

Perancangan Sistem Eye Tracking untuk Analisis Pola Pergerakan Mata Dalam Menilai Respons Emosional Terhadap Stimulus Video

1st Izzul Fiqri Hafizha

SI Teknik Biomedis
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

zaafiza@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dr. Inung Wijayanto, S.T, M.T.

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

3rd Liana Nafisa Saftari, B.Eng., Ph.D.

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
lianasaftari@gmail.com

Abstrak— Adegan mencekam dan netral dapat memicu perubahan emosi yang berbeda, dengan stres sebagai respons fisiologis dan psikologis terhadap tekanan yang melebihi kapasitas adaptasi individu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem eye tracking yang menganalisis pola pergerakan mata sebagai indikator perubahan respons terkait stres. Data dikumpulkan dengan merekam wajah subjek saat menonton video menegangkan. Pola pergerakan mata kemudian dianalisis menggunakan Machine Learning. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan pada total amplitudo saccade antara adegan menegangkan dan non-menegangkan, dengan p -value 0,018 ($p < 0,05$). Ini menunjukkan bahwa total amplitudo saccade efektif sebagai indikator perubahan emosional akibat stimulus menegangkan, dan dapat diandalkan untuk menilai perubahan respons psikologis, khususnya terkait stres. Sistem eye tracking yang dikembangkan memberikan wawasan lebih dalam tentang hubungan antara stimulus dan perubahan emosi, yang dapat digunakan untuk mengukur respons psikologis terhadap stimulus yang berbeda. Perancangan ini juga dapat digunakan dalam membuka potensi penggunaan teknologi ini dalam studi-studi lebih lanjut terkait respons emosional dan stres.

Kata kunci— Perubahan emosi, eye tracking, Artificial Intelligence, Stimulus Video, Amplitudo Saccade, Paired Test

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan NIH (The National Institutes of Health) pada tahun 2022, diperkirakan ada 59,3 juta orang dewasa berusia 18 tahun atau lebih di Amerika Serikat yang mengidap AMI [1]. AMI adalah gangguan mental, perilaku dan emosi. Selain itu pada survey yang dilakukan oleh I-NAMHS [2] ditemukan sebesar 34,9% remaja di Indonesia mengalami gangguan kesehatan mental. Ini menunjukkan bahwa hampir sepertiga dari populasi remaja di Indonesia menghadapi masalah psikologis yang dapat memengaruhi kualitas hidup mereka.

Di tengah perkembangan teknologi, muncul pendekatan baru untuk mendeteksi mental health issue secara objektif. Salah satu teknologi yang semakin populer adalah eye tracking, sebuah media yang mampu melacak dan menganalisis pergerakan mata (eye movement) untuk mengungkap kondisi psikologis seseorang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis eye tracking dalam melihat pola pergerakan mata terhadap perubahan respon yang merujuk pada stres. Dengan memahami pola pergerakan mata yang berkaitan dengan perubahan emosional mengacu pada kondisi stres, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan

metode deteksi dini stres yang lebih efektif dan efisien. Perubahan emosional dapat berpengaruh pada indikasi stres.

Penelitian sejenis mengenai hubungan eye tracking dengan stres telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini mengklasifikasikan kondisi stres dan relaksasi dalam uji Stroop dan tingkat stres dalam tugas matematika menggunakan sinyal PD dan EDA [3]. Kemudian, perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian ini membandingkan pergerakan mata menggunakan stimulus video yang menegangkan dengan menggunakan satu video. Hasil dari penelitian ini berupa mengetahui hubungan dari pergerakan mata melalui rancangan eye tracking dalam melihat perubahan respons seseorang saat diberikan stimulus sebagai prediksi indikasi stres.

II. KAJIAN TEORI

A. Perubahan Emosi Terhadap Stres

Perubahan emosi merujuk pada pergeseran atau perubahan dalam perasaan seseorang sebagai respons terhadap suatu stimulus, situasi, atau peristiwa. Perubahan emosi yang tidak diregulasi dapat memicu adanya gangguan kesehatan mental seperti kecemasan, stres[4]. Stres adalah kondisi kecemasan atau ketegangan mental yang terjadi sebagai respons terhadap situasi sulit. Ini merupakan reaksi alami yang membantu kita menghadapi tantangan atau ancaman dalam hidup. Perubahan emosi sering kali merupakan salah satu indikator atau reaksi terhadap stres. Gejala umum dari stres mencakup perubahan suasana hati, seperti mood swing dan gangguan tidur, serta meningkatnya sensitivitas fisik dan emosional, termasuk ketegangan otot dan kelelahan. Stres juga mengganggu kemampuan untuk fokus yang dapat memengaruhi kinerja otak, serta menyebabkan sakit kepala, terutama migrain dan nyeri otot di leher dan bahu.

B. Eye Movement

Mata merupakan salah satu organ tubuh manusia yang penting dan berguna untuk melihat. Mata dapat bergerak untuk dapat melihat jangkauan yang lebih lebar. Salah satu bagian mata yaitu pupil mata yang berfungsi sebagai bagian untuk menangkap cahaya untuk dapat melihat. Ada otot yang berfungsi memperkecil pupil dan otot lainnya memperbesar pupil bernama iris. Gerakan otot-otot ini secara otomatis menyesuaikan jumlah cahaya yang masuk ke mata, sehingga mata dapat melihat dengan baik di berbagai kondisi cahaya. Mata dapat bergerak atau disebut juga dengan pergerakan mata.

Pergerakan mata terbagi menjadi fiksasi dan *saccade*. Fiksasi yaitu keadaan ketika mata tetap fokus pada satu objek untuk jangka waktu tertentu, menjaga stabilitas persepsi sambil mengumpulkan informasi visual dari objek tersebut. Dalam fiksasi terdapat densitas fiksasi. Densitas Fiksasi adalah metrik yang digunakan untuk mengukur frekuensi atau intensitas fiksasi mata dalam suatu rentang waktu atau area tertentu.

Densitas Fiksasi = Jumlah Frame/Jumlah Fiksasi

Densitas fiksasi memberikan gambaran tentang tingkat fokus visual dalam rentang waktu tertentu.

Sedangkan *saccade* adalah gerakan cepat mata yang membawa pandangan dari satu titik fiksasi ke titik berikutnya. Pada *saccade* dapat diambil pergerakan mata dari amplitudo *saccade*. Amplitudo *saccade* mengacu pada jarak yang ditempuh oleh mata dalam satu gerakan cepat antara dua titik.

$$\text{Amplitudo} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

GAMBAR 1. Rumus Amplitudo *Saccade*[5]

Keterangan:

- x_1, y_1 : Posisi awal mata
- x_2, y_2 : Posisi akhir mata

C. Stimulus

Stimulus merupakan istilah yang digunakan oleh psikologi untuk menjelaskan suatu hal yang merangsang terjadinya respons tertentu. Respons merupakan reaksi, artinya penerimaan atau penolakan, serta sikap acuh tak acuh terhadap apa yang disampaikan oleh komunikator dalam pesannya[6]. Jenis stimulus ada berbagai macam, seperti stimulus gambar, video, soal, interaksi dan lainnya. Stimulus video merujuk pada penggunaan video atau ilustrasi sebagai alat untuk memicu respons atau reaksi dari individu. Video dapat mempengaruhi psikologis seseorang terutama video yang mengandung suatu kejadian tragis, menyedihkan, suasana peperangan, bencana alam dan lainnya. Berdasarkan jurnal oleh Jyotsna, C., dkk bahwa video yang menegangkan atau menakutkan dapat memicu stres [7].



GAMBAR 2. Stimulus Video (Curve)[8]

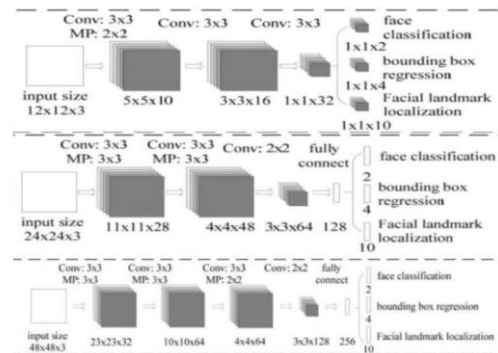
Curve merupakan salah satu film pendek horror yang dibuat oleh Tim Egan yang rilis pada tahun 2016.

D. Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence (AI) adalah suatu sistem yang menggambarkan kapasitas mesin untuk melakukan operasi yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti pengenalan suara, pemahaman bahasa alami, dan pengambilan keputusan [9]. AI melibatkan penggunaan algoritma dan model matematika untuk memungkinkan

komputer dan sistem lainnya untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan yang cerdas [10].

Algoritma MTCNN adalah salah satu metode yang digunakan untuk autentikasi wajah. MTCNN, yang merupakan singkatan dari *Multi-Task Cascaded Convolutional Network*, merupakan pengembangan dari model CNN yang terdiri dari tiga lapisan jaringan, yaitu P-Net, R-Net, dan O-Net. Algoritma ini memanfaatkan teknik pengelompokan kandidat dan klasifikasi untuk memperoleh deteksi wajah yang lebih efisien dan cepat [11].



GAMBAR 3. Struktur MTCNN

Setiap lapisan terdiri dari beberapa operasi konvolusi dan pooling yang mengolah data gambar untuk menghasilkan hasil deteksi wajah yang lebih akurat. Selain untuk mendeteksi, MTCNN juga dapat untuk *cropping* bagian deteksi wajah yang telah ditentukan.

E. Paired Test

Paired test merupakan uji beda dua sampel berpasangan [12]. Uji ini biasanya digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan antara dua kondisi yang berbeda pada sampel yang sama. Jika hasil $p\text{-value} < 0,05$, artinya terdapat perbedaan yang cukup signifikan atau tinggi, sedangkan jika hasil $p\text{-value}$ yang diperoleh $> 0,05$, tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan antar variabel yang dipasangkan.

1. Hipotesis Nol (H_0): Tidak ada perbedaan yang signifikan antara dua grup yang dibandingkan.
2. Hipotesis Alternatif (H_1): Ada perbedaan yang signifikan antara dua grup yang dibandingkan.
3. Perhitungan t-statistik:

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

GAMBAR 4. Rumus Paired Test

Keterangan:

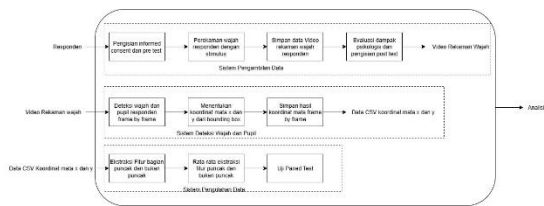
- $\bar{d}$ adalah rata-rata selisih pasangan data,
- s_d adalah deviasi standar dari selisih,
- n adalah jumlah pasangan data.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Desain Sistem

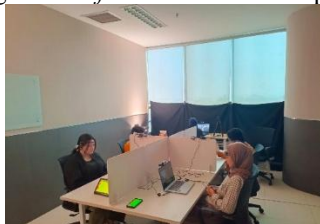
Proses pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan berkolaborasi bersama mahasiswa jurusan Teknik

Telekomunikasi Universitas Telkom yang juga melakukan penelitian menggunakan stimulus video menegangkan dengan EEG serta mahasiswa jurusan psikologi Universitas Islam Bandung.



GAMBAR 5. Diagram Sistem

Sistem awal yang perlu dilakukan yaitu sistem pengambilan data. Responden yang terpilih merupakan responden dengan kondisi mental yang cukup stabil. Selain pengambilan responden berdasarkan data psikotes awal dari Telkom University, evaluasi juga dilakukan dengan dilakukan pretest untuk mengetahui kondisi psikis responden sebelum diberikan stimulus. Skala yang digunakan dalam penilaian ini dirancang untuk menilai perasaan dan pikiran responden secara menyeluruh, dengan penilaian berupa angka pada rentang 1 hingga 10. Dalam skala ini, nilai >6 dianggap sebagai indikasi bahwa kondisi psikologis responden masih berada dalam keadaan stabil. Responden diminta untuk mengisi *informed consent* dan pretest.



GAMBAR 6. Proses Pengambilan Data

Setelahnya, responden atau subjek diinstruksikan untuk memasuki ruangan yang disediakan untuk menonton video stimulus. Responden diminta untuk kondusif dan tidak berpindah pindah tempat selama proses pengambilan data dilakukan. Setelah proses pengambilan data selesai dilakukan, responden akan diminta mengisi posttest untuk meninjau bagaimana kondisi responden setelah diberikan stimulus berupa video menegangkan.

Data rekaman wajah responden selama menonton stimulus menjadi data awal pada penelitian untuk selanjutnya masuk pada deteksi fitur dalam video. Fitur yang diambil dalam deteksi difokuskan untuk mendeteksi pupil mata. Setelah memperoleh fitur yang diinginkan, selanjutnya mengubah hasil deteksi tersebut menjadi data CSV berupa koordinat mata x dan y dari bounding box wajah. Setelah memperoleh data CSV berupa koordinat mata, kemudian diolah kembali untuk memperoleh informasi pada pupil mata selama diberikan stimulus berupa video. Lakukan uji paired test untuk mengetahui perbedaan signifikan antara 2 kondisi, yaitu pada puncak dan bukan puncak. Hasil akhir yang dicapai yaitu hasil rancangan dapat mengetahui bagaimana hubungan mata dengan perubahan emosi terhadap stimulus yang diberikan.

B. Perangkat yang Digunakan



GAMBAR 7. Laptop

Perangkat keras yang digunakan untuk mendukung penelitian yaitu berupa laptop seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 untuk dapat memproses software yang ada didalamnya dan mudah untuk digunakan serta dibawa.



GAMBAR 8. Webcam[13]

Selain menggunakan laptop, perangkat keras tambahan yang digunakan yaitu webcam eksternal. Webcam eksternal merupakan perangkat keras yang berguna dalam penelitian ini, yaitu untuk pengambilan data wajah yang akurat dan jelas. Dengan kemampuannya untuk menghasilkan gambar atau video berkualitas tinggi, webcam eksternal memungkinkan untuk memperoleh data yang lebih tajam dan detail dibandingkan dengan kamera bawaan pada perangkat.



GAMBAR 9. Perekaman Layar (OBS)

Dalam menjalankan sistem yang baik, perlu juga adanya sistem perangkat lunak. Salah satu aplikasi tambahan yang digunakan dalam penelitian yaitu OBS Studio. Aplikasi ini berguna untuk dapat menjalankan tugas dari perangkat keras berupa webcam eksternal.

C. Spesifikasi Sistem

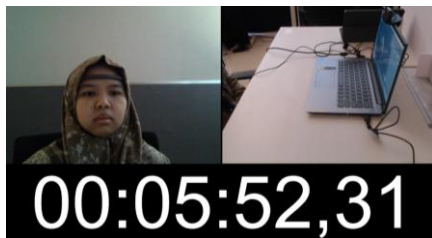
Dalam merancang sebuah sistem menggunakan bahasa pemrograman Python dengan aplikasi Visual Studio Code (VSCode) sebagai IDE, serta memanfaatkan OpenCV sebagai *framework*, dengan keuntungan dari segi kualitas maupun efisiensi biaya. Pengolahan data video akan dilakukan menggunakan OpenCV untuk kemudian diubah dalam bentuk *frame by frame* dari video. Hasil *frame* yang diolah akan diolah kembali untuk mengetahui pola pergerakan matanya yang diketahui melalui titik yang menunjukkan posisi pupil. Setelah memperoleh data pergerakan pupil, data akan diubah menjadi file CSV berisi koordinat x dan y dari pupil. Data akan dipilih pada rentang *frame* tertentu yang dianggap sebagai puncak video yang dianggap sebagai saat menegangkan dari video tanpa *jumpscare*. Pengolahan dilakukan dengan melakukan ekstraksi fitur antar label puncak dan bukan puncak. Setiap *frame* yang dihasilkan dari video akan dianalisis untuk mengidentifikasi pola pergerakan mata responden, yang akan

diketahui melalui titik yang menunjukkan posisi pupil. Data pergerakan pupil ini kemudian akan diekstraksi untuk mendapatkan koordinat x dan y dari posisi pupil pada setiap *frame*. Hasil ekstraksi fitur ini akan disimpan dalam format file CSV, di mana setiap baris berisi koordinat x dan y dari pupil yang terdeteksi, dengan urutan *frame* yang diambil untuk deteksi. Kemudian data CSV dilakukan normalisasi dan ekstraksi fitur. Setelah itu, dihitung rata-rata dari setiap fitur pada dua kategori tersebut, yaitu puncak dan bukan puncak. Data yang telah diproses ini kemudian diuji menggunakan paired test untuk membandingkan nilai rata-rata antara kedua kondisi, dengan hipotesis nol yang menyatakan tidak ada perbedaan signifikan.

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Hasil Rancangan Deteksi Pupil Mata

Dalam Pengambilan data, responden diminta untuk menonton video stimulus yang diberikan. Dibawah merupakan hasil rekaman wajah responden saat diberikan stimulus.



GAMBAR 10. Hasil Perekaman Layar

Dalam video yang digunakan, ditentukan bahwa terdapat 3 bagian pada video yang merupakan bagian puncak yang cukup menegangkan, tetapi tetap tanpa *jumpscare* berlebih. Bagian yang diambil merupakan pada menit ke 1.10-1.15, 3.10-3.16 dan 8.30-8.36. Pengambilan puncak ini berdasarkan bagian puncak menegangkan.

Hasil rancangan dilakukan dengan melakukan ROI (*Region of Interest*). ROI adalah area atau bagian tertentu dari citra atau video yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut. ROI yang dipilih yaitu pupil mata, tetapi untuk memperoleh hasil ROI yang ingin dicapai yaitu mata, perlu untuk deteksi pada bagian wajah terlebih dahulu untuk mempermudah deteksi pupil.



GAMBAR 11. Hasil *Bounding Box* Wajah

Proses deteksi dilakukan dengan kecepatan 30 *frame* per detik (fps), artinya, setiap detik video menghasilkan 30 data gambar. Setiap gambar diperoleh melalui teknik *cropping*

pada area wajah, terutama sekitar mata. Proses ini bertujuan untuk memudahkan analisis pergerakan pupil. Deteksi ini dapat memberikan informasi yang lebih jelas tentang ekspresi wajah dan gerakan mata. Data yang terkumpul dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



GAMBAR 12. Hasil deteksi *frame by frame*

Karena data berupa data video, maka perlu mengubah menjadi frame, sehingga diperoleh hasil seperti gambar 12. Hasil mata yang terdeteksi akan diubah menjadi data CSV dengan koordinat x dan y dari pupil diambil dari bounding box wajahnya.

frame	Koordinat x mata kiri	Koordinat y mata kiri	Koordinat x mata kanan	Koordinat y mata kanan	timestamp
0	0,2833	0,3661	0,7494	0,3377	00:00,0
1	0,2823	0,3652	0,75	0,3375	00:00,0
2	0,2841	0,3659	0,7498	0,3383	00:00,1
3	0,2824	0,365	0,7522	0,333	00:00,1
4	0,2956	0,3691	0,7608	0,3443	00:00,1
5	0,2969	0,3743	0,7718	0,3449	00:00,2
6	0,3009	0,3775	0,7778	0,351	00:00,2
7	0,3007	0,3775	0,7777	0,351	00:00,2
8	0,2998	0,3772	0,7779	0,3521	00:00,3
9	0,2961	0,3756	0,7744	0,3495	00:00,3
10	0,2988	0,3769	0,7775	0,3502	00:00,3
11	0,2957	0,3785	0,7746	0,3505	00:00,4
12	0,3018	0,3791	0,7772	0,3514	00:00,4
13	0,2986	0,3769	0,7738	0,3478	00:00,4
14	0,2995	0,3755	0,7777	0,3475	00:00,5
15	0,2971	0,3793	0,7722	0,3532	00:00,5
16	0,2961	0,3768	0,7699	0,3506	00:00,5
17	0,2963	0,3772	0,7746	0,3491	00:00,6
18	0,3054	0,3787	0,7793	0,3568	00:00,6
19	0,3037	0,3785	0,779	0,3561	00:00,6
20	0,3049	0,3755	0,7798	0,3549	00:00,7
21	0,3044	0,3725	0,7804	0,3546	00:00,7
22	0,3058	0,3773	0,7797	0,3562	00:00,7
23	0,3048	0,3793	0,7792	0,3536	00:00,8

GAMBAR 13. Hasil Deteksi Pupil

Data Gambar 13 merupakan langkah selanjutnya yang dilakukan setelah hasil *bounding box* pada wajah dan deteksi pupil. Hasil data pupil yang telah dideteksi lalu dilakukan akuisisi data dengan diubah menjadi bentuk koordinat x dan y pada setiap *frame* yang dibentuk. *Frame* yang diambil yaitu sebanyak 30fps. Koordinat x dan y merupakan jarak yang diambil dari sisi kiri *bounding box*. Terdapat 6 data video yang berhasil digunakan.

4.2. Hasil Pengolahan Data

Setelah data berhasil dikumpulkan dalam bentuk CSV, langkah berikutnya sebelum masuk pada pengolahan data adalah memasukkan data tersebut ke dalam tahap *pre-processing* untuk mempersiapkan data agar siap untuk dianalisis lebih lanjut.

Pengambilan data puncak dalam video didasarkan pada bagian-bagian yang dirasa memiliki ketegangan lebih tinggi, meskipun tanpa adanya *jumpscare* yang mencolok. Puncak-puncak tersebut terletak pada menit ke 1.10-1.15, 3.10-3.16,

dan 8.30-8.36, yang dipilih karena dianggap sebagai momen-momen yang cukup menonjol dalam video. Pemilihan waktu ini bertujuan untuk fokus pada bagian yang dapat memberikan pengaruh emosional terhadap responden.

Cara pengambilan data ‘puncak’ dan ‘bukan puncak’ yaitu dengan memperhatikan rentang waktu pada ‘puncak’ video dari rekaman wajah dan layar laptop. Setelah memastikan antara data rekaman wajah dengan video stimulus, tentukan bahwa data ‘puncak’ berada pada rentang waktu dan *frame* ke berapa. Cara penentuan perkiraan berada pada *frame* ke berapa yaitu dengan perhitungan berdasarkan fpsnya.

Frame = waktu (detik) xFps video

FPS yang digunakan dalam semua video yaitu sebesar 30 fps, jadi jika puncak berada pada rentang 1.10-1.15 maka rentang *frame* dari data ‘puncak’ sekitar di rentang *frame* 2,100-2,250.

Setelah memperoleh data puncak dan menentukan data bukan puncak, tahap selanjutnya ekstraksi fitur data tersebut. Ekstraksi fitur digunakan untuk dapat mengetahui perbedaan dari kedua data tersebut. Ekstraksi fitur yang digunakan yaitu berupa total *saccade*, total amplitudo *saccade*, kecepatan *saccade*, densitas fiksasi, dan total fiksasinya.

Total saccades	Total amplitudo	Rata-rata kecepatan saccade	Densitas Fiksasi	Total fiksasi	label
13	0,201	0,012	0,040	6	Puncak
17	0,171	0,014	0,055	10	Puncak
23	0,357	0,013	0,039	7	Puncak
17	0,307	0,013	0,040	6	Bukan Puncak
17	0,303	0,014	0,055	10	Bukan Puncak
18	0,215	0,010	0,033	6	Bukan Puncak
16	0,147	0,007	0,033	5	Puncak
16	0,136	0,008	0,022	4	Puncak
18	0,121	0,007	0,017	3	Puncak
15	0,160	0,010	0,046	7	Bukan Puncak
18	0,118	0,008	0,017	3	Bukan Puncak
18	0,236	0,011	0,039	7	Bukan Puncak
13	0,132	0,008	0,026	4	Puncak
15	0,300	0,014	0,061	11	Puncak
20	0,235	0,008	0,017	3	Puncak
17	0,147	0,012	0,046	7	Bukan Puncak
17	0,274	0,014	0,050	9	Bukan Puncak
17	0,263	0,011	0,022	4	Bukan Puncak

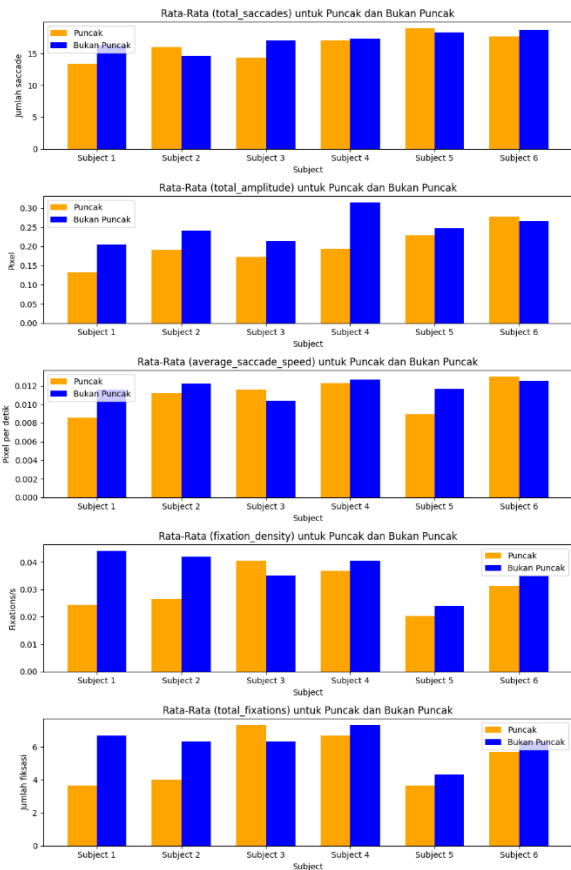
GAMBAR 14. Hasil Ekstraksi Fitur

Gambar 14. merupakan hasil ekstraksi fitur dari video yang dianalisis, dengan setiap 6 data pertama mewakili hasil ekstraksi dari satu video yang berisi tiga data yang merepresentasikan kondisi "Puncak" dan tiga data untuk kondisi "Bukan Puncak". Setiap data pada urutan ke-7 hingga ke-12 mengacu pada video kedua, dan seterusnya hingga video keenam. Masing-masing video memberikan tiga data "Puncak" dan tiga data "Bukan Puncak" yang dipilih berdasarkan momen menegangkan dalam video yang mewakili tingkat ketegangan yang lebih tinggi dan lebih rendah.

Tabel 1. Rata-Rata Ekstraksi Fitur

label	Rata-rata total saccades	Rata-rata total amplitudo	Rata-rata kecepatan rata-rata saccade	Rata-rata densitas fiksasi	Rata-rata total fiksasi
Puncak	176,667	0,2431	0,0127	0,0446	76,667
Bukan Puncak	173,333	0,275	0,0124	0,0427	73,333
Puncak	166,667	0,1349	0,0073	0,0239	4,0
Bukan Puncak	17,0	0,1716	0,0096	0,0339	56,667
Puncak	16,0	0,222	0,01	0,0346	6,0
Bukan Puncak	17,0	0,2281	0,0122	0,0394	66,667
Puncak	13,0	0,0684	0,0064	0,0059	1,0
Bukan Puncak	173,333	0,175	0,0091	0,0258	43,333
Puncak	156,667	0,2294	0,0114	0,0265	46,667
Bukan Puncak	16,0	0,2729	0,0131	0,0401	66,667
Puncak	183,333	0,2988	0,0178	0,0442	76,667
Bukan Puncak	176,667	0,3656	0,0148	0,0387	66,667

Hasil perhitungan rata-rata dari 3 data secara berurutan dan berlanjut hingga data terakhir. Artinya, data ‘puncak’ paling atas merupakan hasil perhitungan rata-rata dari 3 data pada tabel (atasnya). Hal tersebut juga terjadi pada data ‘bukan puncak’ dibawahnya. Begitupun dengan data selanjutnya. Selain itu, seluruh ekstraksi fitur juga diplotkan dan dibuat bar plot yang berbeda. Dengan cara ini, diharapkan dapat diperoleh pola yang lebih konsisten yang menggambarkan perbedaan antara kedua kondisi tersebut.



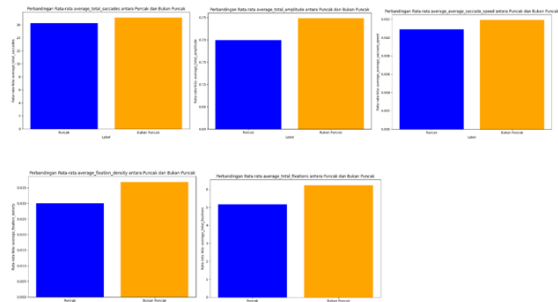
GAMBAR 15. Plot data rata-rata Ekstraksi Fitur

Gambar plot menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi "Puncak" dan "Bukan Puncak." Untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata nilai dari setiap fitur ekstraksi yang telah diperoleh, berdasarkan label "Puncak" dan "Bukan Puncak." Perhitungan rata-rata ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang perbedaan antara kedua kondisi tersebut pada masing-masing fitur yang telah dianalisis.

Tabel 2. Hasil Total Ekstraksi Fitur

label	Rata-rata total saccades	Rata-rata total amplitude	Rata-rata dari average kecepatan saccade	Rata-rata densitas fiksasi	Rata-rata total fiksasi
Bukan Puncak	17,0555	0,24803	0,01187	0,03677	6,2223
Puncak	16,2223	0,19943	0,01093	0,02995	5,1668

Tabel 2 merupakan hasil dari rata-rata untuk semua ekstraksi fitur pada label 'puncak' dan 'bukan puncak'. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa antar label tidak memiliki perbedaan yang signifikan.



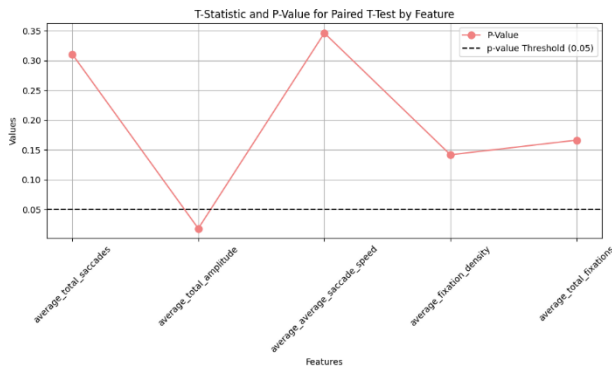
GAMBAR 16. Plot Data hasil total ekstraksi fitur

Jika dilihat pada bar plot ini, perbedaan bentuk grafik yang cukup terlihat pada ekstraksi fitur dari total amplitudo, densitas fiksasinya, dan jumlah fiksasinya. Sedangkan pada total saccade dan rata-rata kecepatan saccadenya terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang menonjol antara puncak dan bukan puncaknya. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat untuk analisis datanya, perlu dilakukan adanya paired test. Paired test berfungsi untuk mengetahui perbedaan signifikan dari data.

Tabel 3. Hasil Paired Test

feature	t_statistic	p_value	H0	H1
average_total_saccades	-112,745	0,311	Tidak Ditolak	Tidak Diterima
average_total_amplitude	-345,153	0,018	Ditolak	Diterima
average_average_saccade_speed	-103,975	0,346	Tidak Ditolak	Tidak Diterima
average_fixation_density	-174,259	0,142	Tidak Ditolak	Tidak Diterima
average_total_fixations	-161,855	0,166	Tidak Ditolak	Tidak Diterima

Hasil Tabel 3 dari paired test menunjukkan bahwa hanya total amplitudo yang menghasilkan Nilai p-value yang diperoleh adalah $< 0,05$, yaitu sebesar 0,018, sehingga H1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara data "Puncak" dan "Bukan Puncak."



GAMBAR 17. Grafik Paired Test

Hasil Gambar 17. memberikan gambaran tentang sejauh mana perbedaan antara kondisi "Puncak" dan "Bukan Puncak" dapat terdeteksi berdasarkan analisis pergerakan mata dan ekstraksi fitur. Pengolahan data untuk melihat perbedaan antara kondisi "Puncak" dan "Bukan Puncak" memberikan hasil yang signifikan. Artinya, data pergerakan mata dapat digunakan untuk membedakan kondisi ketegangan (puncak) dan ketenangan (bukan puncak), yang mungkin berhubungan dengan reaksi-reaksi mirip stres.

4.3. Analisis

Penelitian ini fokus pada mengamati respons peserta terhadap stimulus video yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan ringan, yang mungkin berhubungan dengan reaksi-reaksi mirip stres. Penerimaan H1 memberikan bukti bahwa data pergerakan mata tidak hanya mencerminkan aktivitas visual biasa, tetapi juga dapat menunjukkan adanya perubahan dalam respons emosional, seperti yang terlihat pada reaksi terhadap stimulus yang menegangkan. Dengan demikian, pengolahan data yang memetakan perbedaan antara kedua kondisi ini terbukti efektif, yang menunjukkan bahwa analisis pergerakan mata dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan kondisi emosional, termasuk potensi reaksi stres. Temuan ini membuka kemungkinan untuk menggunakan teknologi *eye tracking* sebagai metode non-invasif untuk mengukur respons emosional dan memberikan wawasan lebih lanjut tentang stres dalam berbagai situasi, meskipun tidak secara langsung mengklaim deteksi stres.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan pola pergerakan mata yang signifikan antara kondisi puncak dan bukan puncak, terutama dalam total amplitudo *saccade*. Rata-rata total amplitudo pada kondisi puncak sebesar 0,19943, sementara pada kondisi bukan puncak diperoleh 0,24803. Perbedaan ini membuktikan bahwa pola pergerakan mata dapat dipetakan dan dianalisis untuk menggambarkan respons emosional terhadap stimulus menegangkan.

Sistem *eye tracking* yang dirancang menggunakan MTCNN berhasil mendeteksi pergerakan mata dengan akurat, menghasilkan data koordinat mata berupa x dan y berdasarkan bounding box wajah. Data ini kemudian digunakan untuk mendeteksi posisi pupil pada video

stimulus dan disimpan dalam file CSV. Sistem ini mampu mendeteksi dan merekam data pergerakan mata yang relevan untuk analisis emosional, memenuhi tujuan penelitian untuk merancang sistem yang dapat mendeteksi pola pergerakan mata.

Berdasarkan hasil uji paired test, total amplitudo *saccade* menunjukkan perbedaan signifikan antara kondisi "Puncak" dan "Bukan Puncak" dengan p-value 0,018 ($p < 0,05$), yang menyebabkan H1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa total amplitudo *saccade* adalah fitur yang sensitif dan efektif dalam membedakan kedua kondisi tersebut. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa total amplitudo *saccade* dapat digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi perubahan emosional yang muncul dari stimulus menegangkan, meskipun fitur lainnya perlu evaluasi lebih lanjut. Teknologi *eye tracking* terbukti menjanjikan untuk aplikasi lebih lanjut dalam analisis emosional terkait stres.

REFERENSI

- [1] National Institute of Mental Health, "Mental Illness," *Natl. Inst. Ment. Heal.*, Sep. 2024.
- [2] A. E. Wahdi, H. E. Erskine, R. Blum, and dkk, *Indonesia – National Adolescent Mental Health Survey (I-NAMHS) Laporan Penelitian*. Pusat Kesehatan Reproduksi, 2022. Accessed: Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <https://qcmhr.org/outputs/reports/12-i-namhs-report-bahasa-indonesia>
- [3] Emiko Shishido, S. Ogawa, S. Miyata, M. Yamamoto, T. Inada, and N. Ozaki, "Application of eye trackers for understanding mental disorders: Cases for schizophrenia and autism spectrum disorder," *Neuropsychopharmacol Rep.*, vol. 39, 2019, doi: : 10.1002/npr2.12046.
- [4] Edib Şevki Keskiner, Ertuğrul Şahin, Nursel Topkaya, and Zehra Yiğit, "Behavioral Emotion Regulation Strategies and Symptoms of Psychological Distress Among Turkish University Students," *PubMed Cent.*, 2024, doi: : 10.3390/bs15010006.
- [5] M. Mancini and D. Bowie, "Rumus Jarak: Mencari Jarak Antara Dua Titik," *HowStuffWorks*. Jun. 27, 2024.
- [6] C. Jyotsna, J. Amudha, A. Ram, D. Fruet, and G. Nollo, "PredictEYE: Personalized Time Series Model for Mental State Prediction Using Eye Tracking," *IEEE Access*, vol. 11, no. November, pp. 128383–128409, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3332762.
- [7] 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," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 1270–1279. doi: 10.1016/j.procs.2023.01.105.
- [8] S. of the Week, *Curve*. Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://images.app.goo.gl/1eX5i94syP5y754GA>
- [9] M. Soori, B. Arezoo, and R. Dastres, "Artificial

intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review,” *Cognitive Robotics*, vol. 3. KeAi Communications Co., pp. 54–70, Jan. 01, 2023. doi: 10.1016/j.cogr.2023.04.001.

[10] E. S. Eriana, S. Kom, M. Kom, and D. A. Zein, *ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)*. PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA, 2023.

[11] K. D. Anggara, D. P. Kartikasari, and F. A. Bakhtiar, “Implementasi Algoritma MTCNN dalam Mekanisme Autentikasi berbasis Pengenalan Wajah,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*,

vol. 7, pp. 3613–3621, Aug. 2023.

[12] A. R. C. Nurba'id *et al.*, “ARTIKEL REVIEW : Penerapan Paired T-Test Pada Penelitian Farmasi,” *J. Farm. DAN FARMAKOINFORMATIKA*, vol. 2.

[13] Logitech, “Webcam C922”, Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: https://resource.logitech.com/w_692,c_lpad,ar_4:3,q_auto,f_auto,dpr_1.0/d_transparent.gif/content/dam/logitech/en/products/webcams/c922/gallery/c922-gallery-1.png?v=1