian sampel yang berhasil perangkat memiliki kerakurasian sebesar 60,12% keberhasilan.

**Kata kunci:** *electrooculography, lampu, exponential filter.*

#### Abstract

*Electrooculography* (EOG) is a technique of recording the movement of the eye. EOG can help the recording of eye muscle activity as a reference research of eye movement patterns, eye muscle abnormalities. EOG can be processed into inputs on the control system to assist human activities, especially for people with disabilities. In the context of the EOG signal control system needs to be classified in order to become the input control system.

The working principle of this system is by acquisition of EOG signal using electrode and EOG sensor. Then the signal is processed by microcontroller to be classified and processed noise with exponential filter. Where the output is a flame off lamp corresponds to the EOG signal pattern.

The data obtained by using sample as many as ten people as much as 60% of samples can control the lamp well, while the remaining 40% have errors. ADC values for right eye movements above 500, while ADC values of movement to the left below 470. Differences in ADC value conditions are affected by differences in skin conditions as EOG intermediaries with the body, as well as sensitivity level of device sensors. The noise of the device can be greatly influenced by the environment, the presence of an AC voltage around the noise level of the device. From the successful sample test data the device has a 60.12% success rate.

**Keywords:** *electrooculography, lamp, exponential filters.*

#### 1. Pendahuluan

Mata manusia memiliki pola pergerakan yang berbeda-beda, terdapat berbagai percobaan untuk menganalisa pergerakan tersebut. Sebagai contoh percobaan meneliti pergerakan mata adalah dengan rekam gambar dan mengamati satu persatu gambar tersebut. [7] Di sisi lain manusia memiliki sinyal-sinyal listrik yang dinamakan sinyal biopotensial. Contoh dari sinyal biopotensial adalah sinyal *Electrooculogram* yaitu sinyal listrik yang berasal dari pergerakan otot mata. Alat yang digunakan untuk merekam sinyal ini adalah EOG (*Electrooculograph*). EOG memiliki

banyak kegunaan, bisa untuk menentukan adanya kerusakan pada jaringan otot mata. Juga dapat digunakan untuk memonitoring proses tidur manusia dengan memonitoring adanya *Rapid Eye Movement* (REM), dll. Sinyal biopotensial ini juga dapat menjadi acuan input suatu sistem kontrol, secara harfiah bisa diimplementasikan sebagai kontroler sistem kontrol. [8]

Permasalahan sederhana dari EOG adalah bagaimana cara merepresentasikan sinyal-sinyal EOG tersebut. Sehingga dapat diketahui bahwa pola tersebut merupakan gerakan mata tertentu. Dengan permasalahan tersebut menjadi landasan percobaan ini. Dengan menganalisa input sinyal EOG, dan mengklasifikasikan menggunakan mikrokontroler dapat ditentukan pola-pola EOG. Sebagai representasi sederhana dari sinyal EOG tersebut digunakanlah sistem output *on-off* nyala lampu.

Maka tujuan penelitian ini adalah merancang implementasi gerak mata melalui prinsip EOG agar dapat dijadikan input kontrol sederhana sistem elektronika, yaitu nyala-mati lampu AC. menentukan pola sinyal EOG sehingga dapat dijadikan algoritma kontrol untuk sistem yang lain bukan hanya untuk menyala-matikan lampu. Lampu yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu LED yang dikontrol dengan saklar relay.

Di dalam penelitian ini pola-pola sinyal EOG merepresentasikan pergerakan mata antara melihat ke kanan atau ke kiri. Tujuan utama penelitian ini untuk mengontrol saklar relay dengan sinyal EOG yang telah diklasifikasikan. Dikarenakan sistem sensor EOG memiliki *derau* maka digunakan proses *smoothing signal*, yaitu dengan metode *exponential filter*. Komposisi otot mata tiap manusia berbeda-beda, dan tentu hal ini merefleksikan sinyal EOG yang berbeda pula. Dengan demikian proses pengambilan data dilakukan dengan mengambil data minimal dari lima orang. Hasil tersebut kemudian dianalisa apakah subjek penelitian dapat mengontrol lampu menggunakan EOG atau tidak.

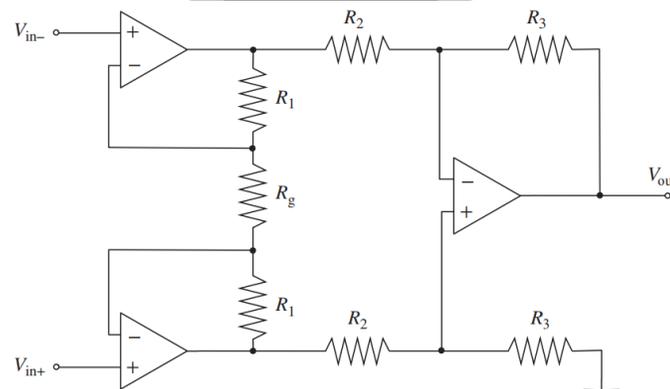
## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1 Rangkaian Elektronika EOG

#### 2.1.1 Instrumentasi Amplifier (Differential Amplifier)

Instrumentasi amplifier berfungsi sama sebagai penguat differensial. Digunakan untuk memperkuat perbedaan antara input positif dan negatif. Aplikasi praktis yang khas mungkin berada dalam mesin EKG (elektrokardiogram), di mana perbedaan kecil dalam tegangan antara elektroda yang ditempatkan di dada pasien diperkuat untuk menghasilkan jejak detak jantung yang khas. [3]

Amplifier instrumentasi memiliki buffer input yang memberikan kinerja superior ke amplifier pembeda dasar dan meskipun dapat membangun penguat instrumentasi dari tiga op amp reguler (lihat Gambar 2-1). Aplikasi sistem ini biasa untuk menggunakan IC penguat instrumentasi tujuan khusus yang mencakup resistor yang cocok secara akurat yang diperlukan untuk operasi yang tepat. Instrumentasi amplifier memiliki penolakan mode umum yang sangat baik.



Gambar 2-1 Rangkaian penguat instrmentasi

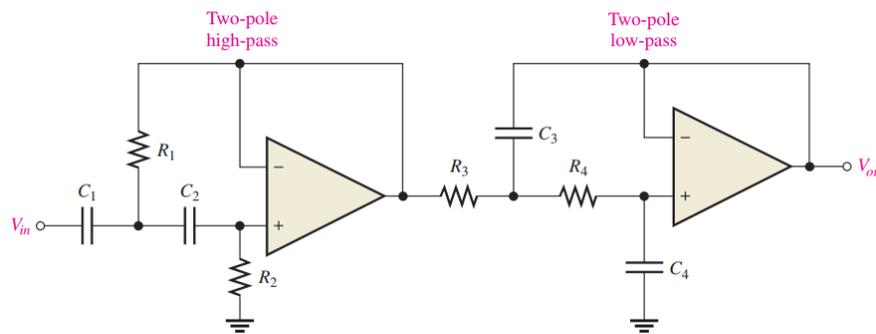
Resistor-resistor R1 harus bernilai sama agar bekerja. Jika Rg dihilangkan maka amplifier (penguat) akan memiliki unity gain. Lain halnya jika masih ada Rg, penguatan amplifier akan menjadi:

$$\frac{V_{out}}{V_{in+} - V_{in-}} = \left( 1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \frac{R_3}{R_2} \tag{2-1}$$

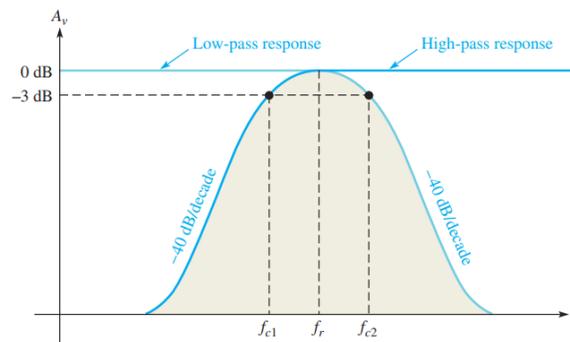
Nilai resistor Rg dapat mengubah keseluruhan penguatan sistem instrumentasi amplifier.

**2.1.2 Filter**

Filter adalah sirkuit yang mampu melewati rentang frekuensi tertentu sambil memblokir frekuensi lainnya. Ada empat jenis filter yaitu Low Pass, High Pass, Bandpass, dan Bandstop (Notch) filter. [3] Filter low-pass melewati komponen frekuensi rendah dari sinyal input, sementara high-pass filter melewati komponen frekuensi tinggi. Filter bandpass melewati rentang frekuensi yang berpusat di sekitar frekuensi resonansi filter, sementara bandstop filter melewatkan semua frekuensi kecuali yang ada dalam pita sempit yang berpusat di sekitar filter frekuensi resonansi. Sinyal EOG memiliki cakupan frekuensi 0.5-20 Hz, dengan adanya filter ini derau sinyal diluar 0.5-20 Hz dapat direduksi. Berikut teori dasar perancangan filter bandpass. [3]



Gambar 2-2 Rangkaian op-amp bandpass filter orde 2



Gambar 2-3 Grafik rentang frekuensi bandpass filter

Perhitungan untuk menentukan frekuensi cutoff bawah (fc1), frekuensi tengah (fr), dan frekuensi cutoff atas (fc2) seperti pada gambar, adalah sebagai berikut.

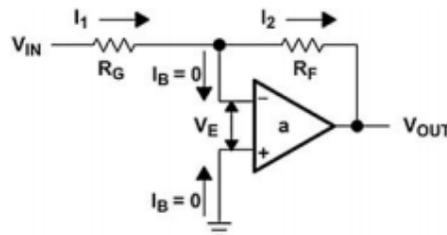
$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \tag{2-2}$$

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \tag{2-3}$$

$$f_r = \sqrt{f_{c1}f_{c2}} \tag{2-4}$$

2.1.3 Penguat Tambahan (Inverting Amplifier)

Sebagai penguat tambahan digunakan inverting amplifier, yang merupakan salah satu aplikasi dari op-amp. Dengan Input noninverting dari rangkaian op amp di-ground. Asumsi dibuat bahwa tegangan kesalahan input adalah nol, sehingga umpan balik tetap membalikkan input op amp di a virtual ground (bukan ground yang sebenarnya tetapi bertindak seperti ground). Aliran arus pada input sadapan diasumsikan nol, maka arus yang mengalir melalui RG sama dengan arus mengalir melalui RF (Gambar 2.4). Menggunakan hukum Kirchhoff, persamaan. (2.4); dan minusnya tanda dimasukkan karena ini adalah input pembalik. Manipulasi aljabar memberikan Persamaan. (2.5)



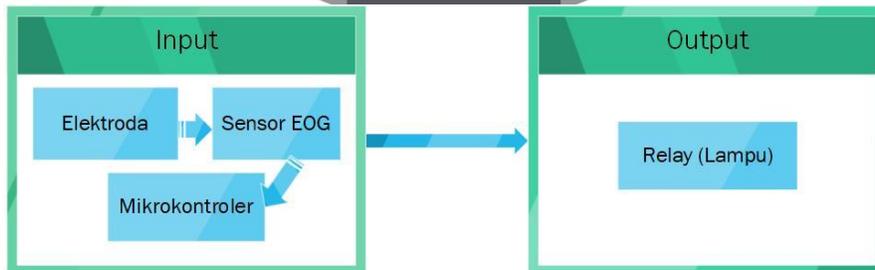
Gambar 2-4 Rangkaian penguat instrmentasi

$$I_1 = \frac{V_{IN}}{R_G} = -I_2 = -\frac{V_{OUT}}{R_F} \tag{2-5}$$

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{R_F}{R_G} \tag{2-6}$$

Perhatikan bahwa gain hanya merupakan fungsi dari umpan balik dan mendapatkan resistor, jadi umpan balik fungsinya untuk membuat gain tidak tergantung pada parameter op amp. Nilai resistor aktual ditentukan oleh level impedansi yang dirancang. Tingkat impedansi tidak mengatur penguatan, rasio RF / RG juga tidak. Satu hal terakhir; sinyal output adalah sinyal input yang diperkuat dan dibalik. Rangkaian impedansi input diatur oleh RG karena input pembalik diadakan di virtual ground.

2.2 Blok Diagram



Gambar 2-5 Blok diagram sistem

Didalam penelitian ini memiliki dua komponen utama sebagai rancangan alat yaitu, rangkaian sensor EOG sebagai input dan rangkaian relay dan RGB LED sebagai output. Masing-masing rangkaian memiliki perancangan

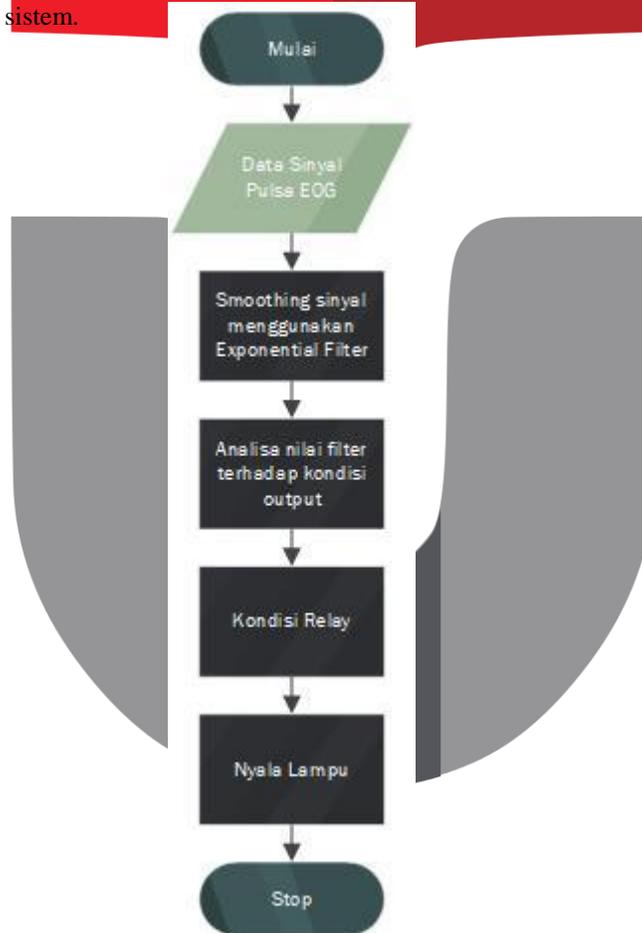
hardware serta perancangan software. Perangkat keras rangkaian input terdiri dari elektroda, sensor EOG, dan mikrokontroler. Untuk bagian output terdiri dari komponen relay dan lampu LED AC. Komponen input serta output memiliki catuan daya tersendiri.

Dari blok diagram dibawah dapat ditentukan bahwa sistem perangkat ini memiliki dua blok utama, yaitu blok input dan output. Pada blok input terdapat dua komponen utama yaitu elektroda, sensor EOG, serta mikrokontroler. Elektroda berfungsi menangkap sinyal biopotensial otot mata. Sedangkan sensor EOG berisi dengan rangkaian elektronika filter dan penguat instrumentasi.

Mikrokontroler akan menerima sinyal analog dari sensor EOG. Sinyal tersebut kemudian akan diolah dengan menggunakan algoritma exponential filter yang ditanamkan pada mikrokontroler. Algoritma ini akan mengontrol mati nyala saklar relay untuk menghidup-matikan nyala lampu LED pada bagian blok output.

**2.3 Perancangan Software**

Perancangan perangkat lunak (software) merupakan perancangan sebuah bahasa pemrograman yang akan ditanamkan pada kedua Mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahasa C. Berikut deskripsi flowchart sistem.



Gambar 2-6 Flowchart Sistem

Sinyal yang diterima oleh perangkat keras EOG masih memiliki derau sehingga perlu diperhalus menggunakan metoda smoothing signal. Yang dipakai adalah metoda exponential filter. Untuk keterangan proses pengolahan sinyal dengan metode exponential filter bisa dilihat pada bab dua. Algoritma filter ini menggunakan library

dari mikrokontroler. Setelah proses smoothing maka diambil batas sinyal analog sebagai tolak ukur nyala lampu sesuai kondisi yang dirangcang, skematik flowchart terdapat pada gambar 2-6.

Sesuai dengan gambaran dari flowchart diatas, input merupakan sinyal EOG yang sudah dikuatkan dan difilter dengan modul EOG dalam nilai ADC (analog to digital converter). Kemudian dilakukan proses filter lagi dengan metode eksponensial filter, proses ini sangat fundamental pada penelitian agar input yang diterima dapat diolah sepresisi mungkin sehingga output memiliki error yang sedikit. Tahap selanjutnya input yang sudah diolah dibagi menjadi parameter-parameter untuk output. Output yang diharapkan adalah adanya perubahan nyala lampu serta indikator sesuai kondisi yang telah ditentukan.

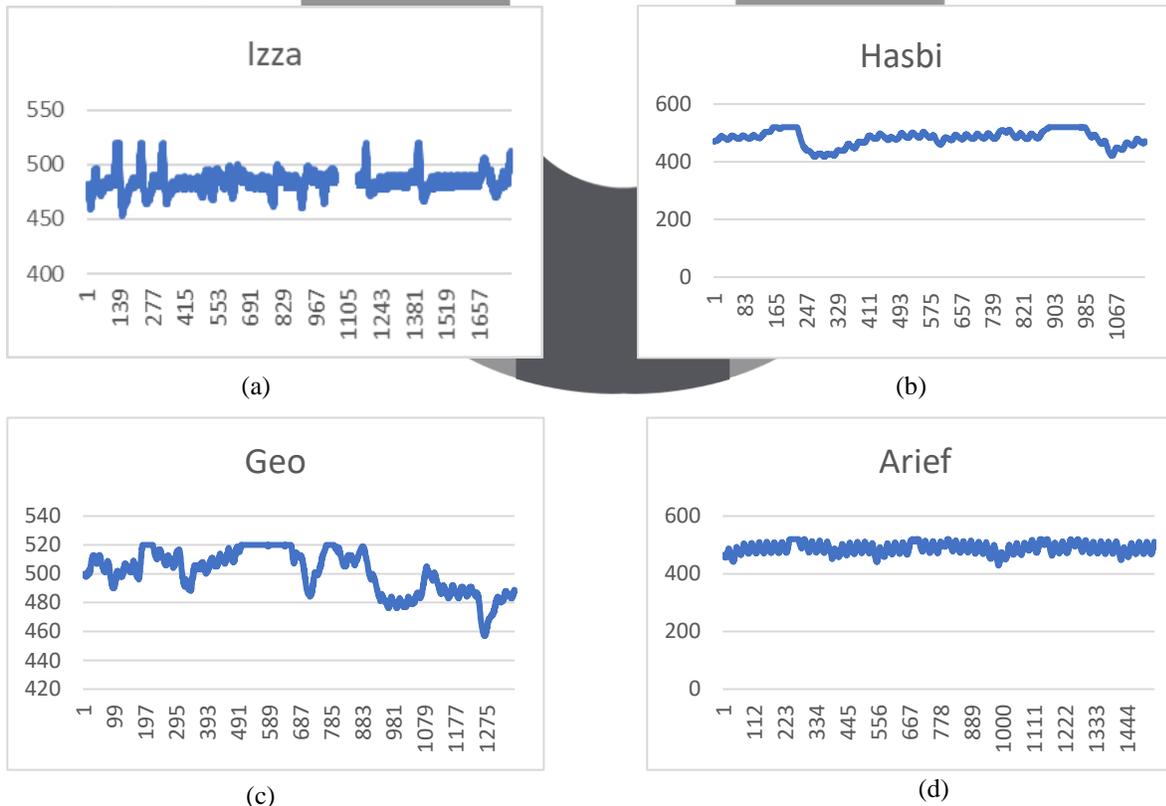
**3. Pengujian dan Analisis**

Pada pengujian ini subjek percobaan melakukan serangkaian pergerakan mata, kiri, tengah, dan kanan. Pengambilan data secara acak terhadap subjek laki-laki dan perempuan. Ada tiga bagian percobaan. Percobaan pertama dengan gerakan bola mata dari tegah ke kiri. Lalu percobaan kedua dari tengah ke arah kanan. Dan yang terakhir percobaan gerakan bola mata dari arah kanan ke kiri secara langsung. Dari percobaan tersebut diamati dan direkam kondisi nyala-mati lampu. Per bagian percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali. Dan subjek yang dijadikan pengujian alat sebanyak sepuluh orang. Berikut adalah hasil dari penujian perangkat EOG mengontrol lampu.

**3.1 Pengujian sinyal EOG terhadap subjek percobaan.**

Dalam pengujian ini dapat dilihat grafik (a) dengan (c) merepresentasikan bentuk sinyal EOG ideal. Dimana ketika adanya perubahan arah gerak, mengakibatkan adanya peak terhadap nilai tegangan, pada grafik direpresentasikan dengan nilai ADC. Yaitu arah kiri diatas 500, arah kanan dibawah 480.

Pada grafik (b) terdapat perubahan peak, namun tidak tertallu tinggi perubahannya. Sedangkan pada bagian grafik (d) subjek yang memilii kelainan rabun memiliki sinyal yang dipenuhi derau sehingga tidak terlihat adanya perubahan peak sinyal EOG.



**3.2 Pengujian kondisi pergerakan mata terhadap output.**

Pada pengujian terhadap subjek #6 perangkat EOG berhasil 100%. Kondisi nyala-mati lampu sesuai dengan gerakan bola mata. Data sinyal subjek #6 sudah berbentuk sinyal EOG terlihat pada gambar. Ketika diberikan respon gerak bola mata arah kiri atau kanan, nyala-mati lampu sesuai dengan arah yang ditunjukkan.

Tabel 3.1 Hasil pengukuran ADC EOG subjek #6

Subjek #6	Izzaturrahman
Jenis Kelamin	Laki-Laki
Usia	23
Status Rabun	Tidak ada

Status Lampu	Percobaan (Kiri-Tengah)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kiri	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on
Kanan	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off

Status Lampu	Percobaan (Kanan - Tengah)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kiri	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off
Kanan	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on

Status Lampu	Percobaan (Kanan - Kiri)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kiri	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on
Kanan	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on

Tabel 3 2 Hasil pengukuran ADC EOG subjek #4

Subjek #4	Arief Luqmannurhakim
Jenis Kelamin	Laki-Laki
Usia	21
Status Rabun	minus 1.5

Status Lampu	Percobaan (Kiri-Tengah)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kiri	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on
Kanan	off	off	off	off	off	on	off	on	off	off

Status Lampu	Percobaan (Kanan - Tengah)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kiri	off	off	off	off	off	on	off	off	off	off
Kanan	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on

Status Lampu	Percobaan (Kanan - Kiri)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kiri	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on
Kanan	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on

Pengujian subjek #4 error pada keseluruhan pengujian. Dikarenakan sinyal EOG subjek #4 memiliki banyak derau seperti terlihat pada gambar tidak terlihat adanya impuls naik atau turun pada sinyal. Pada pengujian ini ketika subjek memberika respon gerak mata ke arah kiri maupun kanan, kondisi lampu tidak berubah melainkan nyala-mati bersamaan. perangkat EOG berhasil 100%. Kondisi nyala-mati lampu sesuai dengan gerakan bola mata. Data sinyal subjek #4 tidak memperlihatkan bentuk sinyal EOG.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian sampel berikut ini hal-hal yang dapat disimpulkan.

1. Rata-rata nilai ADC pada saat mata digerakan ke arah kanan diatas 500, sedangkan nilai untuk gerakan ke arah kiri dibawah 470.
2. Rasio 3:1 (75%) subjek dengan kelainan mata memiliki derau sinyal ADC dan bentuk sinyal tidak menyerupai sinyal EOG.
3. Kontrol lampu pada subjek yang memiliki kelainan mata memiliki tingkat keberhasilan rata – rata sebesar 35,825 %.
4. Pada subjek tanpa kelainan mata didapat rasio 5:1 (83,33%) sinyal ADC sudah menyerupai bentuk ideal sinyal EOG.
5. Percobaan kontrol lampu terhadap subjek tanpa kelainan mata memiliki keberhasilan rata – rata sebesar 84,43 %.
6. Dengan demikian, keseluruhan percobaan kontrol lampu menggunakan sistem perangkat Elektrokulografi memiliki tingkat keberhasilan 60,12 %.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Bulling, H. Gellersen, J. A. Wars and G. Troster, "Eye Movement Analysis for Activity Recognition Using Electrooculography," IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, pp. 1-14, 2009.
- [2] Bulling, D. Roggen and G. Tröster, "Wearable EOG Goggles: Eye-Based Interaction in Everyday Environments," pp. 1-6, 2009.
- [3] E. B. Ibara, C. A. Cruz, J. V. Cortez, A. F. Ramirez and A. Z. Lopez, "Low Cost Electrooculogram Signals Amplifier," International Congress on Instrumentation And Applied Sciences, vol. I, pp. 1-12, 2010.
- [4] S. C. Mukhopadhyay, Wearable Sensors for Safe and Healthy Living, New York: Springer, 2015.
- [5] "Arduino," Arduino, [Online]. Available: <http://www.arduino.cc>. [Accessed 23 Agustus 2017].
- [6] J. D. Enderle, Models of Horizontal Eye Movements, Part I: Early Models of Saccades and Smooth Pursuit, Connecticut: Morgan & Claypool, 2010.
- [7] R. P. van Gompel, M. H. Fischer, W. S. Murray and R. L. Hill, Eye movement: A window on mind and brain, Oxford: Elsvier, 2007.
- [8] S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist and S. Everling, The Oxford Handbook of Eye Movement, Oxford: Oxord University Press, 2011.