

ANALISIS PERBEDAAN SINYAL EOG BERDASARKAN PELETAKAN ELEKTRODA REFERENSI

SINDI SEPTIANI, HENDI HANDIAN RACHMAT

Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: sindiseptiani14@mhs.itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Electrooculography (EOG) adalah suatu teknik atau metode yang didasarkan pada pengamatan dan pengukuran potensial akibat gerakan mata. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan dan analisis pengaruh dari dua posisi elektroda referensi yang berbeda relatif terhadap kualitas sinyal EOG. Kedua posisi tersebut diletakkan di bagian belakang daun telinga dan di bagian leher. Pembacaan sinyal EOG dilakukan dengan menggunakan tiga buah disposable surface electrode serta diolah menggunakan modul AD8232 yang bekerja sebagai BPF dengan range frekuensi 0,5 - 40 Hz dan penguatan sebesar 1100 kali. Naracoba melakukan 6 gerakan mata: mata diam terbuka, melihat ke kanan, ke kiri, ke atas, ke bawah, dan mengedip. Didapatkan bahwa sinyal EOG dengan peletakan elektroda referensi pada leher memiliki kualitas yang lebih baik daripada peletakan elektroda referensi pada leher karena memiliki nilai selisih ADC antara puncak dan lembah yang lebih besar pada semua gerakan mata.

Kata kunci: EOG, gerakan mata, elektroda, referensi, selisih puncak dan Lembah

ABSTRACT

Electrooculography (EOG) is a method to observe and measure electrical potential caused by movements of the eyes. This study aims to compare and analyze the effect of two different positions of a reference electrode relative to the quality of the EOG signals. The positions are on the rear of the earlobe and the neck. EOG signals were read by three disposable surface electrodes and processed by the AD8232 module that worked as BPF with frequency range 0,5 - 40 Hz and 1100 gain. A subject was doing six kinds of eye movements: eyes opened, looking right, left, up, down, and blinking. The data shows that EOG signals had better quality when the reference electrode was placed on the neck than on the back of the earlobe because it has a higher ADC difference of peak and gap in all kinds of eye movements.

Keywords: EOG, eye movements, electrode, reference, difference of peak and gap

1. PENDAHULUAN

Electrooculography (EOG) adalah suatu teknik atau metode yang didasarkan pada pengamatan dan pengukuran potensial akibat gerakan mata (**Muchlis, Maulana, & Fitriyah, 2018**). Sinyal biopotensial yang dihasilkan dari metode tersebut dinamakan sinyal *Electrooculogram*, sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur sinyal tersebut adalah *Electrooculograph* (**Izzaturrahman, Ramdhani, & Wibowo, 2019**).

Saat ini sinyal EOG telah digunakan untuk operasi *hands-free* dari manusia-komputer statis dan *interface* manusia-robot. Sistem seperti ini digunakan oleh orang-orang cacat fisik yang memiliki mobilitas terbatas namun tetap mempertahankan koordinasi mata (**Syafrudin, 2017**). Untuk dapat dimanfaatkan, sinyal EOG harus dilakukan pembacaan terlebih dahulu. Pembacaan sinyal EOG diperoleh dari perbedaan potensial listrik antara kornea dan retina. Kornea dapat dimodelkan sebagai kutub positif dan kutub negatif diwakilkan oleh retina (**Prasetyo, 2020**).

Pada pembacaan sinyal EOG, sensor yang digunakan berupa elektroda sekali pakai berbahan dasar Ag-AgCl dan elektrolit serta bahan perekat agar elektroda tersebut dapat menempel pada kulit (**Perdana, Suratman, & Rizal, 2019**). Dibutuhkan minimal tiga buah elektroda untuk dapat mengukur sinyal EOG, di mana dua diantaranya diletakkan pada posisi vertikal (atas dan bawah mata) atau horizontal (samping kiri dan kanan mata) sesuai dengan jenis gerakan mata yang akan dideteksi. Sedangkan sebuah elektroda lainnya digunakan sebagai referensi. Akan tetapi untuk peletakan elektroda ke-3 ini terdapat perbedaan pada beberapa penelitian, contohnya pada penelitian karya Banarjee dkk. elektroda yang berfungsi sebagai referensi diletakkan pada bagian leher sebelah kiri (**Banerjee, et al., 2013**) dan pada penelitian karya Iáñez dkk. elektroda yang berfungsi sebagai referensi diletakkan pada daun telinga (**Iáñez, Azorin, & Vidal, 2013**).

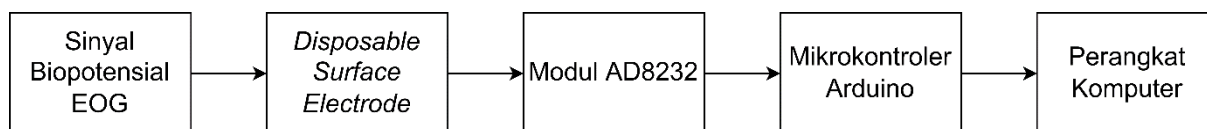
Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dan analisis sinyal EOG yang dihasilkan dari perbedaan peletakan elektroda yang berfungsi sebagai referensi, yaitu saat elektroda tersebut ditempel pada bagian leher naracoba dan pada bagian belakang daun telinga naracoba. Elektroda dihubungkan dengan suatu modul pengkondisi sinyal biopotensial AD8232 lalu diproses oleh mikrokontroler Arduino. Data dicatat dalam bentuk tabel dan dipetakan menjadi grafik lalu dilakukan klasifikasi nilai puncak dan lembah berdasarkan suatu nilai *threshold*. Perbedaan nilai puncak dan lembah dari sinyal-sinyal EOG yang didapatkan lalu digunakan untuk menentukan peletakan referensi manakah yang memiliki pembacaan sinyal EOG lebih jelas atau memiliki nilai selisih antara puncak dan lembah yang relatif besar.

2. METODOLOGI

2.1. Perancangan Sistem

Berdasarkan Gambar 1. masukan dari sistem adalah sinyal EOG yang dikonversi oleh elektroda menjadi sinyal listrik. Tiga buah elektroda dihubungkan dengan modul AD8232 melalui satu konektor *jack* 3,5mm untuk mengirim sinyal listrik tersebut. Sinyal listrik diolah oleh modul AD8232 agar dapat dengan mudah dibaca oleh mikrokontroler Arduino.

Proses pengolahan sinyal listrik tersebut terdiri dari *filtering* dengan *range* frekuensi 0,5 Hz sampai 40 Hz dan penguatan sebesar 1100 kali. Lalu, hasil pengolahan sinyal listrik dikirimkan ke mikrokontroler Arduino melalui pin I/O (*Input/Output*) analog. Pin I/O analog pada Arduino sudah terintegrasi dengan ADC 10 bit sehingga sinyal listrik keluaran dari modul AD8232 dapat langsung dikonversikan menjadi nilai ADC dengan *range* 0-1023.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Sistem

Nilai ADC tersebut lalu diolah pada mikrokontroler Arduino sesuai dengan program yang sudah ditulis sehingga menghasilkan keluaran berupa angka yang ditampilkan pada perangkat komputer. Proses pengolahan data dan pembuatan grafik lalu dilakukan pada perangkat komputer dengan menggunakan *software* Ms. Excel. Sistem yang dirancang diharapkan memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 1. berikut.

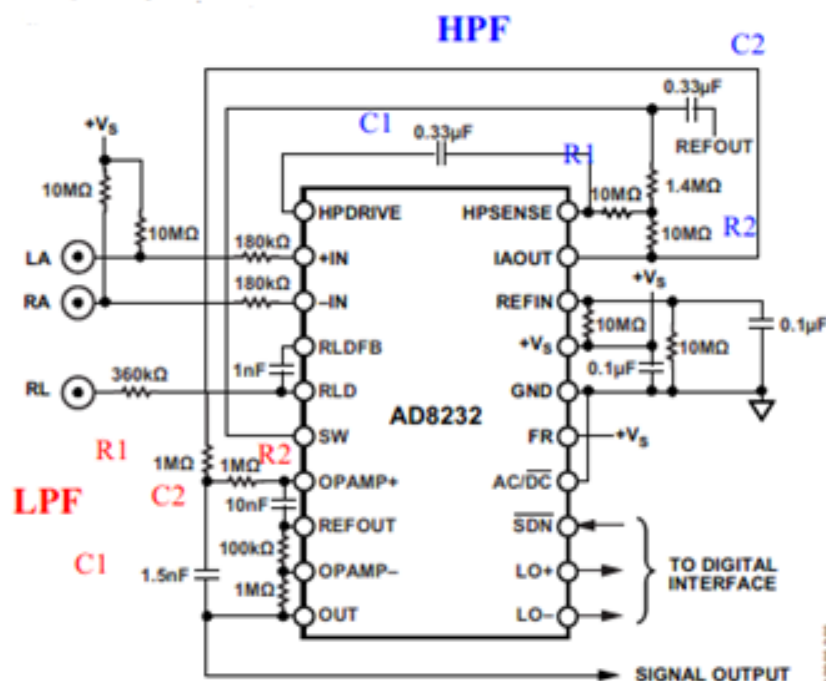
Tabel 1. Spesifikasi Sistem Instrumentasi Sinyal EOG

NO	Spesifikasi	Keterangan
1.	Jenis Elektroda	<i>Disposable surface electrode</i> berbahan dasar Ag/AgCl
2.	Pengkodisi Sinyal	Modul AD8232
3.	Pengolah Sinyal	Arduino
4.	Pengolahan Data	Ms. Excel
5.	Jenis Gerakan	Horizontal (diam terbuka, mata melihat ke kanan, dan mata melihat ke kiri) dan vertikal (mata melihat ke atas, mata melihat ke bawah, dan mengedip).

2.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada sistem yang dirancang terdiri dari *probe* elektroda, modul AD8232, mikrokontroler Arduino Mega, dan perangkat komputer. Untuk satu sistem dibutuhkan tiga buah elektroda yang biasanya dibedakan menjadi tiga warna. Ketiga probe tersebut dihubungkan ke modul melalui satu *connector*.

Dapat dilihat pada Gambar 2., modul AD8232 bekerja sebagai *Band Pass Filter* (BPF) yang terdiri dari *Low Pass Filter* (LPF) dan *High Pass Filter* (HPF) orde dua dengan frekuensi *cut-off* masing-masing telah ditentukan dari nilai komponen kapasitor (C1 dan C2) dan resistor (R1 dan R2). Dari nilai komponen pada Gambar 2. Didapatkan nilai frekuensi *cut-off* untuk HPF orde dua dengan frekuensi *cut-off* 0,5 Hz dan LPF orde dua dengan frekuensi *cut-off* 40 Hz (Devices, 2013).



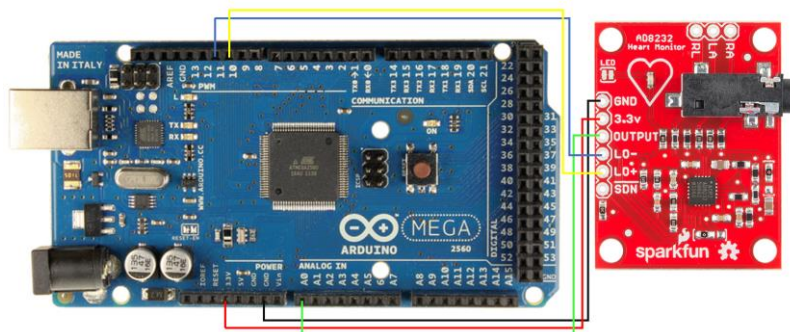
Gambar 2. Diagram Skematik Modul AD8232

Modul AD8232 dihubungkan dengan Arduino menggunakan kabel *jumper* dengan konfigurasi seperti pada Tabel 2. Modul Arduino yang digunakan untuk sistem ini, tidak hanya tipe Arduino Mega. Tipe-tipe Arduino lain dapat juga digunakan yang disesuaikan dengan keperluan pin-pin I/O, baik pin analog maupun pin digital.

Tabel 2. Konfigurasi Pengkabelan antara Modul AD8232 dengan Arduino Mega

Modul AD8232	Arduino Mega
GND	GND
3.3v	3.3V
<i>Output</i>	A0
LO-	11
LO+	10

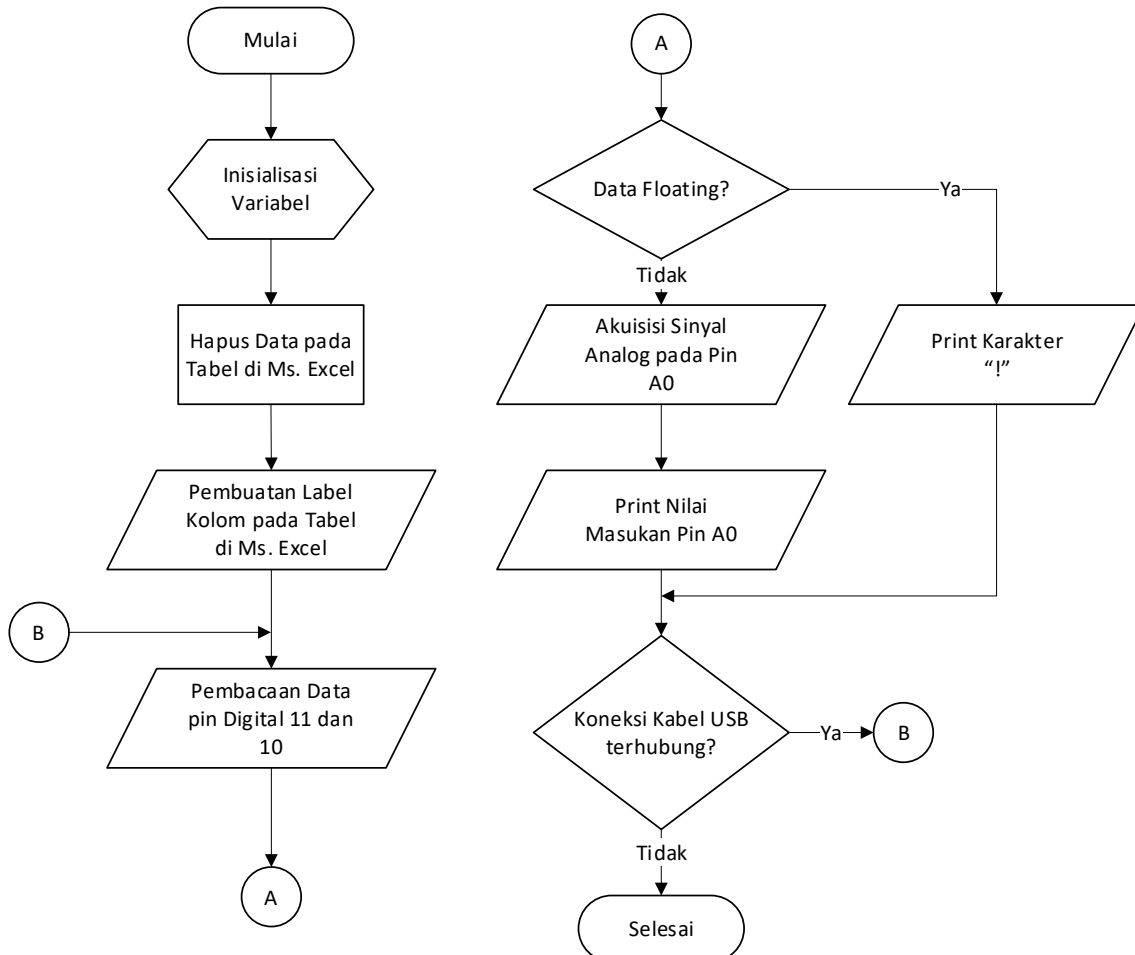
Konfigurasi pengkabelan juga dapat dilihat pada Gambar 3. Arduino Mega dihubungkan dengan perangkat komputer menggunakan kabel USB untuk mengirimkan data pembacaan sensor sehingga dapat ditampilkan di serial monitor pada perangkat komputer.



Gambar 3. Diagram Pengkabelan Modul AD8232 dengan Arduino Mega 2560

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem yang dibuat bertujuan untuk membaca sinyal EOG berupa tegangan, lalu menampilkannya dalam bentuk angka. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menulis program pada Arduino IDE dalam Bahasa C. Program yang ditulis memiliki prinsip kerja yang dapat dijelaskan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 4 berikut.

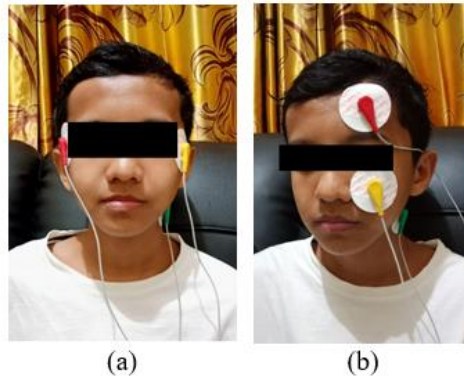


Gambar 4. Diagram Alir Program pada Arduino IDE

Pada diagram alir tersebut, Arduino berfungsi untuk mengakuisisi sinyal dan memastikan apakah terjadi *floating* pada saat pembacaan data atau tidak, lalu data tersebut diproses, dan disimpan pada Ms. Excel.

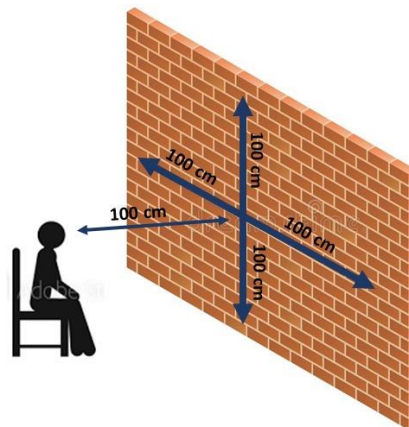
2.4. Metoda Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data sinyal EOG yang dihasilkan dari pergerakan mata. Terdapat 6 gerakan mata yang dikelompokkan berdasarkan peletakan elektroda, menjadi gerakan mata secara horizontal (a) dan vertikal (b) seperti pada Gambar 5. Pada peletakan elektroda secara horizontal terdiri dari gerakan mata diam terbuka, mata melihat ke kanan, dan mata melihat ke kiri. Sedangkan pada peletakan elektroda secara vertikal terdiri dari gerakan mata melihat ke atas, mata melihat ke bawah, dan mata mengedip.



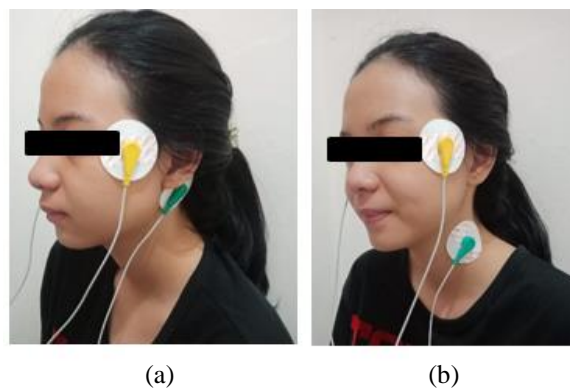
Gambar 5. Peletakan Elektroda Secara Horizontal (a) dan Vertikal (b)

Pengujian dilakukan dengan posisi naracoba menghadap dinding dengan jarak 100 cm yang sudah diberi pola seperti pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pola Pengujian Gerakan Mata dan Posisi Naracoba

Pengambilan data dilakukan selama 30 detik pada setiap gerakan mata, untuk mata melihat ke kanan dilakukan dengan posisi mata naracoba melihat ke tengah selama 2 detik lalu kekanan selama 2 detik dan terus berulang selama 30 detik, begitupula untuk gerakan mata melihat kekiri, ke atas, ke bawah, dan mengedip. Semua proses tersebut lalu dilakukan Kembali untuk peletakan elektroda referensi yang berbeda. Perbedaan peletakan elektroda referensi dapat dilihat pada Gambar 7. berikut.



Gambar 7. Peletakan Elektroda Referensi Terpasang di Belakang Daun Telinga (a) dan Peletakan Elektroda Referensi Terpasang di Leher (b)

Setelah data sinyal EOG dalam bentuk nilai ADC diambil, data tersebut selanjutnya diolah pada Ms. Excel dan dipetakan menjadi tabel. Klasifikasi puncak dan lembah lalu dilakukan dengan penentuan *threshold* berdasarkan nilai ADC maksimum dan minimum pada sinyal EOG gerakan mata diam terbuka. Nilai rata-rata puncak dan lembah setiap sinyal lalu dihitung serta dilakukan perhitungan selisih antara puncak dan lembah untuk setiap sinyal gerakan mata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengamatan sinyal EOG yang diperoleh merupakan grafik nilai ADC terhadap waktu dari 6 gerakan mata saat *referensi* terpasang di belakang daun telinga (Pengukuran ke-1) dan saat *referensi* terpasang di leher (pengukuran ke-2) seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik Sinyal EOG saat Referensi Terpasang di Belakang Daun Telinga (Pengukuran ke-1) dan saat Referensi Terpasang di Leher (pengukuran ke-2), di mana (a) Gerakan Mata Diam Terbuka, (b) Gerakan Mata Melihat ke Atas, (c) Gerakan Mata Melihat ke Bawah, (d) Gerakan Mata Melihat ke Kanan, (e) Gerakan Mata Melihat ke Kiri, (f) Gerakan Mata Mengedip

Pada Gambar 8. terlihat bahwa urutan kemunculan lembah dan puncak memiliki pola yang sama baik pada peletakan elektroda *referensi* pada belakang daun telinga maupun leher, walaupun nilai amplitudo ADC-nya berbeda. Pada sinyal gerakan mata diam terbuka, grafik cenderung menyerupai garis lurus (tidak memiliki puncak ataupun lembah), oleh karena itu sinyal ini dijadikan suatu titik nol untuk klasifikasi sinyal gerakan mata lainnya, di mana pada sinyal gerakan mata diam terbuka didapatkan nilai minimum dan maksimum seperti pada Tabel 3 untuk digunakan sebagai nilai *threshold* puncak dan lembah.

Tabel 3. Nilai Minimum dan Maksimum Sinyal Mata Diam Terbuka

Jenis Nilai	Letak <i>Referensi</i>	
	Belakang Daun Telinga	Leher
Minimum	326	322
Maksimum	339	339

Data nilai minimum pada Tabel 3 digunakan sebagai *threshold* klasifikasi lembah sedangkan nilai maksimumnya digunakan sebagai nilai *threshold* klasifikasi puncak. Data hasil klasifikasi lalu dihitung rata-rata dan selisih antara puncak dan lembahnya sehingga menghasilkan angka seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai Rata-rata dan Selisih Puncak dengan Lembah

Jenis Gerakan mata	Letak <i>Referensi</i>					
	Belakang Daun Telinga			Leher		
	Puncak	Lembah	Selisih	Puncak	Lembah	Selisih
Melihat ke Atas	343	320	23	347	312	35
Melihat ke Bawah	345	311	34	347	310	37
Melihat ke Kanan	348	317	31	353	305	48
Melihat ke Kiri	347	318	29	350	311	39
Berkedip	345	320	25	343	308	35
Rata-rata	346	317	28	348	309	39

Dari Tabel 4. dapat dilihat bahwa untuk peletakan referensi di leher nilai selisih ADC antara puncak terhadap lembah untuk semua gerakan mata **lebih besar** daripada nilai selisih ADC saat referensi diletakkan di belakang daun telinga. Hal tersebut dapat terjadi karena peletakan elektroda referensi di bagian belakang daun telinga memiliki jarak yang cukup dekat baik dengan mata maupun dengan dua elektroda lainnya, sehingga saat terjadi gerakan mata, maka otot di sekitar bagian mata-pun akan terpengaruh dan menghasilkan suatu gerakan walaupun hanya sedikit. Gerakan tersebut dapat menghasilkan perubahan tegangan pada elektroda referensi, di mana elektroda referensi yang dijadikan sebagai referensi seharusnya memiliki tegangan yang konstan dan tidak dipengaruhi oleh gerakan mata apapun. Jika elektroda referensi menghasilkan tegangan tertentu, maka sinyal tegangan keluaran sistem yang merupakan selisih antara tegangan elektroda referensi dengan dua elektroda lainnya akan menghasilkan nilai yang relatif kecil. Berbeda dengan saat elektroda referensi diletakkan pada leher naracoba, di mana jarak antara elektroda referensi dengan elektroda lainnya relatif jauh sehingga elektroda referensi selalu memiliki nilai tegangan yang konstan dan tidak dipengaruhi oleh gerakan mata apapun sehingga selisih nilai tegangan antara referensi dan dua elektroda lainnya akan relatif lebih besar.

4. KESIMPULAN

Pada pengukuran sinyal EOG peletakan elektroda referensi pada bagian leher memiliki nilai selisih ADC rata-rata antara puncak dan lembah yang lebih besar daripada saat elektroda referensi diletakkan pada bagian belakang daun telinga, yaitu 39 untuk peletakan elektroda referensi di bagian leher dan 28 untuk peletakan elektroda referensi di bagian belakang daun telinga. Nilai selisih antara puncak dan lembah yang besar memiliki arti bahwa sinyal EOG memiliki bentuk yang lebih tajam (memiliki pola yang lebih jelas terlihat) daripada nilai selisih yang lebih kecil, di mana pada sinyal tersebut puncak dan lembah tidak terlalu jelas terlihat karena hampir sejajar dengan titik nol sinyal. Akan tetapi penentuan kualitas pola sinyal EOG tidak hanya dapat dilakukan dengan mengamati nilai selisih ADC antara puncak dan lembah saja, terdapat faktor lain yang dapat dikembangkan untuk dijadikan analisis pada penelitian lebih lanjut, salah satu contohnya adalah pola urutan kemunculan puncak atau lembah pada sinyal EOG yang dihasilkan. Selain itu, jumlah naracoba pada proses pengambilan data perlu ditambah agar kepresisian data dapat diamati.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diucapkan kepada pihak yang telah berkontribusi untuk menjadi naracoba pada proses pengambilan data sinyal EOG yang dilakukan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Banerjee, A., Dattab, S., Pal, M., Konar, A., Tibarewala, D., & Janarthanan, R. (2013). Classifying Electrooculogram to Detect Directional Eye Movements. *Procedia Technology*, 67-75.
- Devices, A. (2013). *AD8232 Datasheet*. Massachusetts: Analog Devices, Inc.
- Iáñez, E., Azorin, J. M., & Vidal, C. P. (2013). Using Eye Movement to Control a Computer: A Design for a Lightweight Electro-Oculogram Electrode Array and Computer Interface. *PLOSE ONE*, 1-10.
- Izzaturrahman, Ramdhani, M., & Wibowo, A. S. (2019). Perancangan dan Implementasi Kendali Lampu Berbasis Elektrokulografi. *e-Proceeding of Engineering*, 2855-2862.
- Perdana, H. F., Suratman, F. Y., & Rizal, A. (2019). Pengembangan Sistem Pengendali Kursor Menggunakan Sinyal Elektrokulogram (EOG). *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 143-149.
- Prasetyo, M. R. (2020). *Pemrosesan dan Analisis Gerakan Sinyal Mata Saccade Menggunakan Electrooculography*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Syafrudin, I. (2017, Januari 2). *Electrooculography*. Diambil kembali dari electromedicalengineering.wordpress.com:
<https://electromedicalengineering.wordpress.com/2017/01/02/electrooculography/>