

Rancang Bangun Elektrokulogram Untuk Deteksi Dini Penyakit Best Berdasarkan Perhitungan Rasio Arden

Unita Tanowati*, Patrisius Kusi Olla, M. Rofi'i

Program Studi DIII Teknik Elektromedik – Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang
Semarang, Indonesia

*nitatano27@gmail.com

Abstract— Electric bicycles are vehicles that do not use conventional fuels. However, currently there are still weaknesses in electric bicycles in Indonesia, namely in charging the battery which is still not effective. In general, electric bicycle battery charging only shows an LED indicator that indicates the completion of charging the electric bicycle battery and there is no cut-off system when the battery is fully charged. Therefore, an electric bicycle battery charging system is needed which is equipped with monitoring and control features based on the Internet of Things with specifications such as monitoring power, voltage, current and energy and is equipped with a prepaid system such as PLN, electric bicycle owners can charge the battery by doing payment or purchase of electricity load as desired, where the relay will activate (trip) when the number of kWh is in accordance with the prepaid conversion that has been determined. The internet of things-based electric bicycle battery charging system tool can work quite well. The test results obtained for each sensor used work well according to the desired value, the PZEM004t sensor obtained an error value at voltage of 0.47% and an error value at current of 0.22%, the average power value obtained at the PZEM 004t sensor is 36.44, then in PZEM017 the error value is obtained at a voltage of 0.8% and an error value at a current of 2.62s%, the average power value obtained at the PZEM 004t sensor is 0.751. The keypad also works according to its function which can input the desired nominal amount of rupiah. Parameters for each.

Abstrak— Electrooculography is a technique for recording electrical signals in the eye that convert biopotential signals into electrical signals. In this study, a prototype diagnostic tool was designed using an electrooculogram (EOG) signal with a signal classification method based on magnitude, which in its processing, utilized the amplification process of the EOG module. The sensors are AgCl electrodes mounted on both sides of the eye, which will then be amplified with an instrumentation amplifier and filtered. The signal is then displayed as a graph on the LCD screen. This tool is equipped with a blindfold unit (Ganzfeld) where two LEDs are placed parallel at a distance of 5 cm. Using Arduino Uno, the system will analyze and detect abnormalities in the eye if there is an abnormal signal based on the calculation of the Arden ratio, which compares the light-measuring and dark-measuring phases. The results of this analysis are used as a reference for detecting the eye disorder vitelliform macular dystrophy, commonly called Best's disease. This disease is a genetic problem with chromosome 11 (region q12-q13.1). Mutations in BEST1 are more likely to occur if a decreased Arden ratio accompanies the vitelliform lesion on the EOG test. Tests on more than 30 patients obtained varied results among patients of various ages, with a percentage of 0.1% of individuals indicating symptoms of Best's disease.

Kata Kunci— Elektrokulogram; Modul EOG; Rasio Arden; Penyakit Best; Distrofi Makula Vitelliform.

I. PENDAHULUAN

ELEKTROOKULOGRAM (EOG) adalah suatu metode pengukuran potensi transepitel (TEP) dari epitel pigmen retina yang ada di antara kornea dan membran Bruch di bagian belakang mata [1]. Potensi ini dihasilkan dari bidang dipol dengan kornea sebagai kutub positif sehingga pergerakan mata menghasilkan pergeseran potensial listrik tersebut [2]. Tegangan yang dihasilkan berkisar antara +0,40 hingga +1,0 milivolt, ini terjadi karena retina memiliki tingkat metabolisme lebih tinggi dibandingkan dengan kornea [3].

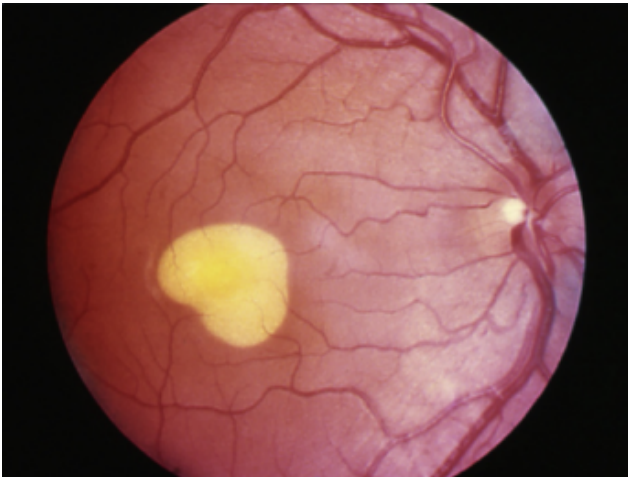
Perekaman sinyal EOG dilakukan dengan menem-

patkan elektroda pada kulit di kedua sisi mata [4]. Biopotensial yang dihasilkan di sekitar mata akibat gerakan bola mata dapat digunakan untuk melacak pergerakan mata [5]. Salah satu penelitian sebelumnya terkait EOG yaitu implementasi pengenalan pergerakan bola mata menggunakan elektroda dengan eksponensial filter. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan rata-rata akurasi 93,33% dalam penentuan kategori kelima gerakan mata yaitu depan, kanan, kiri, atas, dan bawah dengan nilai *threshold* [6].

Sayangnya penelitian tentang EOG di Indonesia sebagian besar ditujukan untuk merancang sistem kendali pada alat bantu pasien yang menderita kelumpuhan sel saraf motorik seperti *Amyotrophic Lateral Sclerosis* (ALS) [7–9], sehingga jarang digunakan untuk mendeteksi penyakit mata. Padahal dalam dunia medis,

Naskah diterima 6 Februari 2023, revisi 12 Maret 2023, terbit online 23 Maret 2023. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

penggunaan diagnostik yang paling umum dari EOG adalah untuk mengkonfirmasi *distrofi makula vitelliform* (Best1) [10, 11]. *Best Vitelliform Dystrophy*, atau Penyakit Best, adalah *makulopati* dominan *autosomal* yang disebabkan oleh mutasi pada gen BEST1 (atau VMD2), yang terletak pada kromosom 11 dan mengkodekan protein *bestrophin* [12, 13]. Individu penyakit Best sering menunjukkan lesi makula mirip kuning telur [14]. Studi tentang prevalensi penyakit Best telah terhambat oleh fakta yang ada ekspresifitas variabel dalam keluarga maupun antar keluarga [15]. Dalam kebanyakan kasus, penyakit ini dimulai pada masa kanak-kanak meskipun terkadang dapat berkembang pada usia lanjut [16]. Anak dari orang tua dengan penyakit Best memiliki resiko 50% untuk menerima gen dari orang tuanya. Namun, ada penurunan resiko penyakit Best pada generasi berikutnya.



Gambar 1: Foto fundus dari pasien penyakit best

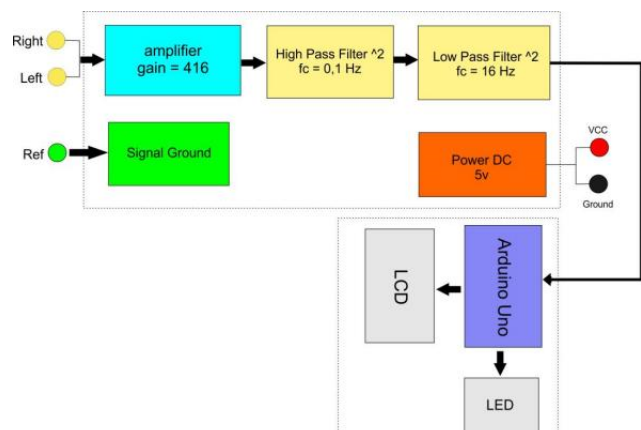
Di Indonesia sendiri, gangguan penglihatan dan kebutaan terus mengalami peningkatan dengan prevalensi sebesar 1,5% dan tertinggi dibandingkan dengan angka kebutaan pada negara-negara lain di Asia seperti Bangladesh sebesar 1%, India sebesar 0,7%, dan Thailand 0,3%. Gangguan penglihatan dan kebutaan tersebut beberapa disebabkan oleh glukoma (13,4%), kelainan refraksi (9,5%), gangguan retina (8,5%), kelainan kornea (8,4%), dan penyakit mata lain [17]. Oleh karena itu, diperlukan perhatian lebih terhadap kesehatan mata serta penanganan yang tepat terhadap gejala gangguan mata mulai dari sedang hingga berat.

Salah satu bentuk pencegahan resiko penyakit mata (khususnya penyakit Best) adalah dengan pemeriksaan diagnostik awal menggunakan elektrookulogram. Pemeriksaan EOG klinis memberikan gambaran amplitudo minimum dari potensial di fase gelap (*dark trough*) dan amplitudo maksimal dalam fase cahaya (*light peak*) [18], rasio tersebut digunakan secara klinis untuk menilai fungsi RPE dan dikenal sebagai **rasio Arden**.

Rasio Arden dikaitkan dengan kondisi yang mempengaruhi RPE seperti, penyakit *Best*, *chloroquine retinopathy*, dan baru-baru ini terapi *vigabatrin* [19]. Rasio EOG Arden pada subjek normal berkisar antara 180% hingga 435% (median 267%, SD 50%, $n = 30$) [20]. Berdasarkan latar belakang di atas, fokus pada penelitian ini adalah merancang sebuah alat elektrookulogram untuk deteksi dini penyakit Best. Alat ini dapat menangkap sinyal kelistrikan akibat pergerakan mata kemudian dianalisis berdasarkan rasio Arden. Hasil yang diharapkan dapat membantu tenaga ahli medis dalam mendiagnosis guna pencegahan resiko terhadap indikasi penyakit Best.

II. METODE PENELITIAN

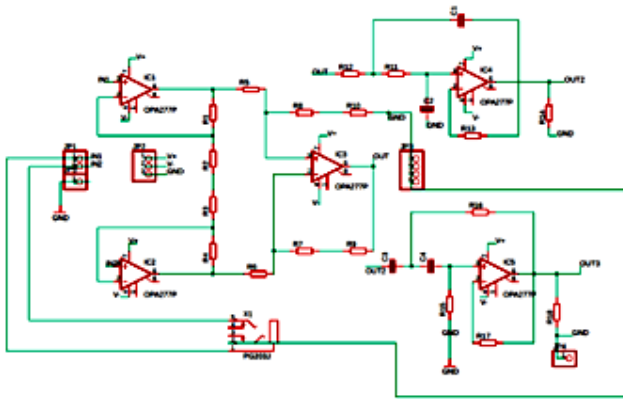
Sistem EOG menggunakan tiga elektroda yang ditempatkan di sekitar mata untuk mengukur beda potensial dari mata. Masukan dari ketiga elektroda tersebut akan diproses oleh instrumen amplifier seperti terlihat dalam Gambar 2 sebagai penguat tegangan dari mata dengan nilai gain sebesar 416 kali sehingga tegangan yang diperoleh secara maksimal dapat menentukan rentang perubahan dari satu gerakan ke gerakan lainnya. Diperlukan rangkaian penyaring (filter) untuk mengatasi noise dari sinyal menggunakan High Pass Filter dengan nilai cut off 0.1 Hz dan Low Pass Filter dengan nilai cut off 16 Hz. Keluaran tersebut akan dikirim ke Analog To Digital Converter (ADC) pada Arduino Uno. Hasil dari nilai analog yang terbaca akan diolah menggunakan software yang telah ditanamkan pada mikrokontroler. Sebagai keluaran, akan ditampilkan grafik pada layar LCD. Mikrokontroler juga memberikan instruksi untuk menyalakan LED di Ganzfeld selama fase cahaya.



Gambar 2: Blok diagram alat

Pada umumnya penguat instrumentasi digunakan sebagai penguat tegangan langsung dari sensor atau transduser. Peneliti merancang rangkaian penguat instrumentasi seperti pada Gambar 3. Rangkaian penguat

terdiri dari penguat buffer dan penguat diferensial dasar yang sesuai dengan R_5 dan R_6 .



Gambar 3: Pengkabelan diagram alat

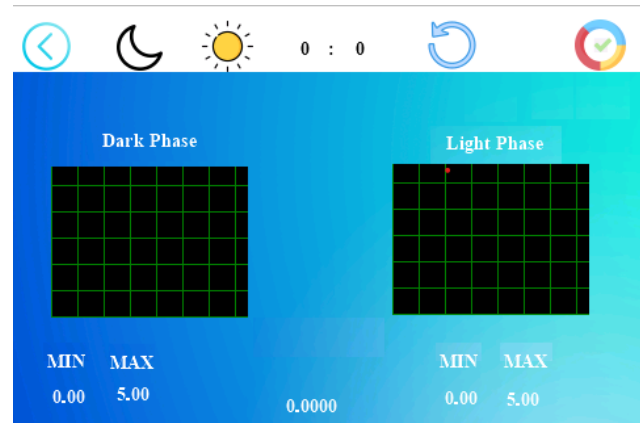
Dari kedua op-amp OPA277P terdapat sebuah *voltage follower* yang berfungsi untuk menjaga resistansi input yang tinggi, dan tiga buah resistansi yang berfungsi untuk mengatur besarnya nilai gain. Perlawanan R_3 adalah resistor penguatan (RG) yang digunakan untuk mengatur penguatan. Dengan menyesuaikan resistor R_3 , penguatan dapat disesuaikan agar sesuai dengan tegangan keluaran sinyal elektrookulografi. Sinyal EOG ini akan diatur sebesar 416 kali penguatan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan amplitudo sinyal EOG yang berada di atas 1 volt. Sehingga amplitudo dapat diproses oleh ADC mikrokontroler Arduino Uno.

Peneliti melakukan penyaringan dengan menggunakan High Pass Filter orde 2 untuk melewati frekuensi tinggi dan menurunkan frekuensi rendah ditunjukkan pada Gambar 3. HPF akan memberikan output konstan mulai dari frekuensi cut-off dan tidak mengeluarkan output jika frekuensi input di bawah frekuensi cut-off. Filter High Pass orde 2 dapat terdiri dari 2 kapasitor dan 2 resistor. Di mana frekuensi cut-off adalah 0,1 Hz. Penyaringan juga menggunakan Low Pass Filter orde 2 untuk melewati frekuensi rendah dan menipiskan frekuensi tinggi. LPF akan memberikan output konstan mulai dari frekuensi di bawah cutoff dan tidak mengeluarkan output jika frekuensi input di atas frekuensi cutoff. Filter Low Pass orde 2 dapat terdiri dari 2 kapasitor dan 2 resistor. Dimana frekuensi cut-off adalah 16Hz. Pre-processing signal dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama mengubah pembacaan nilai ADC menjadi tegangan dengan satuan milivolt (mV) menggunakan rumus ADC dalam Persamaan (1) berikut.

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{ADC} \times 5V \times 1000}{\text{ADC}_{\text{max}}} \quad (1)$$

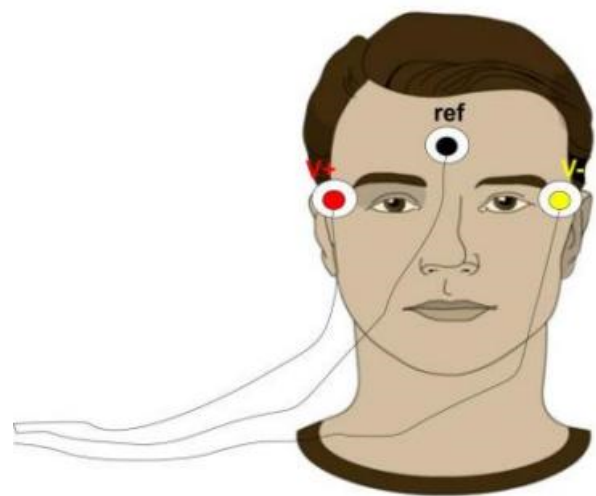
Tahap kedua adalah menampilkan nilai tegangan dalam bentuk plot yang nantinya akan membentuk grafik dan ditampilkan pada layar LCD. Tampilan awal

pada layar LCD didesain minimalis dengan dua matriks (Gambar 4) yang masing-masing akan menampilkan grafik pada fase gelap dan fase terang selama prosedur berlangsung.



Gambar 4: Tampilan menu utama pada LCD

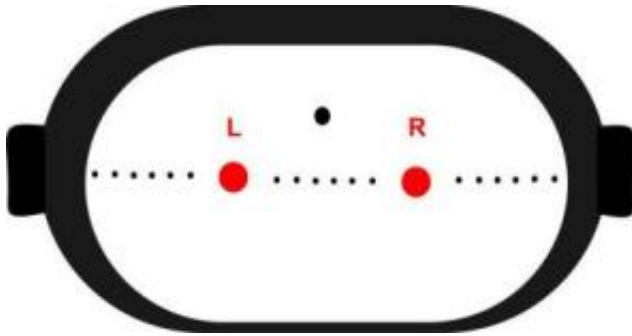
Sinyal EOG dapat ditangkap dengan menggunakan elektroda Ag/AgCl. Elektroda ini akan ditempatkan di kulit pasien di dekat mata seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Ada tiga elektroda yang dipasang bersama di dekat mata. Elektroda $V+$ dan $V-$ ditempatkan 2,0 cm lateral ke setiap sisi canthi luar. Elektroda terakhir (ref) diletakkan di dahi pengguna sebagai ground atau referensi. Referensi atau elektroda ground ditempatkan di dahi sebagai unsur keamanan pasien. Ag/AgCl adalah salah satu jenis elektroda yang dapat menghasilkan potensi persimpangan, artefak gerak, dan penyimpangan tingkat rendah dalam sinyal arus searah yang memengaruhi keakuratan sinyal EOG. Sinyal EOG juga sangat cepat, sehingga dapat diimplementasikan secara *real-time*.



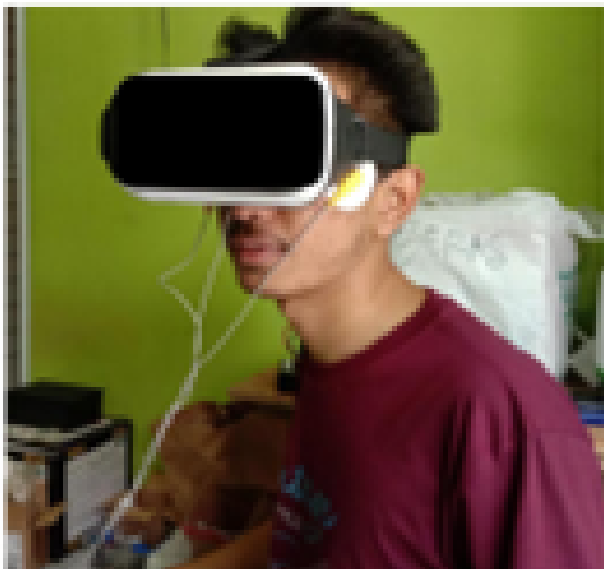
Gambar 5: Penempatan elektroda kulit untuk perekaman EOG

Pasien harus beradaptasi dengan cahaya di ruang-

an yang cukup terang selama minimal 30 menit, dan mata melebar. Beberapa program memiliki periode adaptasi cahaya 10 menit yang lebih cerah sebelum memulai tes. Setelah elektroda dipasang, prosedur dijelaskan dan pasien diminta untuk berlatih beberapa kali sementara data awal direkam. Prosedurnya sebagai berikut. Di dalam Ganzfeld, mata pasien secara bergantian fokus melihat pada dua lampu LED merah kecil yang berjarak 30 derajat (Gambar 6).



Gambar 6: Ganzfeld untuk memulai gerakan mata



Gambar 7: Percobaan pada pasien

Paruh pertama tes dilakukan dalam kondisi gelap. Selama periode ini potensi corneofundal perlahan turun ke minimum yang disebut palung gelap (dark trough). Palung gelap dicapai rata-rata sepuluh menit setelah dimulainya pengujian. Setelah fase gelap selesai, pemeriksaan dilanjutkan dengan masa adaptasi terang. Stimulus cahaya menginduksi peningkatan potensial, yang maksimumnya, puncak cahaya, mengikuti rata-rata delapan menit setelah lampu dinyalakan. Untuk membuat elektro-okulogram, tegangan yang direkam pada setiap titik diplot sebagai fungsi waktu (Gambar 7). Untuk hasil maksimal, tingkat pencahayaan harus setidaknya 250 lx. Dilatasi pupil tidak menambah am-

plitudo puncak cahaya jika intensitas stimulus cukup kuat.

Prosedur EOG dengan fase adaptasi gelap dan terangnya secara keseluruhan memakan waktu sekitar 30 menit. Banyak jenis peralatan semi-otomatis dan dikendalikan mikroprosesor telah dirancang untuk memudahkan prosedur pencatatan dan evaluasi hasil. Setelah adaptasi dan pelatihan ringan, lampu dimatikan. Kira-kira setiap menit, sampel gerakan mata 10 detik diambil saat pasien melihat bolak-balik antara dua lampu LED di dalam ganzfeld (Gambar 6). Setelah 12 – 15 menit dalam kegelapan, lampu dinyalakan dan pasien kembali, kira-kira sekali dalam satu menit, menggerakkan matanya bolak-balik selama sekitar 10 detik.

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Bagan (Gambar 8) menggambarkan perubahan tegangan pada mata selama 12–15 menit adaptasi gelap dan hingga 15 menit dalam cahaya terang. Tegangan menjadi sedikit lebih kecil dalam gelap, mencapai potensial terendah setelah sekitar 8 – 12 menit, yang disebut palung gelap, seperti yang disebutkan sebelumnya. Saat lampu dinyalakan potensi kenaikan (naik cahaya), mencapai puncaknya sekitar 10 menit. Rasio terang/gelap awalnya disebut rasio Arden, tetapi sekarang disebut sebagai rasio puncak terang: palung gelap (rasio LP:DT). Ketika puncak cahaya maksimum dibandingkan dengan amplitudo rendah di palung gelap, ukuran relatif normal adalah sekitar 2:1 atau lebih besar (Gambar 8). Puncak terang: rasio palung gelap kurang dari 1,8 dianggap abnormal untuk individu kurang dari 60 tahun, dan rasio kurang dari 1,7 selama lebih dari 60 tahun.

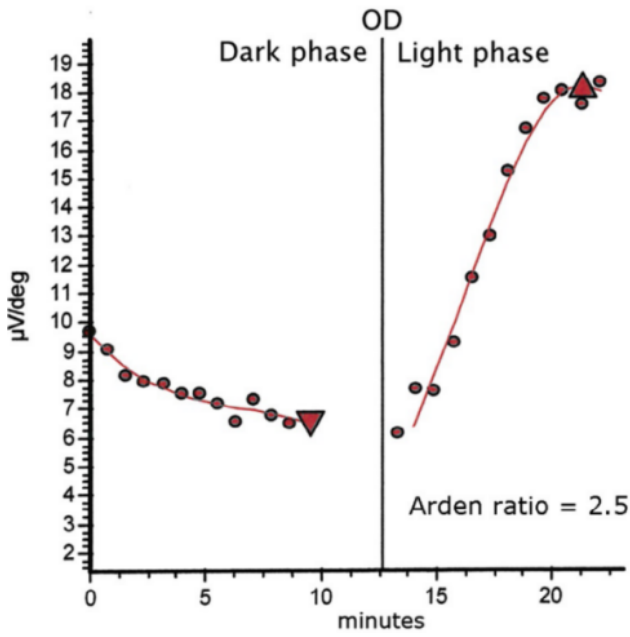
Pasien dengan penyakit Best dan beberapa pasien dengan *distrofi vitelliform* dewasa memiliki ERG normal tetapi puncak cahaya abnormal: rasio palung gelap mendekati 1,5 atau kurang (Gambar 9).

Hasil penelitian ini menunjukkan dua kondisi, yakni normal dan abnormal. Abnormal mengacu pada kemungkinan gejala penyakit Best.

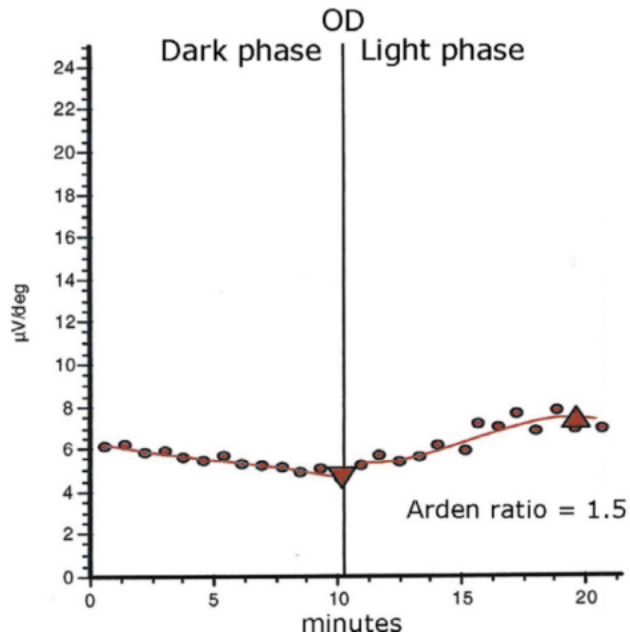
Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas yaitu Gambar 10 diketahui nilai *Light Peak (LP)* sebesar 12,20 sedangkan nilai *Dark Trough (DT)* sebesar 5,75. Sehingga diperoleh perhitungan rasio Arden dalam Persamaan (2) berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rasio Arden} &= \frac{LP}{DT} \\ &= \frac{12,20}{5,75} = 2,12 \end{aligned} \quad (2)$$

Hasil rasio adalah 2,12 jika dibandingkan dengan nilai minimal 1,7 maka pemeriksaan di atas dikategorikan normal.



Gambar 8: Perkembangan EOG normal menunjukkan peningkatan cahaya setelah adaptasi gelap

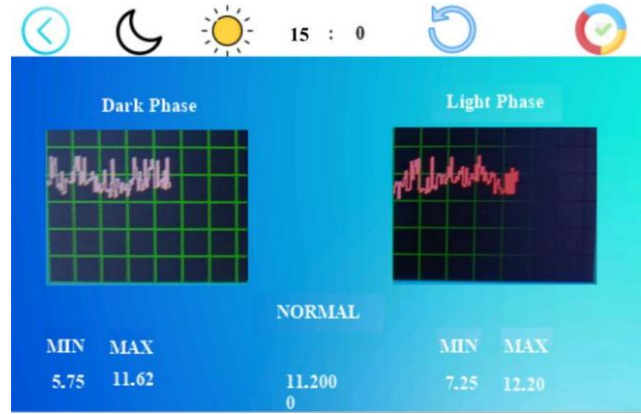


Gambar 9: Hasil penelitian ini menunjukkan dua kondisi, yakni: normal dan abnormal. Abnormal mengacu pada kemungkinan gejala penyakit Best

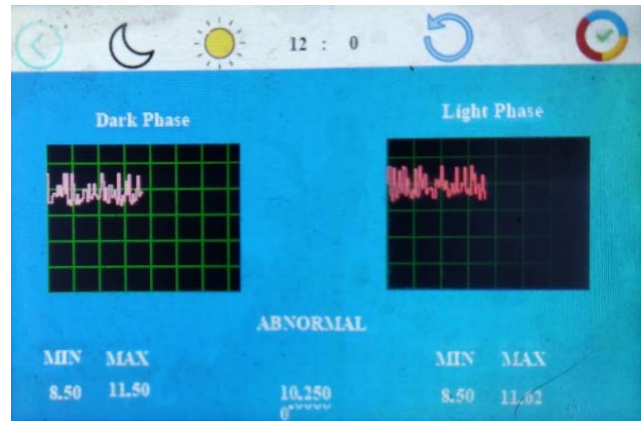
Kondisi yang berbeda dapat dilihat dari hasil pemeriksaan sampel di atas (Gambar 11). Diketahui bahwa nilai Light Peak adalah 11,62 sedangkan nilai *Dark Trough* adalah 8,50. Perhitungan seperti halnya Persamaan (2) maka perhitungan rasio Arden diperoleh dalam bentuk Persamaan (3) berikut.

$$\text{Rasio Arden} = \frac{LP}{DT} = \frac{11,62}{8,50} = 1.36 \quad (3)$$

Hasil rasio 1,36 jika dibandingkan dengan nilai minimal 1,7 maka pemeriksaan di atas dikategorikan abnor-



Gambar 10: Hasil pemeriksaan normal



Gambar 11: Hasil pemeriksaan abnormal

mal. Penelitian ini telah diuji pada beberapa sampel dengan melakukan prosedur sesuai protokol EOG dan diperoleh data sesuai tabel berikut (Tabel 1). Pada mata normal, rasio Arden bervariasi dari 1,70 hingga 2,50 atau lebih pada bahan yang berbeda dan ada variabel hasil antar individu yang besar.

Tabel 1: Luaran penelitian dengan notasi \mathcal{R} adalah rasio arden

Kelamin	Usia	Hasil		\mathcal{R}	Keterangan
		LP	DT		
P	21	11.58	5.55	2.08	Normal
P	21	12.20	5.75	2.12	Normal
P	56	11.62	8.50	1.36	Abnormal
L	30	11.20	5.90	1.89	Normal
L	22	12.90	6.25	2.06	Normal
L	45	11.62	8.00	1.45	Abnormal
P	67	12.50	7.25	1.72	Normal
L	21	11.80	6.20	1.90	Normal
P	20	12.49	5.25	2.37	Normal
P	27	11.53	6.12	1.88	Normal

Dari data 10 objek (Tabel 1), dua individu dengan

gambaran abnormal dapat diindikasikan memiliki penyakit Best. Namun, perlu dilakukan tindakan diagnostik lebih lanjut dengan pencitraan bagian dalam mata untuk memastikan indikasi yang tepat. Dalam rekaman berulang variabilitas intra-individual agak tinggi. Beberapa penelitian telah menunjukkan rasio yang lebih tinggi pada subjek wanita dan korelasi negatif antara rasio Arden dan usia juga ditemukan. Variabilitas yang besar dari hasil mungkin merupakan efek gabungan dari berbagai penyebab yang sulit dikendalikan seperti keadaan adaptasi mata sebelumnya, tonjolan mata, perbedaan posisi elektroda dan resistensi kulit dan jaringan periorbital.

IV. KESIMPULAN

Dari terhadap lebih dari 30 pasien menunjukkan ekspresi penyakit Best yang cukup bervariasi. Penulis menyimpulkan mutasi BEST1 mungkin diekspresikan secara independen, mungkin terkait dengan efek diferensial pada homeostasis kalsium intraseluler. EOG adalah alat klinis yang berharga dalam diagnosis distrofi makula vitelliform termasuk pembawa penyakit ini. EOG bukanlah alternatif untuk elektoretinografi tetapi menghasilkan informasi tambahan tentang fungsi epitel pigmen retina. Kelemahan utama dari teknik ini adalah variabilitas hasil antar dan intraindividu yang tinggi. EOG akan terus berguna dalam melacak gerakan dan penelitian mata. Penggunaan umum EOG saat ini untuk mendeteksi penyakit Best, namun untuk mengkonfirmasi tetap diperlukan identifikasi gen serta prosedur pencitraan seperti OCT, fluorescein angiograms, dan pencitraan autofluoresensi fundus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. J. Creel, "The electrooculogram," *Handbook of clinical neurology*, vol. 160, pp. 495–499, 2019.
- [2] O. Faust, H. Razaghi, R. Barika, E. J. Ciaccio, dan U. R. Acharya, "A review of automated sleep stage scoring based on physiological signals for the new millennia," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 176, pp. 81–91, 2019.
- [3] V. P. Brahmaiah, Y. P. Sai, dan M. G. Prasad, "Data acquisition system of electrooculogram," in *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*. IEEE, 2017, pp. 716–721.
- [4] N. M. M. Noor dan M. Q. bin Kamarudin, "Study the different level of eye movement based on electrooculography (eog) technique," in *2016 IEEE EMBS conference on biomedical engineering and sciences (IECBES)*. IEEE, 2016, pp. 792–796.
- [5] H. ErKaymaz, M. Ozer, dan İ. M. Orak, "Detection of directional eye movements based on the electrooculogram signals through an artificial neural network," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol. 77, pp. 225–229, 2015.
- [6] I. Muchlis, R. Maulana, dan H. Fitriyah, "Implementasi pengenalan pergerakan bola mata menggunakan elektroda dengan exponential filter," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e ISSN*, vol. 2548, 2017.
- [7] D. Lestari, Y. Yaddabarullah, dan E. Yuniarti, "Rancang bangun sistem kendali smarhome berbasis elektrooculogram (eog)," *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 6, no. 1, pp. 43–49, 2021.
- [8] K. Exaudi, R. Rendyansyah, dan A. P. P. Prasetyo, "Kontrol robot menggunakan gerakan mata berbasis sinyal electrooculography (eog)," *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 5, no. 2, pp. 100–109, 2021.
- [9] H. F. Perdana, F. Y. Suratman, dan A. Rizal, "Pengembangan sistem pengendali kursor menggunakan sinyal elektrookulogram (eog)," *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 1, no. 2, pp. 143–149, 2019.
- [10] I. Habibi, Y. Falfoul, M. G. Todorova, S. Wyrsh, V. Vaclavik, M. Helfenstein, A. Turki, K. El Matri, L. El Matri, dan D. F. Schorderet, "Clinical and genetic findings of autosomal recessive bestrophinopathy (arb)," *Genes*, vol. 10, no. 12, p. 953, 2019.
- [11] A. Mirshahi, A. Lashay, A. Masoumi, dan M. Abrishami, "Optical coherence tomography angiography in best vitelliform macular dystrophy," *Journal of Current Ophthalmology*, vol. 31, no. 4, pp. 442–445, 2019.
- [12] I. Chowers, L. Tiosano, I. Audo, M. Grunin, dan C. J. Boon, "Adult-onset foveomacular vitelliform dystrophy: a fresh perspective," *Progress in retinal and eye research*, vol. 47, pp. 64–85, 2015.
- [13] S. H. Tsang dan T. Sharma, "Best vitelliform macular dystrophy," *Atlas of Inherited Retinal Diseases*, pp. 79–90, 2018.
- [14] T. R. Kaden, A. C. Tan, L. Feiner, dan K. B. Freund, "Unilateral best disease: a case report," *Retinal Cases and Brief Reports*, vol. 11, pp. S191–S196, 2017.
- [15] A. A. Johnson, K. E. Guziewicz, C. J. Lee, R. C. Kalathur, J. S. Pulido, L. Y. Marmorstein, dan A. D. Marmorstein, "Bestrophin 1 and retinal disease," *Progress in retinal and eye research*, vol. 58, pp. 45–69, 2017.
- [16] B. Budiene, R. Liutkeviciene, dan D. Zaliuniene, "Best vitelliform macular dystrophy: literature review," *Open Medicine*, vol. 9, no. 6, pp. 784–795, 2014.
- [17] M. M. Dana, "Gangguan penglihatan akibat kelainan refraksi yang tidak dikoreksi," *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, vol. 9, no. 2, pp. 988–995, 2020.
- [18] P. A. Constable, M. Bach, L. J. Frishman, B. G. Jeffrey, A. G. Robson, dan I. S. for Clinical Electrophysiology of Vision <http://www.iscev.org>, "Iscev standard for clinical electrooculography (2017 update)," *Documenta Ophthalmologica*, vol. 134, pp. 1–9, 2017.
- [19] P. A. Constable, "A perspective on the mechanism of the light-rise of the electrooculogram," *Investigative ophthalmology & visual science*, vol. 55, no. 4, pp. 2669–2673, 2014.
- [20] K. N. Khan, F. Islam, G. E. Holder, A. Robson, A. R. Webster, A. T. Moore, dan M. Michaelides, "Normal electrooculography in best disease and autosomal recessive bestrophinopathy," *Retina*, vol. 38, no. 2, pp. 379–386, 2018.