

Pengembangan Sistem Pengendali Kursor Menggunakan Sinyal Elektrokulogram (EOG)

(Development of Cursor Controller System based on Electrooculogram Signal)

Hasbian Fauzi Perdana^[1], Fiky Yosef Suratman^[2], Achmad Rizal^{[3]*}

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

E-mail: hperdhana@student.telkomuniversity.ac.id^[1] [fysuratman, achmadrizal]@telkomuniversity.ac.id^{[2][3]}

KEYWORDS:

Electrooculogram, Thresholding, Cursor, Motor Disability

ABSTRACT

Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) is an illness due to lack of nourishment in human motoric nerves. This illness causes the sufferer a loss in motoric movement. Thankfully there is still an organ that move well regardless the illness, and that is eye movement. Eye tracking method have been applied to controlling computer. Majority of eye tracking methods are divided into two methods, video-oculography (VOG), and electrooculography (EOG). VOG used camera as video recorder and processed using image processing to track eye movement. EOG used skin electrode that were usually used in electrocardiography, which could detect electrical activity on the back of eye. The principle in this research is to design a cursor controlling system using EOG sensor and classified the signal using simple thresholding method. The result would be cursor movement based on eye movement. Purpose of this final assignment is to design a cursor controlling system based EOG sensor. The experimental results yield an accuracy of 98% for the cursor movement controlling. The system can control the direction of the cursor's movement but cannot control other activities of the cursor.

KATA KUNCI:

Elektrokulogram, Thresholding, Kursor, Disabilitas Motorik

ABSTRAK

Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) adalah penyakit yang menyerang saraf motorik manusia sehingga penderitanya kehilangan kemampuan untuk menggerakkan anggota tubuhnya. Namun penyakit ini tidak melumpuhkan semua bagian tubuh, mata masih bisa digerakkan selayaknya pada biasanya. Komunikasi dengan komputer melalui gerakan mata menjadi salah satu solusi agar penyandang disabilitas dapat mengendalikan kursor komputer. Teknik pelacak gerakan mata yang telah diaplikasikan dibagi menjadi videookulografi (VOG) dan elektrokulografi (EOG). VOG mendeteksi gerakan mata menggunakan kamera dengan pengolahan citra. Sedangkan EOG menggunakan elektroda dan modul elektronika terintegrasi untuk merekam aktivitas kelistrikan yang dihasilkan ketika mata digerakkan. Prinsip kerja sistem pengendali kursor menggunakan sinyal EOG ini adalah dengan mengakuisisi sinyal elektrokulogram kemudian sinyal tersebut diklasifikasikan menggunakan metode threshold sehingga kursor dapat digerakkan berdasarkan pola sinyal EOG. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem bagi penyandang disabilitas agar dapat menggerakkan kursor komputer berbasis sensor EOG. Hasil percobaan menghasilkan akurasi 98% untuk pengenalan pergerakan kursor. Sistem yang dibangun baru bisa mengendalikan arah pergerakan kursor belum bisa mengendalikan aktifitas lain dari kursor.

I. PENDAHULUAN

Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) adalah salah satu penyakit sistem saraf motorik yang menyebabkan kelumpuhan. Penyakit ini mempengaruhi fungsi kerja saraf dan otot motorik tubuh, sehingga hampir semua otot motorik di

seluruh tubuh sulit digerakkan secara sengaja, kecuali gerakan mata [1]. Salah satu solusi dari permasalahan komunikasi penderita disabilitas ialah dengan komunikasi berbasis komputer. Komunikasi berbasis komputer memungkinkan penderita

disabilitas motorik dapat berkomunikasi melalui komputer.



Gbr 1. Diagram blok sistem penggerak kursor menggunakan sinyal EOG

Fokus dari penelitian ini ialah bagaimana penderita dapat berinteraksi dengan komputer menggunakan gerakan mata. Teknik pendeteksi gerakan mata yang sudah ada saat ini adalah teknik pendeteksi gerakan mata berbasis video-okulografi (VOG) dan berbasis elektrookulografi (EOG) [2]. Pada VOG, kamera digunakan untuk merekam satu atau kedua mata kemudian dengan algoritma pendeteksi gerakan mata, mata dapat terekam. Sedangkan EOG menggunakan sensor biopotensial yang mendeteksi biopotensial pada sekitaran mata saat mata digerakkan.

Pada penelitian ini dikembangkan sistem kendali kursor berdasarkan sinyal EOG. Pendeteksi gerakan mata yang digunakan adalah sensor EOG karena beberapa fiturnya, diantaranya adalah perekaman sinyal EOG yang *real-time* memungkinkan respon pengendalian komputer lebih cepat. Dari pengujian didapatkan bahwa system yang dikembangkan dapat menggerakkan kursor sesuai dengan pergerakan bola mata.

II. METODE DAN BAHAN

Diagram blok sistem yang dibangun seperti ditunjukkan pada Gbr 1. Sinyal EOG diakusisi menggunakan elektroda. Selanjutnya sinyal keluaran dari elektroda dikuatkan menggunakan penguat instrumentasi. Pada tahap berikutnya sinyal difilter untuk menghilangkan derau. Sinyal yang telah difilter menjadi sinyal masukan bagi ADC untuk selanjutnya diolah secara digital.

A. Elektrookulografi

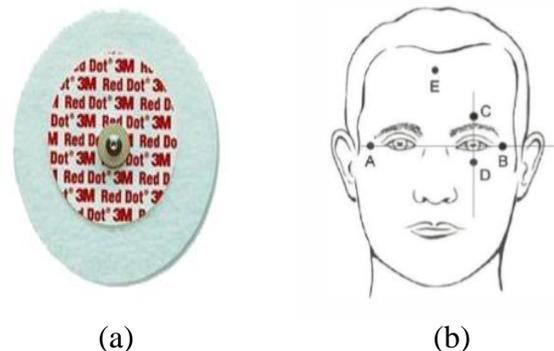
Elektrookulografi adalah salah satu teknik pengukuran pola kelistrikan yang terjadi dari pergerakan mata [1]. Hasil pengukuran sinyal disebut elektrookulogram. EOG dikategorikan sebagai salah satu biosinyal karena EOG terjadi

akibat aktivitas listrik yang terjadi pada permukaan kulit disekitar mata [3].

Sinyal EOG memiliki karakteristik amplitudonya berkisar antara 0 – 3,5 mV dan frekuensi kerja antara 0,1 – 30 Hz [3]. Untuk itu sinyal perlu diberi penguatan dan filter sebelum dibaca mikrokontroler.

B. Elektroda

Elektroda berfungsi untuk mengubah arus listrik dari pergerakan ion menjadi pergerakan elektron. Elektroda yang digunakan biasanya terdiri Ag – AgCl, elektrolit dan perekat untuk mengkonversi biopotensial menjadi tegangan yang bisa diolah secara elektrik biasa. Gbr 2 menampilkan elektroda yang digunakan dan peletakan elektroda untuk akusisi sinyal EOG.



Gbr 2. (a) Elektroda sekali pakai [4] (b) Posisi Peletakan Elektroda [5]

C. Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi adalah penguat differensial yang mampu meredam derau sekaligus memperkuat sinyal. Penguat instrumentasi memegang peranan sangat penting dalam sistem penguat sinyal biopotensial karena sifat sinyal yang merupakan sinyal differensial. Seperti pada Gbr 2(b), sinyal yang

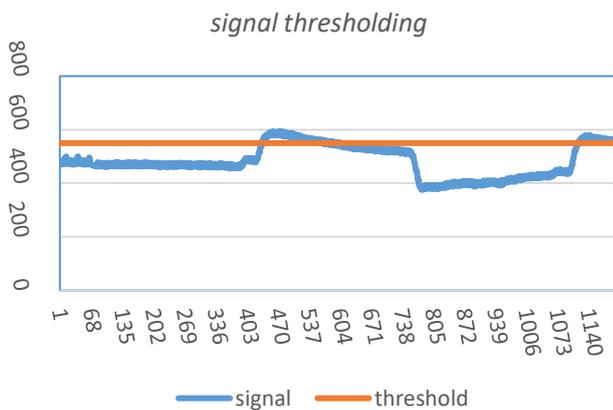
dikuatkan adalah selisih tegangan dari titik A dan B, dan selisih tegangan antara titik C dan D.

D. Filter

Filter berfungsi untuk membatasi lebar pita dari sinyal yang akan diolah sekaligus untuk meredam atau menghilangkan derau. Seperti dijelaskan sebelumnya, sinyal EOG memiliki lebar pita 0,1 – 30 Hz sehingga diperlukan sebuah filter *bandpass* untuk membatasi sinyal keluaran dari penguat instrumentasi. Filter membatasi lebar pita dari sinyal masukan bagi *analog-to-digital converter* (ADC) untuk menghindarkan sistem dari *aliasing* [4].

E. Signal Thresholding

Setelah dilakukan proses konversi analog ke digital, pada sinyal dilakukan klasifikasi untuk menentukan sinyal menunjukkan gerakan bola matas ke atas-bawah atau kiri-kanan. Proses klasifikasi sinyal pada penelitian ini menggunakan *thresholding* sinyal. *Signal thresholding* mengklasifikasi sinyal berdasarkan nilai ambang batas, kategori sinyal yang belum melewati ambang batas berbeda dengan sinyal yang telah melewati ambang batas



Gbr 1 contoh signal *thresholding*

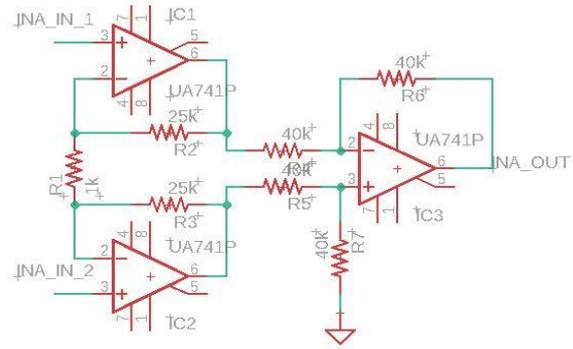
III. HASIL DAN DISKUSI

A. Perangkat Keras

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, sensor EOG yang digunakan adalah sensor elektroda sekali pakai dengan konfigurasi seperti pada Gbr 2. Sementara itu desain penguat instrumentasi yang digunakan ditampilkan pada Gbr 4.

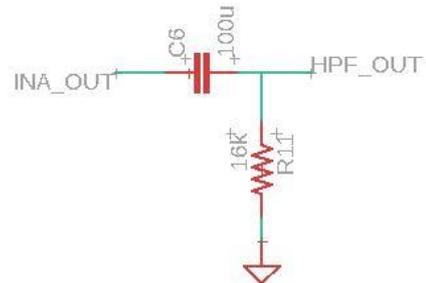
Penguat instrumentasi yang dirancang diatur sehingga nilai-nilai komponen diperoleh dari

rangkaian IC INA128 tersebut menghasilkan penguatan sebesar 50x

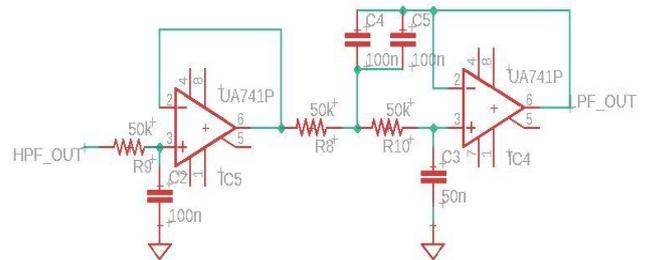


Gbr 4 Desain penguat instrumentasi

Karena rentang yang dibutuhkan hanya dari 0,1-30 Hz, dibutuhkan *band pass filter* (BPF) yang terdiri dari LPF dan HPF. Desain filter BPF pada penelitian ini seperti pada Gbr 5.

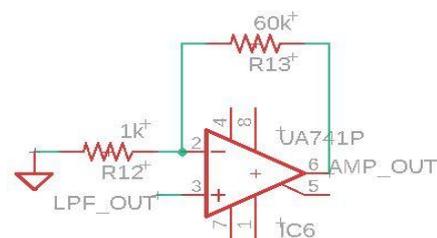


(a)

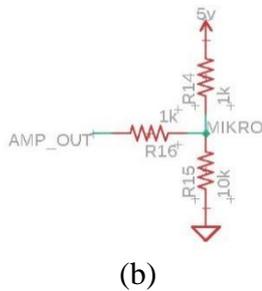


(b)

Gbr 5 (a) rangkaian HPF orde 1, (b) rangkaian LPF orde 3



(a)



(b)

Gbr 6 (a) penguat akhir, (b) rangkaian *clammer*

Setelah difilter sinyal EOG akan dikembali dikuatkan menggunakan penguat akhir agar level tegangannya masuk dalam rentang tegangan masukan ADC. Sebelum masuk ADC, level tegangan dari sinyal keluaran digeser agar menjadi positif. Rangkaian penguat akhir dan penggeser tegangan (*clammer*) ditampilkan pada Gbr 6.

Untuk antarmuka sinyal EOG analog dengan PC digunakan Arduino untuk proses konversi analog ke digital. *Baud rate* yang digunakan sebesar 115200. Berikut ini *pseudocode* program di Arduino:

1. Baca nilai analog dari 2 kanal sensor EOG
2. Apabila nilai analog kanal horizontal melebihi threshold ke kanan, label output "4"
3. Apabila nilai analog kanal horizontal melebihi threshold ke kiri, label output "5"
4. Apabila nilai analog kanal vertikal melebihi threshold ke atas, label output "1"
5. Apabila nilai analog kanal vertikal melebihi threshold ke bawah, label output "2"
6. Apabila nilai analog kanal vertikal dan horizontal tidak melebihi threshold manapun, label output "3".

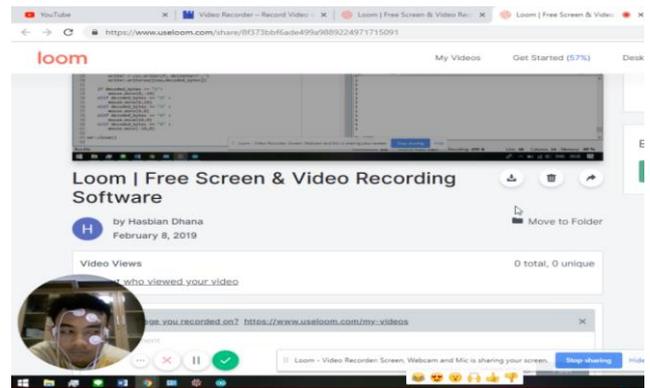
Nilai threshold yang digunakan akan dicari melalui percobaan dengan memperhatikan akurasi deteksi arah gerakan bola mata yang direpresentasikan oleh sinyal EOG.

B. Pengolahan Sinyal EOG

Pada pengujian 10 orang sampel diminta untuk direkam sinyal EOG nya. Setiap sampel melakukan perekaman sebanyak 5 kali. Perekaman pertama saat keadaan mata tidak bergerak dan tetap berada ditengah, perekaman kedua saat keadaan mata bergerak ke atas kemudian kembali ketengah sebanyak 10 kali, perekaman ketiga saat keadaan mata bergerak ke bawah kemudian kembali ketengah

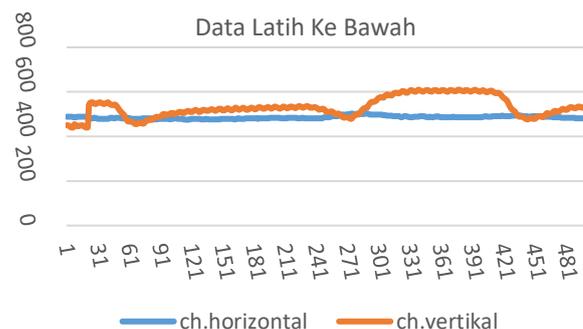
sebanyak 10 kali, perekaman keempat saat keadaan mata bergerak ke kanan kemudian kembali ketengahsebanyak 10 kali, perekaman kelima saat keadaan mata bergerak ke kiri kemudian kembali ketengah sebanyak 10x.

Setelah direkam, data sampel dibagi menjadi 2 bagian, 5 sampel untuk data latih, dan 5 sampel lagi untuk data uji. Data latih digunakan untuk mencari nilai threshold berdasarkan distribusi sinyal EOG di setiap gerakannya. Sedangkan data uji digunakan untuk menguji apakah threshold yang di ditetapkan dari data latih sudah paling optimal atau belum. Bentuk penempatan elektroda dan tampilan gerakan kursor akibat sinyal EOG di layar monitor seperti pada Gbr 7. Video direkam menggunakan aplikasi Loom yang merupakan *add-on* dari *google chrome*.

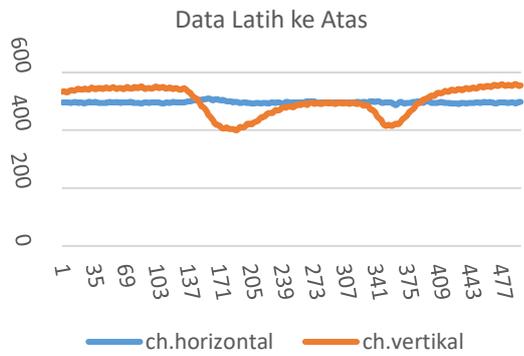


Gbr 7 Lokasi pemasangan elektroda dan pengujian gerakan kursor

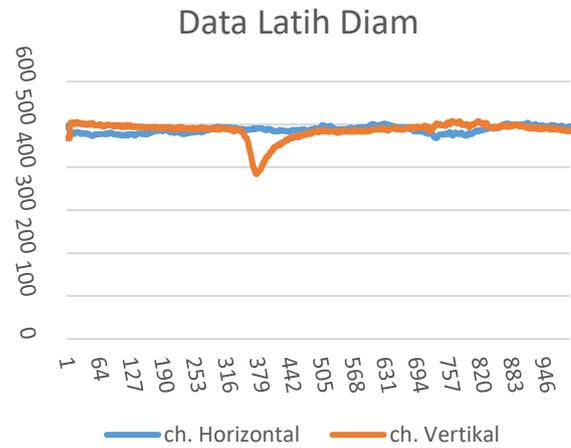
Selain diuji secara visual, sinyal EOG juga direkam untuk pengolahan sinyal berikutnya. Contoh hasil perekaman sinyal EOG seperti ditampilkan pada Gbr 8. Potongan data latih setiap gerakan dapat dilihat di Gbr 7, pemotongan dilakukan kurang dari 1000 data pertama dari total data yang mencapai kurang lebih 50000.



(a)

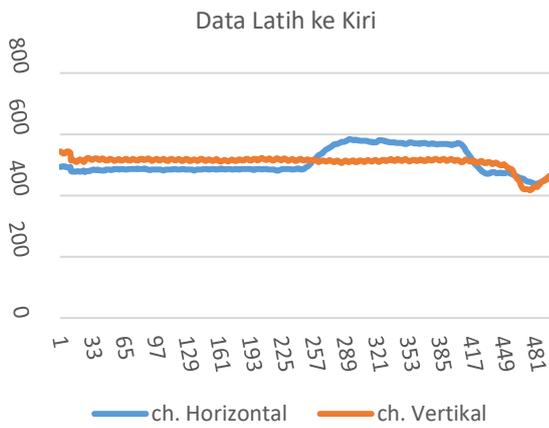


(b)

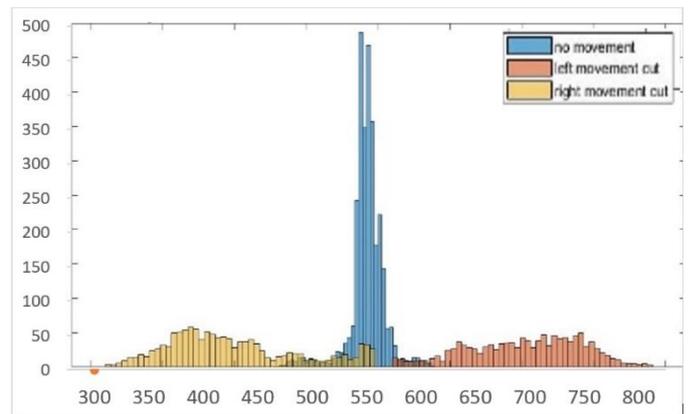


(e)

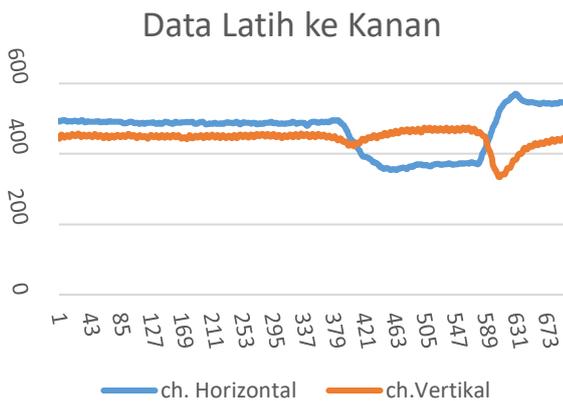
Gbr 8 Potongan data latih saat keadaan melihat ke bawah, ke atas, ke kiri, ke kanan, dan saat keadaan diam



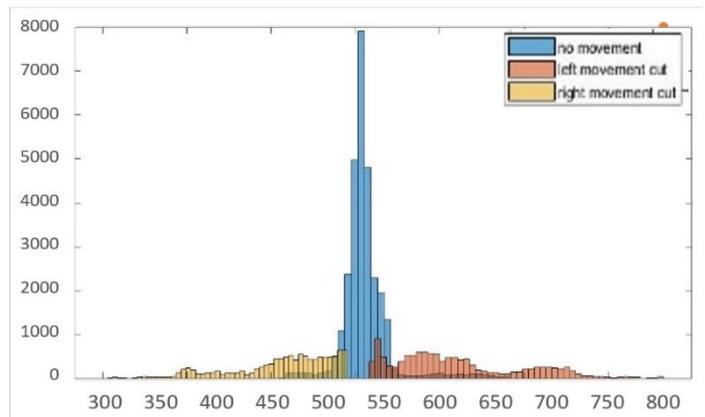
(c)



(a)



(d)



(b)

Gbr 9 (a) Hasil plot histogram data horizontal (b) vertikal (kanan)*warna merah mewakili gerakan ke kiri, warna hijau mewakili gerakan ke kanan, sedangkan warna biru mewakili ketika diam. hasil plot histogram data vertikal *warna merah mewakili gerakan ke bawah, warna hijau mewakili gerakan ke atas, sedangkan warna biru mewakili ketika diam

Tabel 1. Hasil Pengujian Nilai *Threshold*

<i>Threshold</i> Atas	Terdeteksi		Akurasi (%)		<i>Threshold</i> Bawah	Terdeteksi		Akurasi (%)	
	Uji Kiri	Uji Bawah	Uji Kiri	Uji Bawah		Uji Kanan	Uji Atas	Uji Kanan	Uji Atas
510	51	56	98	88	490	52	114	96	0
520	51	50	98	100	480	52	45	96	90
530	50	50	100	100	470	52	22	96	44
540	51	50	98	100	460	52	14	96	28
550	51	50	98	100	450	51	12	98	24
560	53	56	94	88	440	54	11	92	22
570	54	53	92	94	430	59	11	82	22
580	41	64	82	72	420	62	10	76	20
590	40	62	80	76	410	57	7	86	14

Gbr 9 menampilkan hasil pengolahan data sinyal EOG untuk mencari nilai *threshold* dalam penentuan arah gerakan bola mata. Dari hasil plot sinyal tiap kanal, dapat disimpulkan nilai *threshold* berada diantara 400-500 dan 500-600. Untuk itu dilakukan pengujian sinyal dengan nilai *threshold* tersebut.

Tabel 1 menampilkan akurasi dari percobaan penentuan *threshold*. Dari hasil pengujian yang diperoleh, diambil nilai *threshold* yang paling sesuai dengan gerakan kursor dan memiliki akurasi yang tinggi. Gerakan mata ke arah kiri diambil nilai *threshold* 530 dengan akurasi jumlah gerakan kursor yang terdeteksi sebesar 100%, gerakan mata ke arah kanan diambil nilai *threshold* 450 dengan akurasi jumlah gerakan kursor yang terdeteksi sebesar 98%, gerakan mata ke arah bawah diambil nilai *threshold* 550 dengan akurasi jumlah gerakan kursor yang terdeteksi sebesar 100%, dan gerakan mata ke atas diambil nilai *threshold* 480 dengan akurasi jumlah gerakan kursor yang terdeteksi sebesar 90%.

Dari ujicoba yang telah dilakukan, sistem yang dibangun telah mampu menggerakkan kursor sesuai pergerakan bola mata. Perubahan pergerakan kursor terjadi apabila terjadi perubahan arah arah gerakan bola mata. Kelemahan sistem yang dibuat adalah belum dapat mengenali aktifitas lain selain pergerakan kursor. Aktifitas lain yang akan dicoba dikenali seperti 'klik kiri' atau 'klik kanan' sehingga lebih banyak interaksi antara pengguna dengan komputer. EOG bisa menjadi pilihan untuk mode interaksi komputer dengan manusia karena kemudahan dalam akuisisinya dibandingkan dengan elektroensefalogram (EEG) atau elektromyogram

(EMG) [6]. Pada pengolahan sinyal EEG, sinyal EOG menjadi noise yang cukup signifikan dimana amplitude sinyal EOG yang lebih tinggi dibandingkan dengan sinyal EEG [7]. Untuk itu diperlukan metode khusus untuk menghilangkan sinyal EOG pada rekaman sinyal EEG [8]. Sementara itu pada pengolahan sinyal EMG, pada kasus tertentu tidak semua pasien bisa menggunakan sinyal EMG utamanya pada pasien kelumpuhan total [9]. Penggabungan beberapa sinyal sebagai sinyal masukan untuk penggerak kursor sebagai masukan interaksi manusia dan komputer menjadi topik yang menarik pada penelitian berikutnya.

Pada penelitian ini, klasifikasi gerakan bola mata hanya dilakukan menggunakan *threshold* pada kanal yang terkait. Penggunaan *machine learning* untuk klasifikasi gerakan bola mata bisa menjadi pengembangan dari penelitian ini pada tahap selanjutnya [10].

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dipaparkan tentang sistem penggerak kursor menggunakan sinyal EOG. 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. Pengenalan aktifitas yang berbeda untuk menambah interaksi antara pengguna dan komputer menjadi topik penelitian yang menarik berikutnya mengingat terbatasnya bentuk sinyal EOG yang bisa dikenali.

REFERENSI

- [1] P. Zhang, M. Ito, S. I. Ito, and M. Fukumi, "Implementation of EOG mouse using learning vector quantization and EOG-feature based methods," *Proc. - 2013 IEEE Conf. Syst. Process Control. ICSPC 2013*, no. December, pp. 88–92, 2013.
- [2] A. López, F. Ferrero, D. Yangüela, C. Álvarez, and O. Postolache, "Development of a computer writing system based on EOG," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 7, pp. 1–20, 2017.
- [3] S. Hadiyoso and A. Rizal, *Instrumentasi Biomedis Berbasis PC*, First edit. Yogyakarta: Gava Media, 2015.
- [4] A. Rizal, *Instrumentasi Biomedis*, First edit. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014.
- [5] X. M. Pinos Eduardo, "Cursor Control System of a Computer by Electro-Oculographs Signs for Motor Disability," *IEEE Canada Int. Humanit. Technol. Conf.* -, vol. 2, 2014.
- [6] M. Ahsan, M. Ibrahimy, and O. Khalifa, "EMG signal classification for human computer interaction: a review," *Eur. J. Sci. ...*, 2009.
- [7] C. Burger and D. J. Van Den Heever, "Removal of EOG artefacts by combining wavelet neural network and independent component analysis," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 15, pp. 67–79, 2015.
- [8] M. Dursun *et al.*, "A new approach to eliminating EOG artifacts from the sleep EEG signals for the automatic sleep stage classification," *Neural Comput. Appl.*, vol. 28, no. 10, pp. 3095–3112, Oct. 2017.
- [9] S. P. P. M, R. Swarnkar, M. F. Hashmi, and A. G. Keskar, "Design and Implementation of a Speller based on EMG Signal," *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 10, pp. 266–276, 2017.
- [10] L. J. Qi and N. Alias, "Comparison of ANN and SVM for classification of eye movements in EOG signals," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 971, no. 1, 2018.