

Perancangan Sistem Untuk Menganalisis Respons Emosi Berdasarkan Estimasi Pergerakan Mata Dari Perekaman Wajah

Adzkia Zahra Salsabila
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Email: adzkiaz@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini merancang sistem *eye tracking* untuk menganalisis pola pergerakan mata terhadap stimulus video sebagai langkah awal memahami respons emosional melalui pola pergerakan mata. Data diambil menggunakan webcam 30 fps dan diolah dengan Mediapipe Face Mesh untuk mendeteksi posisi iris serta menghitung fitur gerakan mata seperti fiksasi dan sakade. Analisis statistik menggunakan paired t-test dilakukan untuk membandingkan segmen puncak dan non-puncak dari stimulus video. Hasil menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan ($p > 0,05$), namun pola *hypervigilance* dan *attentional avoidance* teridentifikasi secara deskriptif. Sistem *eye tracking* yang dirancang terbukti mampu mendeteksi pergerakan mata secara akurat dan berpotensi menjadi alat bantu objektif dalam mendeteksi respons emosional secara non-verbal.

Kata Kunci — *Eye Tracking, Hypervigilance, Attentional Avoidance*

I. PENDAHULUAN

Pergerakan mata dapat menggambarkan bagaimana manusia memusatkan perhatian, memindahkan pandangan, dan merespons rangsangan visual. Gangguan mental merupakan penyebab utama hilangnya kesehatan global. Namun, evaluasi klinik terhadap kondisi emosional masih didominasi metode subjektif seperti wawancara dan kuesioner. Oleh karena itu, sistem objektif berbasis *eye tracking* dibutuhkan untuk mendeteksi respons non-verbal secara kuantitatif.

II. KAJIAN TEORI

A. Eye Movement

Eye Movement atau gerakan mata memainkan peran penting dalam persepsi visual. Gerakan mata terjadi melalui kerjasama otot ekstraokular yang dikendalikan oleh tiga saraf kranial yaitu saraf okulomotor (III),

troklearis (IV), dan abduksen (VI). Koordinasi kompleks antar otot ekstraokular ini menjadi dasar bagi terbentuknya berbagai jenis gerakan mata, seperti fiksasi dan sakade yang masing-masing memiliki karakteristik serta fungsi berbeda.

B. Eye Tracking

Eye Tracking merupakan teknologi yang digunakan untuk mendeteksi atau menganalisis pergerakan mata yang berfungsi untuk mengetahui arah pandang, pola perhatian, serta dinamika proses visual yang terjadi.

C. Mediapipe

Mediapipe adalah framework open-source yang dikembangkan oleh Google untuk rangkaian pipeline pemrosesan multimedia secara *real-time*. Platform ini menyediakan solusi *machine learning* yang efisien, termasuk modul *face mesh* dan *eye tracking*, yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi dan menganalisis pergerakan mata dengan tingkat akurasi tinggi

D. Hubungan Pergerakan Mata dengan Response Emosional

Sejumlah studi menunjukkan bahwa pergerakan mata berkaitan erat dengan emosi dan atensi, terutama terhadap stimulus yang mengancam. Individu dengan kecemasan tinggi cenderung menunjukkan pola *hypervigilance-avoidance*. Kecemasan juga memengaruhi kontrol motorik okular, ditandai dengan peningkatan sakade tak terarah dan kesulitan mempertahankan fiksasi. Pada gangguan kecemasan sosial, individu cenderung menghindari kontak mata langsung, terutama terhadap ekspresi negatif. Secara keseluruhan, arah, durasi, dan kestabilan pandangan merupakan indikator penting dalam mengidentifikasi respons emosional.

E. Stimulus Video

Stimulus video merupakan penggunaan klip video yang bertujuan untuk memunculkan respons dari individu, baik secara emosional maupun fisiologis. Video dapat mempengaruhi kondisi emosional seseorang saat menontonnya. Video yang menampilkan adegan emosional seperti sedih, bahagia atau menegangkan dapat memicu perubahan pada respons fisiologis maupun perilaku visual.

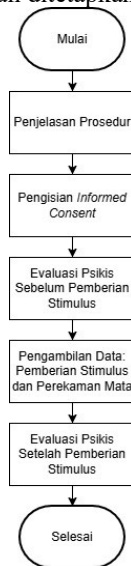
F. Paired t-Test

Paired test merupakan jenis uji statistik yang digunakan untuk membandingkan dua data yang saling berhubungan atau berpasangan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara dua kondisi pada sampel yang sama. Jika nilai p-value < 0,05, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kondisi tersebut. Sebaliknya, jika p-value > 0,05, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara variabel yang dipasangkan.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Akuisisi Data

Di bawah ini ditampilkan flowchart pengambilan data yang memuat tahapan secara berurutan untuk memastikan proses akuisisi data berjalan sesuai prosedur yang telah ditetapkan.

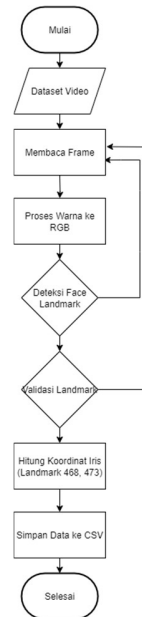


GAMBAR 1

Prosedur dimulai dengan memberikan penjelasan kepada subjek yang berjumlah 6 orang dengan usia

20-24 tahun mengenai tujuan, langkah, dan risiko penelitian, diikuti pengisian *Informed Consent* sebagai persetujuan sukarela. Selanjutnya dilakukan evaluasi psikis awal, kemudian pemberian stimulus video sambil merekam pergerakan mata subjek menggunakan webcam 30 fps. Hasil data rekaman dalam format digital (.mp4) kemudian dianalisis untuk melihat respons emosional. Setelah stimulus, dilakukan assessment psikologis untuk menilai dampaknya. Penelitian diakhiri setelah seluruh data dan evaluasi terkumpul.

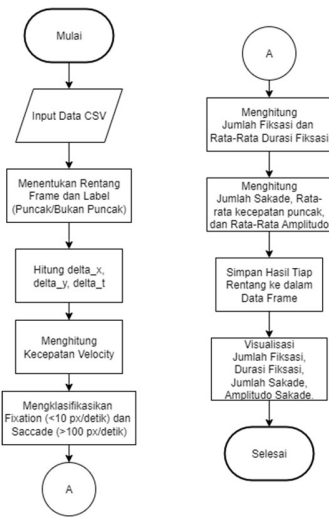
B. Pre-processing



GAMBAR 2

Proses deteksi mata diawali dengan menyiapkan dataset video yang dianalisis per frame. Setiap frame dikonversi ke format RGB agar kompatibel dengan model deteksi, lalu model machine learning mendeteksi landmark wajah. Sistem memvalidasi hasil deteksi; jika tidak akurat, frame diproses ulang. Jika valid, koordinat pupil kiri dan kanan (landmark 468 dan 473) dihitung dan disimpan. Semua koordinat valid dikumpulkan dan diekspor ke file CSV, menandai selesainya proses.

C. Ekstraksi Fitur



GAMBAR 3

Proses ekstraksi fitur gerakan mata dimulai dengan memuat data koordinat iris dari file CSV, lalu mensegmentasi video ke dalam rentang frame puncak dan non-puncak. Bagian puncak diambil pada menit 1:10–1:15, 3:10–3:16, dan 8:30–8:36, berdasarkan adegan dengan perubahan visual drastis. Sistem menghitung delta posisi (x, y) dan waktu (t) antar frame untuk memperoleh kecepatan gerakan mata. Gerakan diklasifikasikan sebagai fiksasi bila kecepatan <10 piksel/detik dan sakade bila >100 piksel/detik. Selanjutnya, diekstraksi fitur seperti jumlah dan durasi fiksasi, serta jumlah, kecepatan puncak, dan amplitudo sakade. Hasilnya disimpan dalam DataFrame dan divisualisasikan dengan grafik batang untuk membandingkan segmen puncak dan non-puncak. Pada penelitian ini digunakan pendekatan velocity-based (I-VT) dan dispersion-based (I-DT) sebagai dasar untuk mengidentifikasi serta menghitung parameter pergerakan mata

D. Metode Analisis Data

Metode Paired T-test digunakan untuk menganalisis perbedaan signifikan antara kondisi puncak dan non-puncak pada lima fitur gerakan mata: jumlah sakade, rata-rata amplitudo, rata-rata kecepatan sakade, rata-rata durasi fiksasi, dan jumlah fiksasi. Rumus yang digunakan

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

dengan

t = nilai uji,

\bar{d} = rata-rata selisih pasangan data,

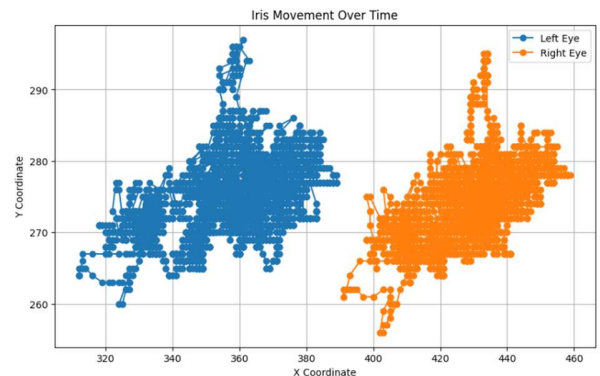
sd = standar deviasi selisih, dan

n = jumlah pasangan data.

Uji dilakukan berpasangan untuk setiap subjek agar mengontrol variabilitas individu, dengan hipotesis nol ditolak jika $p < 0,05$. Hasilnya menunjukkan apakah strategi visual dan beban kognitif berbeda nyata antara kondisi puncak dan non-puncak.

IV. HASIL DAN ANALISIS

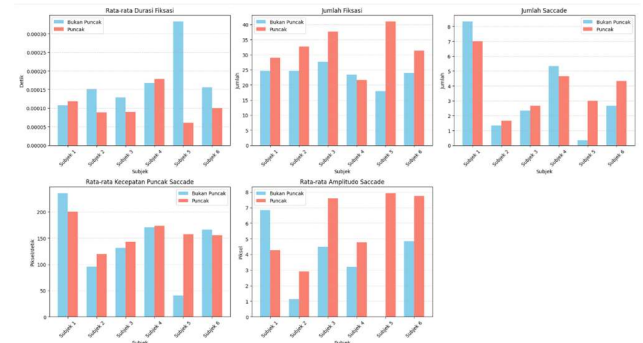
A. Hasil Pre-processing



GAMBAR 4 Hasil Scanpath Mata

Setelah melalui proses konversi warna dan menentukan deteksi titik landmark wajah yang kemudian di fokuskan pada iris mata, sistem menampilkan hasil scanpath mata pada Gambar 4 Lintasan pergerakan iris mata kiri (biru) dan kanan (oranye) yang menunjukkan sistem berhasil melacak keduanya secara konsisten. Titik-titik padat menandakan periode fiksasi, sedangkan garis penghubung merepresentasikan sakade. Pola yang terbentuk menunjukkan perhatian subjek tersebar pada beberapa area, dengan kombinasi sakade panjang dan pendek yang menggambarkan eksplorasi detail dalam adegan.

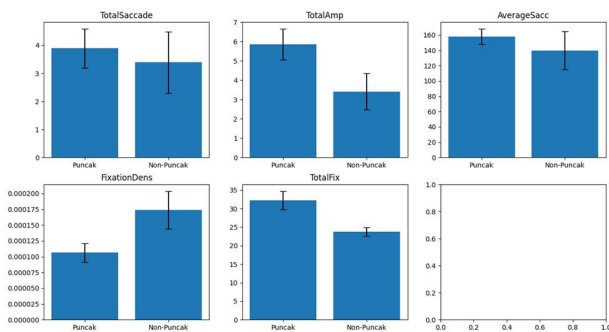
B. Hasil Ekstraksi Fitur



GAMBAR 5 Ekstraksi Fitur Setiap Subjek

Gambar 5 menampilkan diagram dari rata-rata tiga adegan puncak dan non-puncak yang berbeda pada setiap subjek. Bar berwarna merah menunjukkan rata-rata puncak sedangkan bar berwarna biru adalah rata-rata non-puncak. Sebagian besar menunjukkan perbedaan jelas: pada kondisi puncak, subjek lebih sering melakukan fiksasi singkat dengan amplitudo sakade lebih besar, menandakan eksplorasi visual yang aktif. Sebaliknya, pada non-puncak, fiksasi lebih sedikit namun berdurasi lebih lama dan dengan jangkauan sempit, menandakan fokus yang lebih stabil. Dua metrik lainnya, yaitu jumlah dan kecepatan sakade, tidak menunjukkan pola konsisten karena variabilitas antar subjek tinggi. Subjek 4 bahkan menunjukkan pola berlawanan dengan mayoritas.

C. Analisis Statistik Paired t-test



GAMBAR 6

Boxplot Perbandingan Antar Fitur pada Kondisi Puncak dan Non-Puncak

Analisis Paired T-test dilakukan untuk menguji perbedaan signifikan antara kondisi puncak dan non-puncak pada metrik gerakan mata. **Gambar 4.3** menampilkan rata-rata lima fitur utama dengan batang sebagai nilai rata-rata dan error bar sebagai variabilitas data. Secara visual, fitur seperti TotalAmp dan TotalFix lebih tinggi pada kondisi puncak, namun tumpang tindih error bar menunjukkan variasi data yang cukup besar antar subjek.

TABEL 1
Hasil Nilai P-Value

Fitur	Nilai P-Value
TotalSaccade	0.4433
TotalAmp	0.1367
AverageSacc	0.4341

FixationDens	0.1756
TotalFix	0.0516

Hasil pada **Tabel 4.2** menunjukkan seluruh fitur memiliki $p > 0,05$, sehingga tidak ada perbedaan signifikan antara kondisi puncak dan non-puncak. Meskipun perbedaan rata-rata terlihat pada Gambar 4.6, hasil ini selaras dengan tumpang tindih error bar, yang menandakan variabilitas antar individu lebih besar daripada perbedaan antar kondisi.

D. Pembahasan Hasil

Meskipun hasil uji statistik menunjukkan $p > 0,05$, analisis deskriptif tetap mengungkap dua pola utama pada adegan puncak:

1. *Hypervigilance*, ditunjukkan oleh jumlah fiksasi tinggi dengan durasi singkat, menandakan pemindaian visual cepat untuk mendeteksi ancaman.
2. *Attentional avoidance*, terlihat dari amplitudo sakade lebih besar, mencerminkan perpindahan pandangan yang jauh untuk menghindari stimulus menegangkan.

Ketidaksignifikanan hasil uji disebabkan oleh variabilitas antar individu, beberapa menunjukkan pola kuat, sementara lainnya lemah sehingga efek rata-rata kelompok tidak cukup menonjol untuk mencapai signifikansi statistik.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang sistem eye tracking berbasis webcam untuk mendeteksi pergerakan mata terhadap stimulus video. Sistem mampu melakukan deteksi pupil, ekstraksi fitur fiksasi dan sakade, serta analisis perilaku visual secara akurat pada video 30 fps. Meskipun uji Paired T-test menunjukkan $p > 0,05$, analisis deskriptif mengungkap dua pola utama: *hypervigilance* (fiksasi lebih banyak dan singkat) dan *attentional avoidance* (amplitudo sakade lebih besar). Kedua pola ini menggambarkan strategi atensi terhadap stimulus menegangkan dan menunjukkan potensi sistem sebagai alat bantu analisis psikologis objektif. Ketidaksignifikanan statistik disebabkan oleh variabilitas respons antar individu.

REFERENSI

- [1] "Eye Movement: Types and functions explained,"

- Tobii. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.tobii.com/resource-center/learn-articles/types-of-eye-movements>
- [2] H. Gorin, J. Patel, Q. Qiu, A. Merians, S. Adamovich, and G. Fluett, "A Review of the Use of Gaze and Pupil Metrics to Assess Mental Workload in Gamified and Simulated Sensorimotor Tasks," *Sensors*, vol. 24, no. 6, pp. 1–16, 2024, doi: 10.3390/s24061759.
- [3] R. S. Hessels, A. Nuthmann, M. Nyström, R. Andersson, D. C. Niehorster, and I. T. C. Hooge, "The fundamentals of eye tracking part 1: The link between theory and research question," *Behav. Res. Methods*, vol. 57, no. 1, 2025, doi: 10.3758/s13428-024-02544-8.
- [4] "Mental Health," Institute for Health Metric and Evaluation. Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.healthdata.org/research-analysis/health-topics/mental-health#:~:text=Gangguan mental termasuk dalam 10, gangguan mental pada tahun 2021.](https://www.healthdata.org/research-analysis/health-topics/mental-health#:~:text=Gangguan%20mental%20termasuk%20dalam%20gangguan%20mental%20pada%20tahun%202021.)
- [5] "Anxiety disorders," World Health Organization. Accessed: Sep. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anxiety-disorders>
- [6] G. Barus, "Hasil Survei I-NAMHS: Satu dari Tiga Remaja Indonesia Memiliki Masalah Kesehatan Mental," Universitas Gadjah Mada. Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: <https://ugm.ac.id/id/berita/23086-hasil-survei-i-namhs-satu-dari-tiga-remaja-indonesia-memiliki-masalah-kesehatan-mental/>
- [7] M. T. Wilmer, K. Anderson, and M. Reynolds, "Correlates of Quality of Life in Anxiety Disorders: Review of Recent Research," *Curr. Psychiatry Rep.*, vol. 23, no. 11, 2021, doi: 10.1007/s11920-021-01290-4.
- [8] L. Palagini *et al.*, "Insomnia, anxiety and related disorders: a systematic review on clinical and therapeutic perspective with potential mechanisms underlying their complex link," *Neurosci. Appl.*, vol. 3, no. July 2023, p. 103936, 2024, doi: 10.1016/j.nsa.2024.103936.
- [9] C. A. Mulianda, B. Murti, and H. Prasetya, "Associations between Anxiety, Depression, and Poor Quality of Sleep on the Risk of Irritable Bowel Syndrome: A Meta-Analysis," *J. Epidemiol. Public Heal.*, vol. 8, p. 1, 2023, [Online]. Available: <https://www.jepublichealth.com/index.php/jepublichealth/article/view/565>
- [10] C. Jyotsna, J. Amudha, A. Ram, and G. Nollo, "IntelEye: An Intelligent Tool for the Detection of Stressful State based on Eye Gaze Data while Watching Video," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 218, pp. 1270–1279, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.105.
- [11] D. J. Ariyadi, I. G. A. Gunadi, and D. G. H. Divayana, "Analisis Gerakan Mata Terhadap Tingkat Kecemasan Mahasiswa Dengan Metode Fuzzy Inference System," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 10, no. 1, pp. 13–22, 2023, doi: 10.25047/jtit.v10i1.304.
- [12] A. L. Nelson, L. Quigley, J. Carriere, E. Kalles, D. Smilek, and C. Purdon, "Avoidance of mild threat observed in generalized anxiety disorder (GAD) using eye tracking," *J. Anxiety Disord.*, vol. 88, p. 102577, May 2022, doi: 10.1016/J.JANXDIS.2022.102577.
- [13] H. Burns *et al.*, "Attentional biases for dynamic stimuli in emerging adults with anxiety: A preliminary eye-tracking study," *J. Psychiatr. Res.*, vol. 184, pp. 262–271, Apr. 2025, doi: 10.1016/J.JPSYCHIRES.2025.02.046.
- [14] V. Dragoi, "Chapter 8: Ocular Motor Control," *Univ. Texas*, 2020, [Online]. Available: <https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/m/s3/chapter08.html>
- [15] C. L. Shumway, M. Motlagh, and M. W. Marjorie V. Launico, "Anatomy, Head and Neck: Eye Medial Rectus Muscles," *Natl. Libr. Med.*, 2023, [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519026/>
- [16] "Types of eye movements," Tobii. Accessed: Sep. 20, 2020. [Online]. Available: https://connect.tobii.com/s/article/types-of-eye-movements?language=en_US
- [17] B. Mahanama *et al.*, "Eye Movement and Pupil Measures: A Review," *Front. Comput. Sci.*, vol. 3, no. January, pp. 1–22, 2022, doi: 10.3389/fcomp.2021.733531.
- [18] "What is Eye Tracking," Tobii. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.tobii.com/learn-and-support/get-started/what-is-eye-tracking>
- [19] A. Vakunov and D. Lagun, "MediaPipe Iris: Real-time Iris Tracking & Depth Estimation," Google Research. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://research.google/blog/mediapipe-iris-real-time-iris-tracking-depth-estimation/>
- [20] N. Xie, Z. Liu, Z. Li, W. Pang, and B. Lu, "Student engagement detection in online environment using computer vision and multi-dimensional feature fusion," *Multimed. Syst.*, vol. 29, no. 6, pp. 3559–

3577, 2023, doi: 10.1007/s00530-023-01153-3.

- [21] K. Clauss, J. Y. Gorday, and J. R. Bardeen, "Eye tracking evidence of threat-related attentional bias in anxiety- and fear-related disorders: A systematic review and meta-analysis," *Clin. Psychol. Rev.*, vol. 93, p. 102142, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.CPR.2022.102142.
- [22] I. Konovalova, J. V. Antolin, H. Bolderston, and N. J. Gregory, "Adults with higher social anxiety show avoidant gaze behaviour in a real-world social setting: A mobile eye tracking study," *PLoS One*, vol. 16, no. 10 October, pp. 1–17, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0259007.
- [23] C. I. Szepesi *et al.*, "Multimodal assessment of social anxiety among international students," *Pers. Individ. Dif.*, vol. 225, p. 112637, Jul. 2024, doi: 10.1016/J.PAID.2024.112637.
- [24] L. M. Tully *et al.*, "The SocialVidStim: a video database of positive and negative social evaluation stimuli for use in social cognitive neuroscience paradigms," *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, vol. 19, no. 1, 2024, doi: 10.1093/scan/nsae024.
- [25] S. Saganowski *et al.*, "Emognition dataset: emotion recognition with self-reports, facial expressions, and physiology using wearables," *Sci. Data*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1038/s41597-022-01262-0.
- [26] B. Langenberg, M. Janczyk, V. Koob, R. Kliegl, and A. Mayer, "A tutorial on using the paired t test for power calculations in repeated measures ANOVA with interactions," *Behav. Res. Methods*, vol. 55, no. 5, pp. 2467–2484, 2023, doi: 10.3758/s13428-022-01902-8.
- [27] D. C. Niehorster *et al.*, "The fundamentals of eye tracking part 4: Tools for conducting an eye tracking study," *Behav. Res. Methods*, vol. 57, no. 1, 2025, doi: 10.3758/s13428-024-02529-7.
- [28] S. Madariaga *et al.*, "SaFiDe: Detection of saccade and fixation periods based on eye-movement attributes from video-oculography, scleral coil or electrooculography data," *MethodsX*, vol. 10, no. January, p. 102041, 2023, doi: 10.1016/j.mex.2023.102041.