

Deteksi Pergerakan Pupil Mata Menggunakan Gaze Tracking Untuk Identifikasi Indikasi Kebohongan

ERWIN SUYATNO¹, IRMA AMELIA DEWI²

¹Institut Teknologi Nasional

²Institut Teknologi Nasional

Email: erwinbonchu61@mhs.itenas.ac.id

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

ABSTRAK

Kebohongan merupakan perilaku untuk menutupi fakta yang sebenarnya untuk mencapai sebuah kepentingan. Detektor kebohongan memungkinkan sistem menghasilkan konklusi yang menyatakan seseorang berbohong atau tidak. Pergerakan pupil mata dengan total pergerakan 60% kearah kanan merupakan respon adanya indikasi kebohongan. Pergerakan pupil mata dapat dilakukan menggunakan Gaze Tracking. Proses untuk melakukan identifikasi indikasi kebohongan dilakukan perhitungan pergerakan mata kearah kanan selama sesi wawancara dengan psikolog. Untuk mencapai sistem yang optimal dilakukan pengujian sistem untuk mendapatkan akurasi mendeteksi pupil dengan skema pengujian tanpa kacamata 97,06% dan dengan kacamata 94,71%. Jarak optimal pada pengujian adalah antara 30cm, didapatkan hasil akurasi analisa sistem untuk melakukan identifikasi indikasi kebohongan sebesar 90% yang diujikan kepada siswa sekolah dengan rentang usia 15 tahun sampai 18 tahun yang divalidasi oleh seorang psikologi.

Kata kunci: Deteksi Kebohongan, Pergerakan Pupil, Gaze Tracking, Pelacakan Mata Abstract

Lies are behavior to cover up the truth to achieve an interest. Lie detector system produce conclusion to somebody lying statement. Response to an indication of a lie 60% eye pupil movement to the right. Gaze Tracking used to detection eye pupil movement. Identifying process indications of lies is doing calculations eye pupil movement to interview process with psychologist. To achieve optimal system then do the system test using without glasses schema is 97,06% and then with glasses schema is 94,71%. An optimal distance is between 30 cm, identifying system analysis accuracy results for indications of lies is 90% tested on school students with age range 15 years to 18 years old validated by a psychologist.

Keywords: Lie Detector, Pupil Movement, Gaze Tracking, Eye Tracking

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gaze tracking mampu melakukan deteksi pupil mata dan melakukan pelacakan mata, dengan nilai *error* dari *axis* kedua mata sebesar 0.76° dengan menggunakan kamera dan cahaya inframerah (Arnstein, 1969). *Gaze tracking* mampu melakukan pelacakan tatapan mata dengan mendeteksi bagian tengah iris yang disebut dengan pupil dengan *visible light gaze tracking* (VLGT), VLGT diadaptasi dari pencahayaan ruangan dengan lampu LED terdapat nilai *error* pada *axis* kedua mata adalah 0.45° (Bandler & Grinder, 1979). Telah dilakukan penelitian *gaze tracking* perilaku *visual* pada lingkungan yang tidak dibatasi atau diluar ruangan, Sistem mampu berjalan dengan optimal dalam kondisi dalam ruangan maupun luar ruangan mencapai akurasi $1,59^\circ$ untuk orang dewasa dan 2.42° untuk anak anak (Borer, 2010). *Gaze tracking* dimanfaatkan untuk melakukan pelacakan pergerakan mata.

Mata merupakan salah satu organ penglihatan. Mata terdiri dari struktur yang memfokuskan penglihatan menuju sel saraf dan dikirimkan ke otak manusia. Kedua mata bekerja di bawah kendali otak, menyelaraskan diri pada suatu objek sehingga citra yang jelas terbentuk. Mata mempertajam citra dengan mengubah fokus dalam proses otomatis yang dikenal sebagai akomodasi (Darlis, 2015), (Devella, April 2018). Banyak isyarat berbohong atau mengelabui dapat muncul melalui mata (Durna & Ari, may 2017). Mata memiliki bagian yang berbentuk melingkar berwarna hitam pada tengah mata yang disebut dengan pupil (Darlis, 2015). Untuk mendeteksi pupil mata, *gaze tracking* memiliki akurasi yang tinggi dengan nilai 98% (Elmahmudi & Ugail, July 2021). Pupil mata mampu menjadi parameter untuk mendeteksi kebohongan atau menjadi parameter untuk sistem *lie detector*.

Lie detector adalah sebuah alat yang dibuat untuk mendeteksi kebohongan dengan mengukur dari perubahan fisiologis yang terjadi pada tubuh manusia yang melibatkan emosi dan kecemasan diri (Fauziah, Feb 2021). Deteksi kebohongan menggunakan parameter pupil mata yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, seperti menggunakan klasifikasi *support vector machine* dengan cara melakukan pengelompokan data pembesaran dan pergerakan pupil mata dengan tingkat akurasi sistem sebesar 73% (Hanoatubun, 2020). Penelitian terkait deteksi kebohongan melalui arah tatapan mata menggunakan *viola-jones* dengan cara menghitung pergerakan piksel pada pupil mata, terdapat beberapa skenario pengujian dengan hasil 67,1% skenario umum, 61,64% merupakan skenario jujur, 56,56% merupakan skenario bohong spontan dan 54,88% merupakan skenario bohong terencana (Hermana, Dewi, & Yunus, July 2019). Algoritma *viola-jones* untuk mendeteksi pupil mata mendapatkan modifikasi dengan menggunakan *fuzzy logic* untuk melakukan klasifikasi indikasi kebohongannya didapatkan rata-rata akurasi sistem terbesar 91,07% untuk mendeteksi pergerakan mata, dan akurasi untuk mendeteksi kebohongan sebesar 78% (Hoa & Soewito, 2018). *Circular Hough Transform* menjadi metode untuk mendeteksi pergerakan pupil mata dengan menghitung pergerakan piksel untuk mendeteksi kebohongan pada anak melalui pergerakan kornea mata dengan akurasi sistem 52% (Indrayana, Primananda, & Amron, 2018).

Pada penelitian ini, merujuk dari penelitian sebelumnya sudah dipaparkan, maka dilakukan penelitian lanjut menggunakan *gaze tracking* untuk mengetahui keterkaitan pergerakan tatapan mata untuk menentukan indikasi kebohongan terhadap siswa sekolah dengan rentang usia 15 sampai 18 tahun yang divalidasi oleh seorang psikolog.

1.2. Rumusan Masalah

Hal ini dapat disimpulkan untuk rumusan permasalahan penelitian yang diajukan adalah :

- a. Bagaimana menerapkan *gaze tracking* dalam mendeteksi pupil pada mata.
- b. Bagaimana menerapkan *gaze tracking* dalam pelacakan pupil pada mata.

- c. Bagaimana menganalisa indikasi kebohongan melalui pergerakan mata.

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja gaze tracking untuk melakukan deteksi dan melakukan pelacakan gerak pupil mata untuk identifikasi indikasi kebohongan.

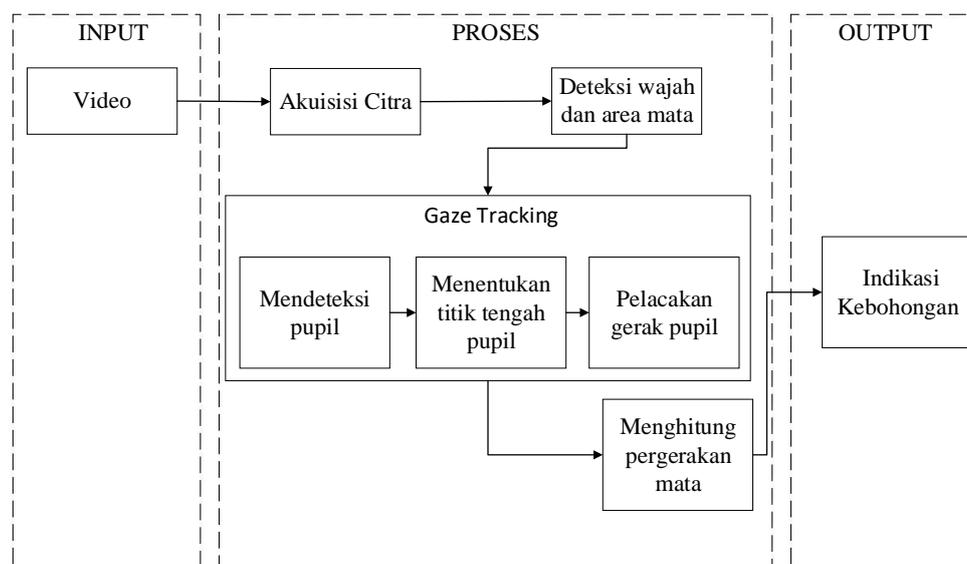
1.4. Ruang Lingkup

Dalam penelitian yang dilakukan, dibatasi ruang lingkup yang akan dibahas, yaitu sebagai berikut:

- a. Alat pembacaan pergerakan mata menggunakan kamera webcam.
- b. Responden dari penelitian ini adalah anak sekolah kelas 11 di SMA Al-Ghifari Bandung.
- c. Objek dalam kamera hanya responden.
- d. Wawancara dilakukan 10 – 30 menit.
- e. Responden tidak mengalami Strabismus atau mata juling.
- f. Tidak terdapat objek pengalih perhatian terhadap responden.
- g. Jarak kamera webcam ke responden 30cm.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dibahas tentang tahapan dan alur sistem yang direpresentasikan dalam bentuk blok diagram. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada tahap awal sistem mendapat *Input* yang diperoleh dari webcam kemudian didapat masukan video dan digunakan citra dari video yang didapatkan untuk diproses pada sistem untuk melakukan deteksi wajah dan *gaze tracking* untuk mendeteksi pergerakan pupil mata. Hasil dari proses *gaze tracking* adalah menghitung pergerakan mata, sistem mampu melakukan analisa dengan cara melakukan kalkulasi pergerakan mata dan menentukan indikasi kebohongan.

2.1. Input Video

Input video merupakan masukan berupa video dari webcam secara realtime, digunakan sistem untuk dilakukan proses mendeteksi wajah, pelacakan mata dan menghasilkan keluaran indikasi

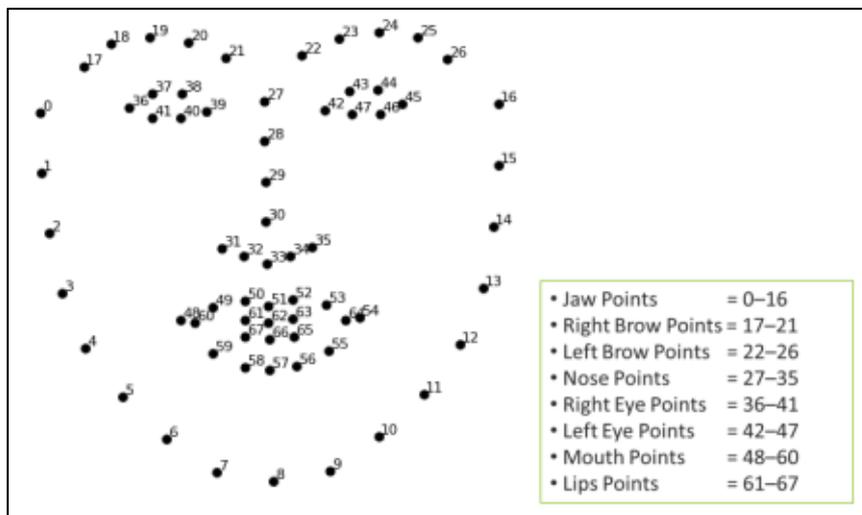
kebohongan. Perangkat webcam yang digunakan adalah nyk nemesis A80 HD 1080P dengan 30fps (Frame Per Second) yang digunakan pada sistem.

2.2. Akuisisi Citra

Akuisisi Citra merupakan proses menangkap atau memindai suatu citra analog sehingga diperoleh citra digital. Webcam merupakan salah satu perangkat kamera yang penggunaannya harus dihubungkan dengan komputer melalui kabel USB. Keluaran pada proses ini menangkap citra pada sebuah webcam untuk dilakukan proses deteksi wajah dan pupil mata.

2.3. Blok Diagram

Dari masukan berupa video didapatkan citra yang diproses untuk mendeteksi area wajah dan mata menggunakan segmentasi *Histogram of Oriented Gradient HOG*, klasifikasi *Support Vector Machine SVM* dan identifikasi *facial landmark*. Proses untuk mendeteksi wajah, sistem menggunakan *library Dlib*. Proses deteksi wajah sebuah proses awal setelah mendapatkan input berupa citra video dari webcam (Jampel & Shi, 2006). Hasil dari deteksi wajah menggunakan *library Dlib* berupa 68 koordinat titik wajah yang terdiri dari rahang, alis, hidung, mata, mulut dan bibir (Kao, et al., 2016), (Khurana & Khurana, 2017).



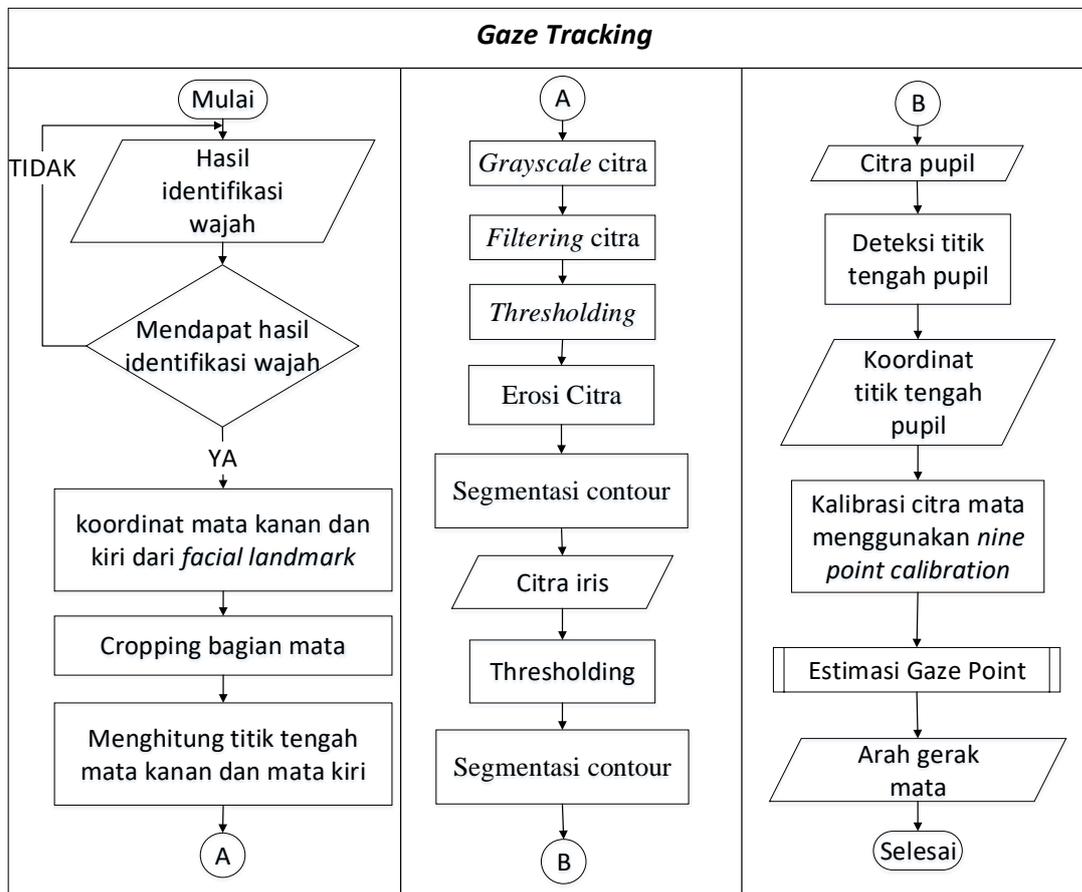
Gambar 2 *Point Facial landmark (Kao, et al., 2016)*

Proses segmentasi HOG dan klasifikasi SVM menghasilkan deteksi wajah untuk dilakukan proses *facial landmark* dimana terdapat 68 titik wajah meliputi rahang, alis, mata, alis, hidung, mulut. Berikut perincian dari 68 titik dari wajah yang dihasilkan oleh *facial landmark* dan dapat dilihat pada Gambar 2:

- i. Rahang = titik 0 – titik 16
- ii. Alis kanan = titik 17 – titik 21
- iii. Alis kiri = titik 22 – titik 26
- iv. Hidung = titik 27 – titik 35
- v. Mata kanan = titik 36 – titik 41
- vi. Mata kiri = titik 42 – titik 47
- vii. Mulut = titik 48 – titik 60
- viii. Bibir = titik 61 – titik 67.

2.3 Gaze Tracking

Pada proses deteksi wajah menghasilkan titik titik mata yang dihasilkan oleh *facial landmark* maka dilakukan pendeteksian pupil dan pelacakan gerak mata menggunakan *gaze tracking*. Pada Gambar 1 terdapat proses *gaze tracking* untuk mendeteksi pupil mata, menghitung titik tengah pupil mata dan pelacakan gerak pupil mata.



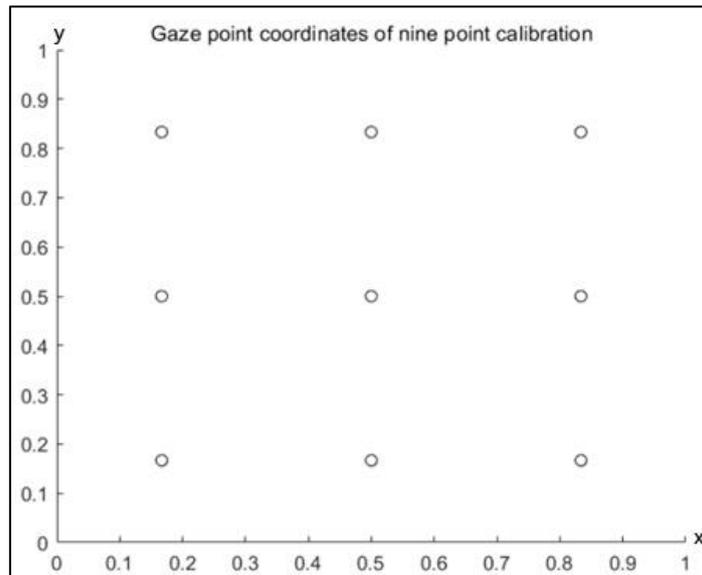
Gambar 3 Alur Proses *Gaze Tracking*

Pada Gambar 3 diperlihatkan alur proses pada gaze tracking yang digunakan pada sistem untuk melakukan deteksi mata dan pelacakan gerakan mata. Alur perintah dimulai dengan masukan hasil identifikasi wajah dari proses deteksi wajah sebelumnya. Jika sistem mendapatkan hasil identifikasi wajah maka dilakukan proses untuk mendapatkan koordinat mata kanan dan kiri dari titik facial landmark dan dilakukan proses cropping pada bagian area mata. Mata kanan dan mata kiri sudah dilakukan cropping, maka dilakukan untuk menghitung titik tengah pada setiap mata. Proses selanjutnya merupakan proses preprocessing citra mata meliputi proses grayscale, filtering menggunakan bilateral filtering, thresholding, erosi pada citra, dan segmentasi countour yang menghasilkan citra iris mata. Untuk mendapatkan citra pupil mata dilakukan proses thresholding dan segmentasi countour kembali. Setelah mendapatkan pupil mata maka dilakukan mendeteksi titik tengah pupil mata. Koordinat titik tengah mata sudah didapatkan dan dilakukan proses kalibrasi terhadap jarak agar menormalisasikan area tatapan mata. Area tatapan mata didapatkan pada proses estimasi gaze point. Hasil dari proses gaze tracking adalah arah tatapan mata.

2.3.1 Kalibrasi Menggunakan Nine-Point Calibration

Pada tahap kalibrasi dilakukan untuk inialisasi pemetaan geometri dengan besar piksel pada

citra mata yang didapatkan menghasilkan nilai maksimal rasio $x = 1$ dan nilai maksimal rasio $y = 1$.



Gambar 4 *Nine-Point Calibration* (Li, Hong, Desheng, & LO, Mei 2018)

Pada Gambar 4 merupakan pemetaan kalibrasi pada mata dengan 9 titik kalibrasi yang digunakan. 9 titik didapat dengan persamaan (1) dan (2) (Arnstein, 1969), (Li, Hong, Desheng, & LO, Mei 2018).

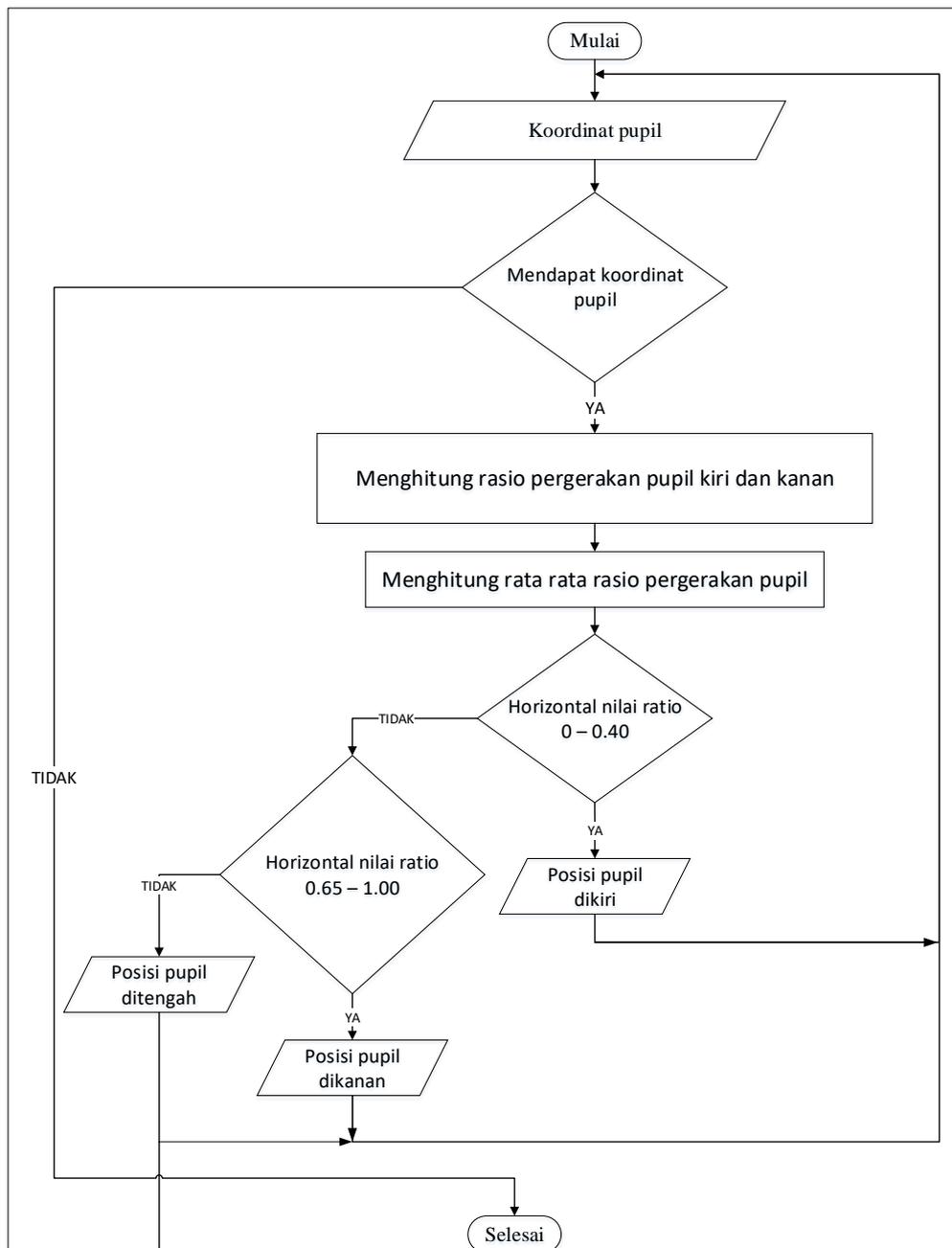
$$S_x = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \quad (1)$$

$$S_y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 \quad (2)$$

Variabel S_x dan S_y merupakan keluaran dari hasil persamaan menghasilkan koordinat pada rentan x dan y . sedangkan untuk variabel $a(0-5)$ dan $b(0-5)$ merupakan nilai konstanta dari parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan bisa berupa derajat sudut pandang pada mata (Li, Hong, Desheng, & LO, Mei 2018). Variabel x dan y merupakan masukan pada Persamaan 1 dan Persamaan 2 dengan nilai koordinat yang sudah sesuai dengan rasio.

2.3.2 Estimasi *Gaze Point*

Estimasi *gaze point* merupakan proses untuk menentukan estimasi area pandang mata dengan memanfaatkan nilai rasio x pada kalibrasi. Pemeparan alur proses estimasi gaze point dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Alur Proses *Estimasi Gaze Point*

Pada Gambar 5 merupakan alur proses pada estimasi *gaze point*. Tahap awal berupa masukan koordinat pupil mata yang didapatkan pada proses sebelumnya dan dilakukan perhitungan rasio pergerakan pupil mata kiri dan pupil mata kanan dengan persamaan (3).

$$\text{pergerakan pupil mata} = \frac{\text{koordinat } x \text{ pupil}}{(\text{koordinat } x \text{ titik tengah mata} \times 2)} \quad (3)$$

Persamaan (3) dilakukan kepada mata kanan dan mata kiri. Variabel *pergerakan pupil mata* merupakan keluaran berupa nilai rasio setiap pergerakan pupil mata. Variabel *koordinat x pupil* merupakan koordinat x pada titik tengah pupil mata kanan tau kiri. Variabel *koordinat x titik tengah mata* merupakan nilai dari titik tengah mata. Dari Persamaan 3 didapatkan nilai rasio dari setiap mata.

Untuk mendapatkan arah tatapan mata binokular dilakukan perhitungan untuk mendapatkan rasio untuk kedua mata dengan menggunakan persamaan (4).

$$\text{Rasio Horizontal} = \frac{\text{pupil mata kiri} + \text{pupil mata kanan}}{2} \quad (4)$$

Variabel *Rasio Horizontal* merupakan nilai rasio dari tatapan binokular. Sedangkan variabel *pupil mata kiri* dan *pupil mata kanan* merupakan nilai rasio dari mata kanan dan mata kiri. Nilai dari variabel *Rasio Horizontal* akan dibandingkan dengan rasio area arah pandang pupil mata yaitu 0 – 0.40 tatapan area kiri, 0.41 – 0.64 tatapan area tengah dan 0.64 – 1.00 merupakan tatapan area kanan. Nilai yang digunakan pada area arah pandang pupil didapatkan dari hasil pengujian agar sistem mendapatkan nilai akurasi yang maksimal.

2.4 Identifikasi Indikasi Kebohongan

Objek pupil dan pergerakannya sudah didapatkan pada proses *gaze tracking* lalu proses menentukan indikasi kebohongan dengan menghitung pergerakan mata kekanan dan kekiri dengan melakukan perhitungan menambahkan nilai 1 untuk setiap pergerakan mata kekanan atau kekiri selama proses wawancara berlangsung untuk melakukan identifikasi indikasi kebohongan. Setelah mendapatkan total pergerakan mata kekanan dan kekiri maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan persentase pada setiap pergerakan mata. Perhitungan persentase pergerakan mata dilakukan menggunakan persamaan (5).

$$\text{hasil} = \left(\frac{\text{Pergerakan Mata}}{\text{Total Pergerakan Mata}} \right) * 100 \quad (5)$$

Variabel *hasil* merupakan hasil persentase dari pergerakan mata kekanan atau kekiri. Variabel *Pergerakan Mata* merupakan nilai dari pergerakan mata kekanan atau kekiri. Variabel *Total Pergerakan Mata* merupakan nilai kalkulasi dari pergerakan mata kekanan dan kekiri. Dengan melakukan persamaan (5) akan mendapatkan nilai persentase dari pergerakan mata kekanan dan kekiri.

Dalam hasil wawancara antara partisipan dengan seorang psikolog, jika terdapat nilai sama atau lebih besar dari 60% pergerakan mata kekanan maka partisipan terdapat indikasi kebohongan selama wawancara (Luo, et al., Des 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Deteksi Pupil Mata

Dilakukan perhitungan untuk mengukur kerja sistem gaze tracking untuk mendeteksi pupil mata, maka dilakukan pengujian dengan menghitung nilai akurasi gaze tracking deteksi pupil mata. Nilai akurasi dapat dihitung dengan persamaan (6).

$$\text{Akurasi} = \frac{(TP+FN)}{(TP+FP+FN+TN)} \times 100 \quad (6)$$

Persamaan (6) diketahui bahwa variabel *Akurasi* adalah nilai akurasi yang didapatkan, variabel TP adalah *True Positive* jika input citra dalam bentuk video terdapat pupil mata dan dibaca terdapat pupil mata oleh sistem, variabel TN adalah *True Negatif* jika input citra dalam bentuk video terdapat pupil mata dan dibaca tidak terdapat pupil mata oleh sistem, variabel FP *False Positive* jika input citra dalam bentuk video tidak terdapat pupil mata dan dibaca terdapat pupil mata oleh sistem., variabel FN *False Negative* jika input citra dalam bentuk video tidak terdapat pupil mata dan dibaca tidak terdapat pupil mata oleh sistem. Dengan skenario menggunakan kacamata dan tanpa menggunakan kacamata, 170 pengambilan data

dan 30fps pada setelan webcam, didapatkan hasil yang ditujukan pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 1 Hasil Pengujian Deteksi Pupil Mata

No	Skema Pengujian	Nilai				Akurasi
		TP	TN	FP	FN	
1	Tanpa kacamata	160	10	0	0	97,06%
2	Dengan kacamata	152	18	0	0	94,71%

Dari pengujian pada Tabel 1 adalah hasil pengujian deteksi pupil mata dengan skema tanpa kacamata dan dengan kacamata. Diperoleh akurasi 97,058% dari skema pengujian tanpa kacamata dan 94,705% dari skema pengujian dengan kacamata.

3.2 Hasil Pengujian Indikasi Kebohongan

Pada pengujian ini dilakukan deteksi indikasi kebohongan yang divalidasi oleh psikolog yang bernama Clorinda Vinska, M.Psi. Pengujian ini dilakukan dengan 10 responden, 5 siswi dan 5 siswa dari kelas 11 IPA dan kelas 11 IPS sesuai dengan yang diarahkan oleh guru di SMA Plus Al Ghifari, yang beralamat di JL. Inspeksi Pengairan No.23 RT.04 RW.03 Kel. Cisaranten Kulon Kec. Arcamanik Kota Bandung. Parameter penelitian menggunakan jarak 30 cm dan area rasio arah pandang mata yang yang optimal. Skema dari pengujian ini dilakukan pada sebuah ruangan kelas yang terdapat hanya 3 orang, terdiri dari 1 responden, 1 psikolog dan 1 peneliti. Psikolog melakukan wawancara dengan responden dengan waktu kurang lebih selama 10 menit sampai 30 menit tergantung informasi yang bisa didapatkan oleh psikolog. Tema dari wawancara adalah kenakalan remaja.

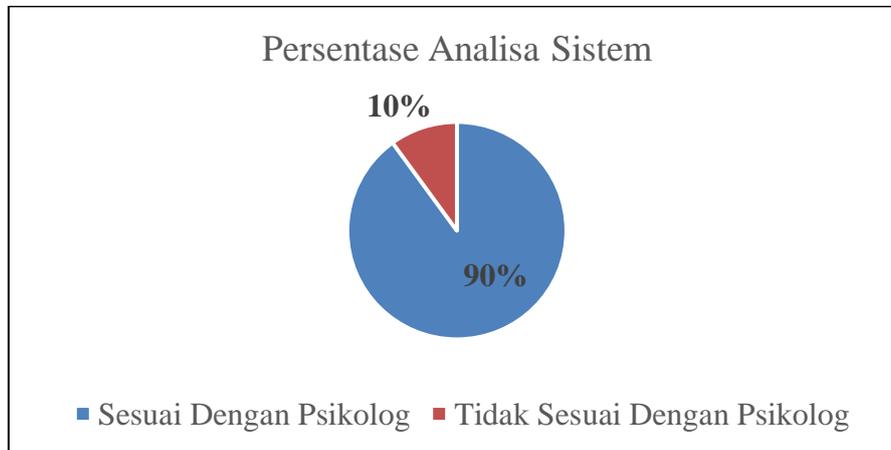
Tabel 2 Hasil Penelitian Sistem Dan Psikologi

Partisipan	Analisa Sistem	Analisa Psikolog	Kesimpulan	Persentase Pergerakan Mata Kekanan
Responden 1	Bohong	Bohong	Sesuai	76,87%
Responden 2	Bohong	Bohong	Sesuai	94,52%
Responden 3	Bohong	Bohong	Sesuai	85,02%
Responden 4	Bohong	Bohong	Sesuai	84,52%
Responden 5	Bohong	Bohong	Sesuai	85,65%
Responden 6	Bohong	Bohong	Sesuai	94,04%
Responden 7	Bohong	Bohong	Sesuai	77,51%
Responden 8	Bohong	Bohong	Sesuai	87,69%
Responden 9	Bohong	Bohong	Sesuai	74,19%
Responden 10	Bohong	Jujur	Tidak Sesuai	84,78%

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 didapatkan hasil 9 dari 10 responden, analisa sistem terdapat indikasi kebohongan saat wawancara dengan psikolog, dan analisa psikolog terdapat indikasi kebohongan selaras dengan analisa sistem. 1 dari 10 responden, analisa sistem terdapat indikasi kebohongan saat wawancara dengan psikolog, dan analisa psikolog tidak ada indikasi kebohongan. Nilai persentase mata kekanan merupakan hasil perhitungan pergerakan mata kekanan selama sesi wawancara.

Pada responden 1 terdapat 76,87% pergerakan mata kekanan, responden 2 terdapat 94,52% pergerakan mata kekanan, responden 3 terdapat 85,02% pergerakan mata kekanan, responden 4 terdapat 84,52% pergerakan mata kekanan, responden 5 terdapat 85,65%

pergerakan mata kekanan, responden 6 terdapat 94,04% pergerakan mata kekanan, responden 7 terdapat 77,51% pergerakan mata kekanan, responden 8 terdapat 87,69% pergerakan mata kekanan, responden 9 terdapat 74,19% pergerakan mata kekanan, responden 10 sistem mendeteksi ada 84,78% pergerakan mata kekanan, akan tetapi psikolog menyatakan tidak ada indikasi kebohongan.



Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Indikasi Kebohongan

Pada Tabel 2 Jika direpresentasikan dengan nilai maka 90% analisa sistem sesuai dengan analisa psikolog. Jika direpresentasikan dengan nilai maka 10% analisa sistem tidak sesuai dengan analisa psikolog. Tidak tepatnya analisa sistem terpengaruh saat pengambilan data. Responden enggan melepaskan seluruh masker dari wajahnya yang menyebabkan sistem tidak berjalan optimal karena ada objek penghalang. Pada Gambar 6 merupakan visualisasi nilai pada Tabel 2 yang direpresentasi menggunakan gambar grafik.

4. KESIMPULAN

Dapat diambil kesimpulan bahwa dari pengujian mendeteksi pupil mata dengan area rasio arah pandang mata yang optimal mampu memperoleh akurasi 97,06% dari pengujian tidak menggunakan kacamata dan 94,71% dari pengujian menggunakan kacamata. Dari akurasi tersebut dapat disimpulkan bahwa *gaze tracking* mampu mendeteksi pupil mata dengan adanya objek kacamata. 30cm Jarak optimal digunakan pada pengujian ini dengan akurasi 98,63% tanpa kacamata dan 97,45% dengan menggunakan kacamata.

Pengujian validasi dengan psikolog didapatkan hasil 90% akurasi Analisa sistem dengan analisa psikolog, dapat dinyatakan bahwa *gaze tracking* mampu melacak pergerakan pupil mata dan melakukan analisa indikasi kebohongan melalui pergerakan pupil mata. 10% akurasi yang tidak sesuai antara sistem dengan psikolog, karena adanya objek pengganggu (masker) di area wajah selain kacamata yang menjadikan sistem salah menganalisa karena sistem tidak mampu mendeteksi area mata dengan optimal dan ada faktor lainnya yang mengganggu fokus responden dari luar ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Elmahmudi and H. Ugail, "A framework for facial age progression and regression using exemplar face templates," *The Visual Computer*, vol. 37, no. 1, p. 2023–2038, July 2021.
- K. Luo, X. Jia, H. Xiao, D. Liu, L. Peng, J. Qiu and P. Han, "A New Gaze Estimation Method Based on Homography Transformation Derived from Geometric Relationship," vol. 10, no. 24, p. 9079, Des 2020.
- R. Bandler and J. Grinder, *Frogs into princes : neuro linguistic programming*, Real People Press, 1979.
- Y. Durna and F. Ari, "Design of a Binocular Pupil and Gaze Point Detection System Utilizing High Definition Images," *applsci*, vol. 7, no. 5, p. 498, may 2017.
- W.-C. Kao, C.-Y. Lin, C.-C. Hsu, C.-Y. Lee, B.-Y. Ke and T.-Y. Su, "Optimal Iris Region Matching and Gaze Point Calibration for," *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2016.
- B. Noris, J. B. Keller and A. Billar, "A wearable gaze tracking system for children in unconstrained environments," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 115, no. 4, April 2011.
- A. K. Khurana and I. Khurana, *Anatomy and Physiology Eye*, India: CBS Publishers & Distributors Pvt Ltd, 2017.
- S. Devella, "Pengenalan iris Menggunakan Ekstraksi Fitur Histogram of Oriented Gradien," *JuTISI*, vol. 4, no. 1, p. 124, April 2018.
- P. VenkateswarLal, G. R. Nitta and A. Prasad, "Ensemble of texture and shape descriptors using support vector machine classification for face recognition," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, no. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01192-7>, April 2019.
- B. Li, F. Hong, W. Desheng and W. LO, "Etracker: A Mobile Gaze-Tracking System with Near-Eye Display Based on a Combined Gaze-Tracking Algorithm," *Sensors*, vol. 18, no. 5, p. 1626, Mei 2018.
- D. R. Monica, "Penggunaan Alat Bantu Pendeteksi Kebohongan (Lie Detector) Dalam Proses Penyidikan," *jurnal poenale*, 2018.
- R. A. Rusmanto, M. Nasrun and R. Latuconsina , "Detector Kebohongan dengan Analisis Pembesaran Diameter Pupil dan Ppergerakan Mata dengan Menggunakan Metode Klasifikasi Support Vector Machine," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, no. 3, p. 6156, Desember 2018.
- S. A. P. Lubis, *Analisis Deteksi Kebohongan Mmelalui Aarah Ttatapan Mata Menggunakan Metode Viola-Jones*, Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah, 2018.
- A. A. Perdana, M. Nasrun, C. Setianingsih, M. A. Murti, A. S. Syathirah, A. A. B. Asa, N. I. G. Pailina and N. C. N. Batubara, "Lie Detector with Eye Movement and Eye Blinks Analysis Based on Image Processing using Viola-Jones Algorithm," *IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems (IoT&IS)*, pp. 203-209, 2021.
- A. N. Hermana, I. A. Dewi and R. Yunus, "Implementasi Circular Hough Transform untuk Pendeteksian Kebohongan pada Anak melalui Pergerakan Kornea Mata," *JUMANJI*, vol. 3, no. 1, pp. 53-63, July 2019.
- G. Niu and Q. Chen, "Learning an Video Frame-based face detection system for security fields," *Journal of Visual Communication and Image Representation Volume 55*, vol. Volume 55, pp. 457-463, August 2018.

- M. Fauziah, "Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Pergerakan Kepala, Mata dan Alis Berbasis Machine Learning," *STEI - Teknik Elektro*, Feb 2021.
- R. S. Jampel and D. X. Shi, "How to Calculate the Orientation of the Eye in Any Gaze Position," *ARVO Annual Meeting Abstract*, vol. 47, no. 13, 2006.