

SISTEM PENDETEKSI WAJAH DENGAN METODE VIOLA JONES MENGUNAKAN ESP32-CAM

I Made Yudi Candra Putra¹, I Made Oka Widyantara², I Gusti Agung Komang Diafari Djuni H,³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, Bali

yyudicandra@gmail.com¹, oka.widyantara@unud.ac.id², igakdiafari@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Peningkatan keamanan pada ruangan yang bersifat rahasia atau memerlukan privasi yang tinggi, sangat diperlukan. Salah satu cara meningkatkan keamanan ini adalah dengan menggunakan sistem keamanan yang memanfaatkan karakteristik biologis citra wajah yang dimiliki oleh setiap manusia. Karakteristik biologis citra wajah manusia bisa menjadi solusi sistem keamanan pada ruangan karena citra wajah manusia sulit untuk ditiru dan dimodifikasi oleh orang lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasi sistem keamanan pendeteksi citra wajah manusia menggunakan metode *Viola Jones* dengan Fitur Klasifikasi Haar. Metode *Viola Jones* dengan Fitur Klasifikasi Haar ini cocok sebagai identifikasi visual yang baik pada saat mendeteksi citra wajah melalui mikrokontroler ESP32-Cam dan *streaming* video menggunakan kamera OV2640. Hasil pengujian pada penelitian ini didapatkan bahwa dari 4 objek citra wajah manusia yang digunakan, jarak ideal saat mendeteksi citra wajah adalah 30 cm, dengan tingkat berhasil 100%. Sedangkan tingkat toleransi kemiringan yang berhasil terdeteksi yaitu maksimum dengan kemiringan 30° terhadap posisi wajah menghadap lurus ke depan.

Kata kunci : Citra Wajah, ESP32-CAM, Viola-Jones, Klasifikasi Haar.

ABSTRACT

Increased security in rooms that are confidential or require high privacy, is very much needed. One way to increase this security is to use a security system that utilizes the biological characteristics of facial images that are owned by every human being. The biological characteristics of human facial images can be a solution for security systems in the room because human facial images are difficult to imitate and modify by others. This study aims to implement a security system for detecting human face images using the Viola Jones method with the Haar Classification Feature. The Viola Jones method with the Haar Classification feature is suitable as a good visual recognition when detecting facial images via the ESP32-Cam microcontroller and for streaming video using a OV2640 camera. The test results in this study showed that of the 4 objects used in human face images, the ideal distance when detecting facial images was 30 cm, with a 100% success rate. While the level of slope tolerance that has been detected is a maximum with a slope of 30° to the position of the face facing straight ahead.

Key Words : Face Image, ESP32-CAM, Viola-Jones, Haar Classification.

1. PENDAHULUAN

Keamanan pada ruangan merupakan komponen pertama dari kebutuhan keamanan pada suatu bangunan, sebagai contoh, keamanan ruangan yang harus benar-benar diperhatikan pada ruangan yang berfungsi untuk tempat penyimpanan barang berharga atau tempat yang memerlukan privasi dari seseorang.

Semakin banyak deteksi citra wajah dan sistem pengenalan citra wajah. Walaupun semakin banyak, tuntutan akan efektivitas, baik dari segi keakuratan dari tingkat akurasi dari suatu sistem pendeteksi semakin diperhitungkan. Terdapat beberapa penelitian tentang sistem pendeteksian citra wajah. Metode *Viola Jones* diketahui memiliki keakuratan dan kecepatan yang baik karena mengkombinasi beberapa teori yaitu (*AdaBoost*, *Cascade Classifier*, *Integral Image* dan *Haar Features*) menjadi metode pertama untuk pendeteksian dari objek citra wajah [1].

Algoritma *Viola Jones* memiliki 2 bagian utama yaitu komputasi dan pemilihan fitur. Penerapan dari *Integral Image* untuk menghasilkan fitur *Haar* dapat mempercepat waktu komputasi dibandingkan dengan perhitungan per pikselnya. Kelebihan dari algoritma *Viola Jones* memiliki sifat *robust* yaitu memiliki tingkat pendeteksi yang akurat untuk mendeteksi citra wajah pada citra yang memiliki tingkat keakuratan yang rendah [2].

Penelitian sebelumnya yang meneliti sistem keamanan antara lain [3]-[4]. Dari penelitian tersebut diperlukannya teknologi sistem keamanan pintu pendeteksi karakteristik wajah (*Face Recognition*) yang dapat mendeteksi ciri khas setiap manusia yang lebih akurat dan pada saat pandemi covid-19 ini meminimalisir terjadinya kontak sentuhan pada seseorang atau benda mati.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut dan kebutuhan terhadap sistem yang lebih murah dan efektif, maka penelitian ini dilakukan. Perancangan alat keamanan ruangan otoritas yang dikembangkan menggunakan pendeteksi karakteristik wajah (*Face Recognition*) yang bertujuan untuk memberikan solusi keamanan ruangan. Kinerja sistem diukur dengan cara melihat tingkat akurasi jarak

dan kemiringan citra wajah manusia pada 4 sampel objek citra wajah.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Biometrik Wajah

Biometrik wajah menggunakan karakteristik biologis fisik dan perilaku yang memiliki karakteristik yang dapat mengidentifikasi seseorang. Ciri-ciri mengidentifikasi dapat dilihat dari ciri fisik seseorang yaitu sidik jari, wajah, retina mata, dan suara [5]. Metode pengidentifikasi biometrik wajah terdiri dari 3 yaitu sebagai berikut.

2.1.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan proses pengolahan citra yang input adalah citra dan outputnya juga citra. Tujuan dari pengolahan citra digital yaitu untuk memperbaiki data citra wajah serta mengurangi *noise* yang tidak diperlukan pada citra wajah sehingga dapat dilanjutkan dan dianalisis selanjutnya. Hal utama pada pengolahan citra adalah normalisasi dengan proses yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

A. *RGB to Grayscale*

Perubahan warna citra wajah yaitu merah, hijau, biru (*Red, Green, Blue*) menjadi warna abu-abu *Grayscale*. Logikanya sederhana, warna abu-abu pada citra digital adalah citra wajah yang setiap pikselnya mengandung informasi intensitas warna putih (*white*) atau hitam (*black*). Warna RGB lebih sulit diproses karena mengandung warna 24bit sedangkan warna *Grayscale* mudah diproses karena nilainya yang lebih sedikit hanya 8bit.

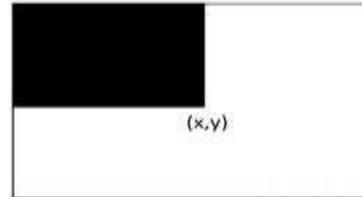
B. *Dimension Reduction*

Dimension Reduction adalah metode merubah dimensi citra. Metode ini dapat memperkecil ukuran dari citra yang diproses sehingga proses selanjutnya dapat dipercepat. Hasil dari pengurangan ukuran citra wajah menjadi lebih kecil ini yaitu matriks kolom yang diteruskan ke dalam matriks augmentasi [6].

2.1.2 *Face Detection* Dengan Metode *Viola Jones*

Metode pendeteksian dengan *Viola Jones* adalah teknik pendeteksi objek yang

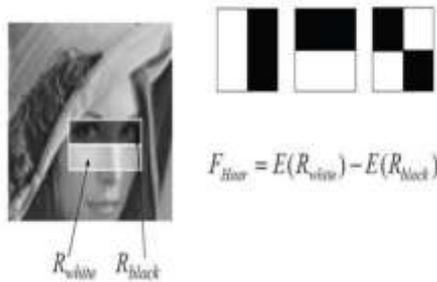
bisa mendapatkan hasil dengan tingkat akurasi yang baik dan untuk kecepatan yang sangat baik. Ada 4 tahapan utama di dalam metode pendeteksi objek *Viola Jones*, yaitu sebagai berikut.



Gambar 2. Nilai Pixel Titik (x,y)

A. Fitur Segi Empat Sederhana (*Haar Like Feature*)

Viola Jones menggunakan fitur *Haar Wavelet*, *Haar Wavelet* merupakan gelombang persegi tunggal yang mempunyai interval cukup rendah dan interval yang tinggi, dalam dua bagian gelap dan terang. *Viola Jones* menggunakan kombinasi untuk deteksi objek visual yang tidak persis dengan *Haar Wavelet*. Namun, kombinasi persegi empat untuk pendeteksian visual yang lebih baik, maka dari itu fitur ini dikatakan fitur *Haar* atau fitur *Haar like*.



Gambar 1. Skema Kerja Fitur Haar

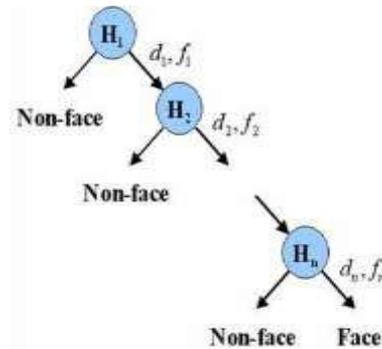
Skema fitur *Haar* (*haar like feature*), yang ditunjukkan pada Gambar 1, adalah fitur persegi panjang sederhana. Fitur *haarlike* adalah pikselnya untuk membentuk persegi panjang yang dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian gelap dan bagian terang. Dengan mengurangkan rata-rata piksel di area gelap dari rata-rata piksel di area terang, ini adalah cara untuk mengetahui apakah ada fitur *haarlike*.

B. Citra Integral (Pendeteksi Secara Tepat)

Citra integral yaitu citra yang memiliki nilai piksel dari suatu titik (x,y) pada citra dengan penggabungan semua pikselnya di bagian atas sebelah kiri titik tersebut. Citra integral ini berguna untuk menghitung fitur *Haar Like*. Berdasarkan Gambar 2, nilai (x,y) adalah nilai semua piksel pada daerah yang hitam.

C. Algoritma *Boosting*

Algoritma *Boosting* merupakan algoritma variasi dari *AdaBoost* yang digunakan oleh *Viola Jones*. Fungsi dari algoritma *boosting* yaitu untuk membuat objek atau citra wajah yang akan dideteksi secara tidak langsung, dapat dikatakan algoritma *AdaBoost* merupakan rantai filter, dilihat pada Gambar 3, setiap filter termasuk *classifier AdaBoost*.



Gambar 3. Algoritma *AdaBoost*

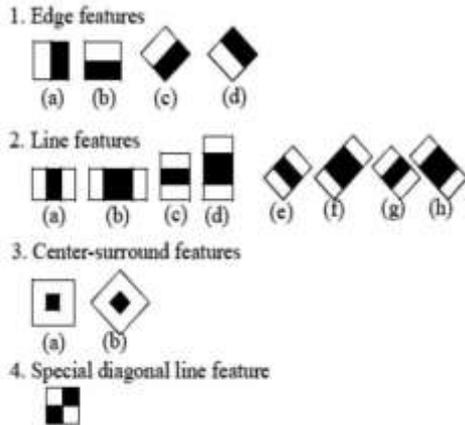
D. *Cascaded Classifier*

Metode pengklasifikasian bertingkat atau yang disebut dengan *Cascaded classifier* mempunyai input dari setiap tahapan klasifikasi adalah merupakan output dari klasifikasi sebelumnya. Setiap citra atau *sub window* yang melalui klasifikasi yang pertama akan menuju klasifikasi yang kedua begitu seterusnya. Jika suatu citra dapat melewati setiap tingkat klasifikasi maka dinyatakan sebagai citra wajah [7].

2.1.3 *Face Recognition* dengan *Klasifikasi Haar*

Face Recognition adalah proses yang memeriksa dan mencocokkan wajah orang yang dikumpulkan sebelumnya. Mikrokontroler ESP32-CAM dapat melakukan klasifikasi *Haar* dengan memanfaatkan klasifikasi *Haar like feature* yang dikembangkan oleh *Viola Jones* dalam membedakan suatu frame dan memeriksa apakah suatu wilayah tertentu

dari frame tersebut terlihat seperti wajah atau tidak. Jika frame itu berbentuk wajah akan langsung membuat kotak di sekitar area yang merupakan wajah pada *frame* tersebut. Dapat diperoleh perbedaan nilai untuk setiap wilayah kotak-kotak, dapat dilihat pada gambar 4.

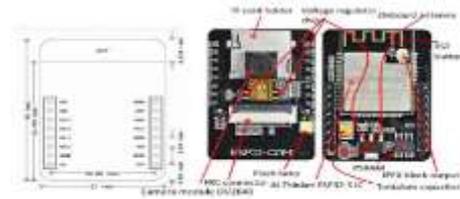


Gambar 4. Fitur Klasifikasi Haar

Penyimpanan data pada tahap pendeteksi citra wajah (*Face Detection*) yang sebelumnya diambil pada saat *enroll* citra wajah disimpan di dalam *Flash Memory* pada ESP32-Cam. Data yang disimpan di *Flash Memory* atau EEPROM akan tetap tersimpan dan tidak terhapus walaupun ESP32 Cam dimatikan [8].

2.2 ESP32-CAM

ESP32-Cam, ditunjukkan pada Gambar 5, adalah development board dengan fitur menggunakan antenna. Development board ini berbasis *chip* ESP32. ESP32-Cam umumnya digunakan untuk berbagai aplikasi IoT, karena cocok untuk alat rumah pintar, pengendali sekaligus memonitor. ESP32-CAM adalah mikrokontroler berfitur lengkap yang juga memiliki kamera OV2640 terintegrasi dan soket kartu microSD, serta beberapa GPIO untuk menghubungkan peripheral. Slot kartu microSD dapat digunakan untuk menyimpan citra yang ditangkap kamera atau untuk menyimpan file untuk melayani klien [9].



Gambar 5. (a) PinOut ESP32-CAM, (b) ESP32-Cam

2.6 Regulator Tegangan DC (Buck Converter)

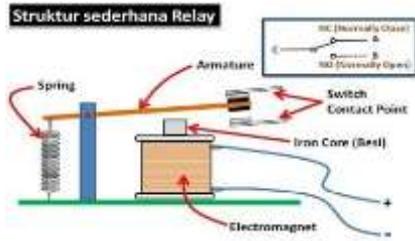
Rangkaian regulator LM2596 sebagai regulator tegangan DC. Komponen regulator LM2596 memiliki fungsi untuk menurunkan tegangan dari DC ke DC dengan jarak penurunan tegangan dari 3,2V sampai 46V dengan toleransi selisih minimum input sampai output 1,5V DC. Rangkaian ini dilengkapi potensiometer yang berfungsi untuk mengatur nilai *output*. Rangkaian regulator LM2596 ini sangat cocok digunakan untuk *switching power supply*. Keunggulan rangkaian regulator ini yaitu tingkat stres pada komponen yang rendah, tidak memerlukan *transformer*, rangkaian yang lebih sederhana dan efisiensi yang tinggi [9].

2.7 Liquid Crystal Display (LCD) 20x4

LCD 20x4 merupakan teknologi tampilan digital yang dapat menampilkan gambaran pada bidang datar dengan filter berwarna dan menyinari kristal cair, yang memiliki struktur molekul polar, dihimpit oleh dua elektroda transparan. LCD ini berfungsi sebagai menampilkan informasi berupa uruf atau gambar, misalnya informasi jumlah pemakaian, harga, tanggal dan waktu [10].

2.8 Relay

Relay merupakan saklar yang dijalankan oleh listrik yaitu komponen *elektromagnetic*. Relay terdiri dari dua bagian yaitu *elektromagnetic* dan mekanik. Relay mempunyai prinsip *elektromagnetic* untuk menjalankan kontak saklar dengan menggunakan arus listrik minim dapat menyalurkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih besar. Pada dasarnya relay terdiri dari beberapa bagian komponen yang dapat dilihat pada Gambar 6, yaitu (a) elektromagnet (kumparan), (b) *armature*, (c) titik kontak saklar (*switch*), (d) Pegas [11].



Gambar 6. Relay

2.9 Kunci Selenoid

Solenoid merupakan jenis kumparan yang terbentuk dari sebuah lilitan kabel panjang yang erat dengan asumsi diameternya lebih kecil dari panjangnya. Sedangkan kunci *solenoid* merupakan kombinasi dari solenoid dan kunci yang umumnya dipakai dalam proses elektronisasi seperti perangkat untuk kunci otomatis. Perangkat ini mengubah energi menjadi linear dan ketika kumparan diberi energi, gaya *elektromagnetic* akan ada dan menarik besi di tengah kumparan secara linier [11].

2.10 Light Emmiting Dioda (LED)

LED adalah jenis *diode* yang terbuat dari bahan semikonduktor yang akan menghantarkan arus listrik dalam satu arah. LED memerlukan arus bias maju agar dapat memancarkan cahaya, LED mampu memancarkan warna cahaya berbeda tergantung pada jenis panjang gelombang dan senyawa semikonduktor yang digunakan. LED tidak menghasilkan panas saat menghasilkan cahaya, karena *Light Emmiting Dioda* tidak memerlukan pembakaran filamen [12].

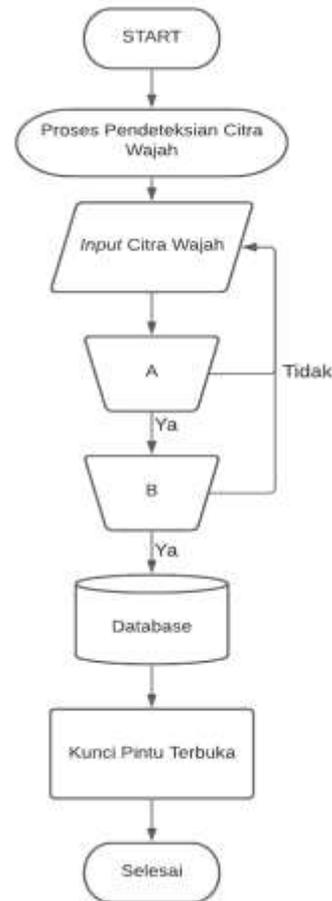
2.11 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam merancang sistem. Melalui *software* ini dapat melakukan pemrograman untuk menjalankan fungsi-fungsi yang disematkan melalui *sintaks* pemrograman. Arduino IDE didalamnya memakai bahasa pemrograman sendiri yang serupa dengan bahasa C++, bahasa pemrograman Arduino IDE telah diubah untuk mempermudah seseorang saat akan memprogram menggunakan bahasa asli [13].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Fakultas

Teknik Universitas Udayana mulai Juli 2021 ini bertujuan untuk menguji sistem keamanan ruangan otoritas menggunakan metode *Viola Jones*.



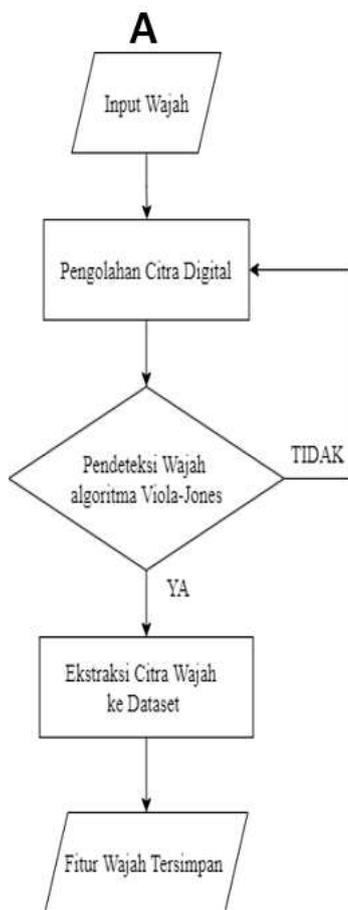
Gambar 7. Flowchart Sistem

Flowchart sistem ditunjukkan pada Gambar 7, merupakan prinsip kerja dari sistem pendeteksi citra wajah dengan metode *Viola Jones*. Tahap pertama melakukan proses pendeteksian citra wajah, selanjutnya input citra wajah, melakukan pendaftaran citra wajah, dan melakukan pencocokan citra wajah. Data citra wajah akan tersimpan pada database. Hal yang dilakukan pada sistem ini adalah mencocokkan citra wajah yang diambil oleh kamera pada citra wajah yang sudah didaftarkan pada sistem. Jika sesuai, sistem akan membuka kunci pintu solenoid secara otomatis.

Alur dari pendaftaran citra wajah dan alur sistem pada pencocokan citra wajah dapat dilihat pada Gambar 8. Pendeteksian wajah diawali dengan mendaftarkan citra wajah menggunakan metode *Viola Jones*,

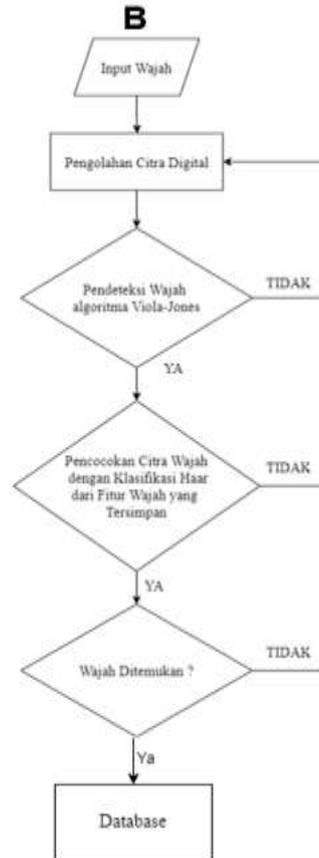
selanjutnya citra wajah tersebut disimpan pada database ESP32-Cam.

Supaya dapat didaftar, laptop atau PC dan ESP32-Cam sudah terkoneksi ke *wifi* yang mempunyai jaringan yang sama. Pendaftaran citra wajah dilakukan dengan cara mengakses ESP32-Cam menggunakan *web browser* pada alamat IP yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Kamera pada ESP32-Cam didekatkan dengan citra wajah, kemudian pada halaman *web* klik *enroll face*, dengan cara ini citra wajah langsung tersimpan pada ESP32-Cam.



Gambar 8. Pendaftaran Citra Wajah

Gambar 9 dijelaskan bahwa citra wajah yang sudah didaftarkan dengan *user*, selanjutnya dilakukan pencocokan dengan metode *klasifikasi haar* yang sudah terdapat pada mikrokontroler ESP32-Cam.



Gambar 9. Pencocokan Citra Wajah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Penelitian ini mengukur kinerja sistem deteksi citra wajah manusia dengan melihat tingkat akurasi jarak dan kemiringan citra wajah manusia pada 4 sampel objek citra wajah. Karakteristik citra wajah pada penelitian ini diperbedakan dari sudut pengambilan kamera, dengan tujuan sistem ini dapat mendeteksi citra wajah manusia dengan lebih baik dan akurat.

4.1.1 Analisis Data Citra Wajah

Gambar 10 merupakan hasil pendeteksian citra wajah pada objek citra wajah laki-laki dan perempuan. Citra wajah 1,2,3 dan 4 adalah citra wajah yang sudah didaftarkan, sedangkan citra wajah 5 dan 6 adalah citra wajah tidak didaftarkan. Akses sistem hanya akan bisa dilakukan oleh orang yang citra wajahnya sudah didaftarkan, sedangkan yang tidak didaftarkan tidak akan bisa mengakses sistem.



Gambar 10. Data Citra Wajah

4.1.2 Analisis Tingkat Akurasi Jarak Ideal Pada Pendeteksian Citra Wajah

Tabel 1 merupakan hasil pengujian lanjutan dengan menguji 4 jumlah objek citra wajah yang sudah berhasil didaftarkan. Nilai tingkat keberhasilan pengujian akurasi jarak yang paling banyak akan menjadi jarak paling ideal dan menjadi tingkat keakuratan jarak paling baik untuk pendeteksian citra wajah menggunakan mikrokontroler ESP32-Cam.



Gambar 11. Pengujian Akurasi Jarak

Hasil pengujian pada Tabel 1 dengan pengujian pendeteksian objek citra wajah pada jarak 5 cm, 30 cm, 75 cm, dan 80 cm dengan mikrokontroler ESP32-Cam didapatkan bahwa batas maksimal dari pendeteksian adalah 75 cm dan jarak pendeteksian paling ideal adalah pada 30 cm karena proposi citra wajah yang sangat baik pada tampilan *streaming* secara langsung dan mendapatkan tingkat keberhasilan yang sempurna yaitu 100%.

Tabel 1. Pengujian Pendeteksian Objek Citra Wajah dengan Jarak yang Ditentukan

Citra Wajah Orang ke-	Jarak Uji Pendeteksian Citra Wajah			
	5cm	30cm	75cm	80 cm
1	✓	✓	✓	X
2	✓	✓	✓	X
3	✓	✓	✓	X
4	✓	✓	✓	X

Catatan : ✓ = Terdeteksi
X = Tidak Terdeteksi

4.1.3 Analisis Tingkat Kemiringan Pada Pendeteksian Citra Wajah

Citra wajah dapat melakukan pengujian tingkat toleransi kemiringan dengan beberapa tingkat kemiringan yang diuji pada pengujian ini yaitu sisi kiri, sisi kanan masing-masing 30°, 45°, 75° dan pada sisi depan menghadap ke atas 15°, 30° dan pada sisi depan menghadap ke bawah -15°. Pengujian ini dilakukan menggunakan jarak yang paling ideal yang telah diuji dan didapatkan dari proses pengujian sebelumnya. Gambar 12 akan menunjukkan tampilan objek citra wajah dengan tingkat kemiringan yang akan diuji.

Tabel 2 merupakan hasil pengujian lanjutan dengan pengujian tingkat toleransi kemiringan pada pendeteksian objek citra wajah. Mendapatkan data hasil tingkat kemiringan paling maksimal yang dapat dideteksi oleh mikrokontroler ESP32-Cam.

Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa mikrokontroler ESP32-Cam memiliki ambang batas derajat kemiringan maksimal pada objek citra wajah yang dideteksi yaitu pada sisi bagian kiri derajat kemiringan 30°, sisi bagian kanan pada derajat kemiringan 30°, dan pada sisi bagian depan mendapatkan nilai keakuratan paling tinggi karena berhasil mendeteksi semua uji yang sudah ditentukan.



Gambar 12. Pengujian Kemiringan Citra Wajah

Tabel 2. Pengujian Citra Wajah dengan Derajat Kemiringan

Kemiringan Sisi Citra Wajah	Derajat Kemiringan	Percobaan orang ke-			
		1	2	3	4
Sisi Kiri	30°	✓	✓	✓	✓
	45°	X	X	X	X
	75°	X	X	X	X
Sisi Kanan	30°	✓	✓	✓	✓
	45°	X	X	X	X
	75°	X	X	X	X
Sisi Depan	30°	✓	✓	✓	✓
	15°	✓	✓	✓	✓
	-15°	✓	✓	✓	✓

Catatan : ✓ = Terdeteksi
X = Tidak Terdeteksi

5. KESIMPULAN

Sistem pendeteksi wajah dengan metode *Viola Jones* untuk keamanan ruangan otoritas dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan, yaitu dapat mendeteksi dan mencocokkan objek citra, wajah. Adapun akurasi jarak pada proses pendeteksian objek citra wajah paling baik dan ideal pada jarak 30 cm dan tingkat kemiringan alat pendeteksi citra wajah berbasis mikrokontroler ESP32-CAM sangat baik dalam mendeteksi posisi citra wajah yang relatif bersudut rendah dengan derajat kemiringan 30° terhadap posisi sisi wajah menghadap lurus ke depan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Arifudin, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Metode Segitiga Wajah (triangle face) Berbasis Raspberry Pi," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 1, hal. 29, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.006.
- [2] A. R. Syafira, "Sistem Deteksi Wajah Dengan Modifikasi Metode Viola Jones," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 17, no. 1, hal. 26–33, 2017, doi: 10.23917/emitor.v17i1.5964.
- [3] M. Saleh dan M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," *J. Teknol. Elektro, Univ. Buana*, vol. 8, no. 2, hal. 87–94, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>.
- [4] I. N. Dedi Ary Prasetya, "Deteksi wajah metode viola jones pada opencv menggunakan pemrograman python," *Simp. Nas. RAPI XI FT UMS*, hal. 18–23, 2012.
- [5] A. Setiawan dan A. Irma Purnamasari, "Pengembangan Passive Infrared Sensor (PIR) HC-SR501 dengan Microcontrollers ESP32-CAM Berbasis Internet of Things (IoT) dan Smart Home sebagai Deteksi Gerak untuk Keamanan Perumahan," *Prosiding Semin. Nas. SISFOTEK (Sistem Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 1, hal. 148–154, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/118>.
- [6] S. Matondang, "Penggunaan Face Recognition & Voice Recognition sebagai Dua Langkah Verifikasi dan Peningkatan Keamaan pada Smart Door," vol. 5, no. 3, hal. 7939–7946, 2019.
- [7] M. S. Muhaimin, "Pada Face Recognition Rancang Bangun Aplikasi Multi-Face Detector," 2013.
- [8] I. Gangopadhyay, A. Chatterjee, dan I. Das, *Face Detection and Expression Recognition Using Haar Cascade Classifier and Fisherface Algorithm*, vol. 922. Springer Singapore, 2019.
- [9] S. Warjono, A. Wisaksono, A. Misbahur, D. Amalia, dan M. H. Mubarak, "Alat Ukur Elektronik Pemakaian Air," *Orbith*, vol. 13, no. 2, hal. 86–89, 2017.

- [10] A. F. Saputra dan C. Darujati, "Sistem Presensi Mahasiswa Berbasis Realtime Kamera Metode Klasifikasi Haar," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 3, hal. 137–144, 2020.
- [11] B. M. Susanto, F. E. Purnomo, dan M. F. I. Fahmi, "Sistem Keamanan Pintu Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Fisherface Security System Based On Face Recognition Using Fisherface Method."
- [12] E. Riyanto, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis Android Dengan Raspberry Pi," vol. 5, no. 1, hal. 55–59, 2019.
- [13] S. Riyadi dan B. E. Purnama, "SISTEM PENGENDALIAN KEAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS SMS (SHORT MESSAGE SERVICE) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 8535," vol. 2, no. 4, hal. 7–11, 2013.