

IMPLEMENTASI SISTEM IOT DENGAN ALGORITMA HAAR CASCADE CLASSIFIER UNTUK MEMANTAU PROTOKOL KESEHATAN DI RUANG KELAS DAN PERBANDINGAN METODE PENGAMBILAN GAMBAR

(Implementation of an IoT System with Haar Cascade Classifier Algorithm for Monitoring Health Protocols in Classroom and Comparison of Image Capture Methods)

I Nengah Suardika^[1], I Gde Putu Wirarama WW^[1], Ariyan Zubaidi^[1]

^[1] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: nengahsuardika42@gmail.com, [wirarama, zubai]@unram.ac.id

Abstract The implementation of COVID-19 health protocols is now a mandatory government regulation to prevent and reduce the transmission of the virus. To address the risk of indoor transmission, strict adherence to protocols such as physical distancing and limited room occupancy is crucial. This research focuses on designing an IoT system using the Haar Cascade Classifier Algorithm to monitor health protocols in classrooms and compare image capture methods. The system comprises Raspberry Pi, Raspberry Pi Camera, servo, and buzzer. Testing confirmed that all modules performed well and effectively detected changes. Comprehensive system testing demonstrated optimal results with the Haar cascade algorithm, detecting changes within 100 cm and suitable lighting. While the system performed well overall in classroom testing, significant challenges were observed in detecting mask usage, resulting in a 48.27% success rate and 51.72% failure rate. However, using a servo for image capture improved the success rate to 87%, compared to 37% without the servo. This highlights the servo's significant contribution to enhancing face detection capabilities for classroom occupants.

Key words: face detection, Haar cascade classifier, Protokol COVID 19, Raspberry pi, Servo

I. PENDAHULUAN

Pencegahan merupakan salah satu upaya dalam penanganan pandemi COVID-19, bentuk dari upaya pencegahan yang telah ditetapkan oleh pemerintah ialah

protokol COVID-19. Berdasarkan Surat Edaran Kasatgas Nomor 18 Tahun 2022, protokol kesehatan pada masa pandemi meliputi penggunaan masker, mencuci tangan, menjaga jarak, menjauhi kerumunan dan membatasi interaksi langsung, sehingga dapat menurunkan penyebaran COVID-19. Dengan menurunnya angka penyebaran COVID-19, pemerintah memberikan beberapa kelonggaran dalam melaksanakan protokol kesehatan, salah satunya ialah diperbolehkan melepaskan masker pada ruang terbuka. Namun, hal ini hanya berlaku pada kategori sehat dan tanpa komorbid[1].

Penerapan protokol kesehatan yang diberlakukan di ruang terbuka berbeda halnya dengan di ruang tertutup, hal ini dikarenakan sangat mudahnya penyebaran COVID-19 saat berada dalam ruang tertutup. Pada studi yang dilakukan diketahui bahwa penularan COVID-19 secara langsung dari manusia ke manusia merupakan faktor penyebaran terbesar, yang dilaporkan dalam suatu studi di Tiongkok[2]. Penularan penyakit ini secara langsung banyak terjadi pada saat interaksi antar manusia dalam jarak dekat, khususnya saat beraktivitas di dalam ruangan. Studi tentang jarak yang efektif telah dilakukan, dan bahwa 1,6-3,0 m adalah jarak sosial yang aman untuk mencegah transmisi aerosol virus pada saat berbicara dan meningkatkan jarak sosial dapat mengurangi tingkat infeksi 20-40% selama 30 menit pertama[3], oleh karena itu pentingnya penerapan protokol kesehatan yang ketat terutama dalam ruang tertutup.

Salah satu contoh ruangan tertutup yang berpotensi menjadi tempat penyebaran virus COVID-19 ialah ruang kelas. Ruang kelas merupakan ruangan yang digunakan untuk melakukan kegiatan pembelajaran tatap muka, dimana pada masa pandemi COVID-19 ini, menjadikan

ruang kelas sebagai tempat dengan risiko penularan yang tinggi. Karenanya penerapan protokol kesehatan yang ketat perlu dilakukan terutama pada kapasitas penghuni, penggunaan masker dan jarak antar penghuni yang sering terabaikan.

Dari permasalahan tersebut, cara yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi penularan dan penyebaran COVID-19 terutama dalam hal kapasitas, penggunaan masker dan jarak antar penghuni ialah dengan memantau kondisi ruangan secara langsung dan menilai ketaatan penghuni ruangan terhadap protokol kesehatan yang berlaku, untuk memudahkan hal tersebut dapat dibangun sistem *internet of things* yang akan memantau kondisi ruangan secara otomatis dan *realtime*. Perkembangan *internet of things* sangat pesat, perkembangan ini menimbulkan otomatisasi dari segala bidang, yang mana bertujuan untuk memudahkan setiap kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat. Dengan penggunaan teknologi *internet of things* diharapkan dapat membantu dalam mengantisipasi penularan dan penyebaran COVID-19[4].

Pada penelitian ini akan dibangun sebuah sistem yang digunakan untuk mendeteksi jumlah penghuni, penggunaan masker dan penghuni yang berdekatan dengan menggunakan *raspberry pi* sebagai *microcontroller*. *Raspberry pi* merupakan sebuah mini PC, dikatakan demikian karena ia dapat melakukan segala hal yang dilakukan oleh komputer/laptop dengan menggunakan distribusi linux (*raspbian*) sebagai sistem operasinya, *raspberry pi* juga dilengkapi dengan berbagai konektor dan modul pendukung salah satunya ialah konektor *camera serial interface* (CSI) sebagai konektor untuk pi kamera yang dapat memvisualisasikan objek gambar yang ditangkap, penggunaan pi kamera lebih baik dalam pengklasifikasian citra dibandingkan dengan *fish eye* kamera yang memiliki distorsi garis horizontal [5]. Adapun modul yang digunakan untuk menggerakkan kamera guna mendapatkan gambar terbaik ialah *servo*. *Servo* adalah perangkat aktuator (motor) DC yang dapat bekerja secara dua arah (CW dan CCW) untuk menggerakkan arah dan sudut rotor dengan cara memberikan variasi pada lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada pin kontrolnya[6]. Dalam proses *klasifikasi* citra guna mengidentifikasi wajah penghuni ruangan digunakan algoritma *Haar cascade classifier*, algoritma ini merupakan salah satu algoritma yang banyak digunakan untuk mendeteksi wajah manusia[7]. Algoritma *Haar cascade* sendiri memiliki kelebihan dari sudut pandang komputasi yang cepat dan *realtime*, yang mana dikarenakan algoritma ini berjalan dengan menghitung jumlah piksel dalam persegi bukan setiap nilai piksel dari sebuah image[8]. Jenis metode ini digunakan untuk pengklasifikasian data berupa citra gambar dan video yang secara spesifik berfokus pada deteksi wajah. Dari hasil klasifikasi yang diperoleh, digunakan modul *buzzer* untuk memberitahu penghuni saat pelanggaran terjadi.

Dengan tinjauan masalah di atas, penulis melihat adanya kemungkinan peningkatan kepatuhan terhadap

protokol kesehatan dengan sistem *internet of things* dimana alat akan diletakan pada ketinggian dan sudut terbaik dalam pengambilan gambar, kamera akan digerakkan menggunakan *servo* yang telah dikalibrasi untuk menangkap gambar penghuni ruangan satu per satu kemudian akan dikirimkan kepada *raspberry pi* sebagai server yang akan menjalankan algoritma *Haar cascade classifier* untuk mendeteksi wajah dan penghuni yang berdekatan pada satu *frame*, sehingga didapatkan jumlah penghuni, penggunaan masker dan penghuni yang berdekatan. Dari hasil deteksi, jika terjadi pelanggaran protokol, sistem akan memperingatkan batas jumlah penghuni yang diperbolehkan, pelanggaran penggunaan masker dan jumlah penghuni yang berdekatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut merupakan beberapa tinjauan pustaka dari penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya, sebagai bahan acuan untuk melakukan penelitian ini.

Pada penelitian tentang penerapan *Haar cascade classification* untuk deteksi wajah, hidung, mulut, dan mata menggunakan algoritma *viola-jones* yang telah dilakukan oleh Heryana, Mayasari, dan Baihaqi. Pada penelitian tersebut diusulkan deteksi fitur yang ada pada wajah manusia dengan metode *Haar cascade classification*. Uji coba dilakukan dengan mengambil gambar hidung, mulut dan mata menggunakan algoritma *viola-jones*. Dari hasil percobaan yang dilakukan sebanyak 20 kali, didapatkan hasil akurasi dengan metode ekstraksi fitur warna dan *euclidean distance* adalah sebesar 75% [9]. Begitu pun pada penelitian ini akan dilakukan *face detection* dengan menggunakan algoritma *Haar cascade classifier* untuk deteksi objek wajah khususnya hidung, mulut dan mata.

Pada penelitian serupa juga disusun oleh Sirait dan Yoserizal, pada penelitian tersebut diusulkan pendeteksi wajah dari objek citra yang berupa gambar *frame* video melalui kamera. Kemudian dilakukan pendeteksi pola wajah yang dikenali dan mencari kemiripan terhadap database model wajah menggunakan *raspberry pi*. Pendeteksian wajah menggunakan metode *Haar cascade classifier* yang diimplantasikan pada *library openCV*, sedangkan metode pengenalan pola wajah dengan menggunakan analisa PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*). Pada pengujian digunakan pemrograman perangkat lunak berbasis *python*, berdasarkan data pengujian terhadap 127 *input*, didapatkan tingkat akurasi untuk pendeteksian satu objek wajah 84-97% sementara performa penggunaan CPU pada *raspberry pi* sebesar 41.87-46.25% [10]. Begitu pun pada penelitian ini menggunakan *raspberry pi* sebagai *microcontroller* yang akan menjalani proses komputasi dan algoritma *Haar cascade classifier*.

Pada penelitian rancang bangun sistem kamera perekam portabel menggunakan *raspberry pi* terintegrasi dengan server berbasis *internet of things* yang dilakukan oleh Al Gifarry dkk untuk melakukan perekaman secara berkala yang kemudian hasil perekaman dikirim secara

otomatis ke server. Sistem perekaman ini menggunakan sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) HC-SR501, *Raspberry pi 3 B plus, Infrared led light, Pi kamera, KY-037 sound sensor, SMTP Server (Simple Mail Transfer Protokol)*[11]. Begitu pula pada penelitian ini mengadaptasikan *raspberry pi* dan pi kamera dikarenakan fleksibilitasnya yang tinggi terhadap berbagai modul, yang mana pi kamera akan menangkap gambar sebagai *input* proses komputasi.

Pada penelitian selanjutnya implementasi *object tracking* untuk deteksi titik laser menggunakan *raspberry pi 4* yang dilakukan oleh Budi Setyawan dkk yang melakukan pelacakan objek otomatis dengan sistem *pan-tilt servo*. Pada penerapannya, penelitian tersebut menggunakan *raspberry pi*, pi kamera, *pan-tilt servo*, laser dan metode *template matching*. Metode *template matching* bekerja dengan prinsip pencocokan gambar yang diinputkan dengan *template* yang ada. Mekanisme kerja dalam penelitian diantara-Nya yaitu *raspberry pi* akan melakukan *color recognition* dan *teamplate matching* menggunakan *openCV* pada data *input* sistem *pan-tilt servo*[12]. Begitu pula pada penelitian ini menggunakan *servo* yang akan menggerakkan kamera pi untuk mengambil gambar *input* dan penggunaan *openCV* sebagai *library* yang akan mengolah data citra *input*.

Pada penelitian *home security sistem using iot* yang dilakukan oleh Tanaya dkk. Pada penelitian ini bertujuan membuat sebuah sistem keamanan rumah otomatis yang akan memberikan akses masuk bagi pengguna yang memiliki data citra pada database. Sistem ini dilengkapi oleh *raspberry pi*, kamera pi dan *Haar cascade algorithm*. Pada penerapannya kamera akan mengirimkan *input* kepada *raspberry pi*, yang mana akan menjalankan algoritma *Haar cascade*. Hasil data proses klasifikasi akan dikirimkan ke database, pengiriman data para *raspberry pi* ke database desktop menggunakan *wifi* dengan koneksi RPI yang diatur dengan *IP address* yang sama [13]. Begitu pula dengan penelitian ini, yang mana menggunakan *raspberry pi* serta *Haar cascade* algoritma dalam melakukan proses komputasi dan klasifikasi.

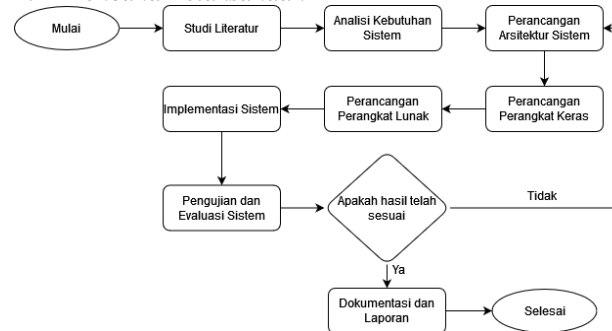
Pada penelitian sistem kontrol informasi aktivitas lansia berbasis *internet of things (IOT)* yang dilakukan oleh Wahyuningsih. Pada perancangannya sistem ini ditujukan untuk memantau aktivitas lansia dan alat elektronik di sekitar menggunakan IOT. *Input* dalam sistem ini berupa karpet, PIR dan sensor suhu DHT22 dan diproses oleh *raspberry pi* dibantu dengan *adruino mega*. Sistem sendiri bekerja dengan mendapatkan *input* dari sensor, kemudian diproses oleh *adruino* dan *raspberry pi*, hasil dari komputasi akan dikirim ke *website* menggunakan *node.js*[14]. Hal serupa juga diterapkan dalam penelitian ini, dimana data hasil proses *raspberry pi* dikirim ke *website* dengan menggunakan JSON.

Dari keseluruhan penelitian terkait yang telah dijelaskan di atas, *microcontroller* yang digunakan yaitu *raspberry pi*. Penggunaan *raspberry pi* pada penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan untuk menjalankan

proses komputasi khususnya pada klasifikasi citra dengan hasil yang baik. Namun, pada penelitian sebelumnya, penggunaan *raspberry pi* belum pernah digunakan untuk melakukan pendeteksian wajah dengan penggunaan *servo* yang akan menggerakkan kamera untuk mendapatkan *input* gambar yang maksimal. Adapun pada penelitian terkait di atas, hasil penelitian dicatat ke dalam data berbentuk JSON yang kemudian akan ditampilkan pada *website*, dari penelitian tersebut, peneliti menjadikannya acuan untuk menampilkan data hasil klasifikasi. Jadi pada penelitian yang dilakukan peneliti, peneliti akan membangun sistem IOT dengan menggunakan *servo* yang akan menggerakkan pi kamera dan *raspberry pi* sebagai *microcontroller*, serta algoritma *Haar cascade classifier* untuk mendeteksi wajah dan penghuni yang berdekatan, kemudian hasil deteksi akan ditampilkan pada *website*. Diharapkan dari pemanfaatan konsep IOT dapat menjaga dan meningkatkan kepatuhan terhadap protokol kesehatan sehingga dapat mengurangi penularan atau penyebaran COVID-19.

III. METODE PENELITIAN

A. Rencana Pelaksanaan



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

- 1) Pada tahap studi literatur dilakukan pengumpulan jurnal yang terkait dengan penelitian ini sebagai bahan pendukung dan pengembangan sistem. Jurnal yang digunakan berkaitan erat dengan IOT, *raspberry pi*, *face recognition*, *servo*, *camera pi*, *buzzer* dan protokol COVID-19
- 2) Tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan sebagai bahan masukan dalam perancangan sistem. Pada tahap ini dijabarkan fitur dan alat apa yang akan digunakan.
- 3) Pada tahap perancangan arsitektur dilakukan perancangan arsitektur dan *workflow* yang akan digunakan dalam pembangunan sistem.
- 4) Pada tahap perancangan perangkat keras dilakukan perancangan alat yang akan digunakan seperti *raspberry pi*, *servo*, *buzzer* dan *camera pi*, berdasarkan arsitektur sistem yang telah dibuat.
- 5) Pada tahap perancangan perangkat lunak dilakukan perancangan *website* dan penyiapan software yang digunakan seperti *raspbian*, *openCV*, IDE dan *python*.
- 6) Pada tahap implementasi dilakukan pembangunan sistem berdasarkan arsitektur dengan menggabungkan dan sinkronisasi perangkat lunak terhadap perangkat

keras serta pengimplementasian *Haar cascade classifier*.

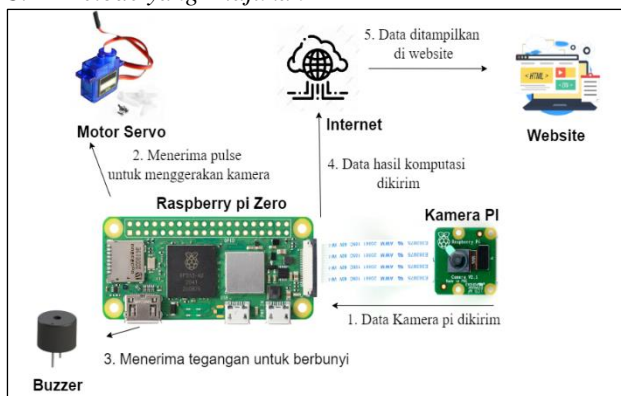
- 7) Tahap pengujian dan evaluasi sistem, Pada tahap ini dilakukan pengujian skala lab yang dilakukan dalam ruang kelas, dari hasil pengujian dilakukan evaluasi sistem, jika sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisa, maka akan berlanjut ke tahap berikutnya. Jika sistem tidak berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah di analisa maka akan dilakukan perbaikan yang dimulai pada tahap perancangan perangkat.
- 8) Pada tahap dokumentasi, pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan dari hasil pengujian dan evaluasi sistem yang telah dibuat.

B. Analisis Kebutuhan Sistem

Dalam tahap analisa kebutuhan, dilakukan analisa terhadap kebutuhan yang diperlukan oleh sistem meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, adapun alat yang dibutuhkan sebagai berikut:

- 1) laptop yang digunakan sebagai media utama dalam perancangan aplikasi dan juga sebagai media pengujian sistem oleh pengguna.
- 2) Sistem operasi yang digunakan adalah *linux* dengan distribusi *linux (raspbian)* yang digunakan untuk membangun sistem dan menjalankan sistem.
- 3) *Raspberry pi* digunakan untuk melakukan proses komputasi dan menghubungkan modul yang digunakan seperti *servo*, *buzzer* dan kamera pi
- 4) Motor *servo* digunakan untuk menggerakkan kamera pi sesuai dengan sudut yang telah di kalibrasi
- 5) Kamera pi digunakan untuk mengambil gambar sebagai bahan *input* sistem diantara-Nya yaitu mata, hidung dan mulut.
- 6) *Buzzer* digunakan untuk memberikan peringatan suara saat penghuni terdeteksi berdekatan atau tidak menggunakan masker

C. Metode yang Diajukan



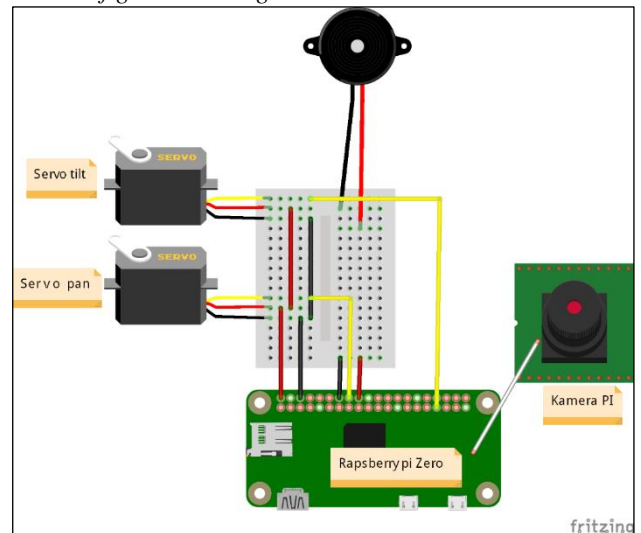
Gambar 2. Arsitektur Sistem

Pada arsitektur sistem yang dibangun terdiri dari perangkat keras (*raspberry pi*, motor *servo*, kamera pi dan *buzzer*) dan Perangkat lunak (*Website*) yang dihubungkan melalui internet, internet digunakan sebagai media transfer data yang mana mengirimkan data hasil komputasi perangkat keras dalam bentuk JSON kepada *website* yang akan menampilkan data sebagai interface sistem.

Berikut penjelasan dan *workflow* sistem dari gambar 2 yaitu :

- 1) Pada proses pertama, modul kamera mengambil gambar input, yang kemudian akan dikirimkan ke *raspberry pi*
- 2) Pada proses kedua, *raspberry pi* akan memproses gambar masukan dan menggerakkan *servo* secara berkala dengan rotasi vertikal dan horizontal guna mendapatkan objek gambar per *frame*, dari hasil gambar yang didapat, dijalankan *algoritma Haar cascade classifie* untuk mendeteksi hidung dan mata serta mendeteksi jumlah penghuni yang terdeteksi dalam satu *frame*.
- 3) Pada proses ketiga, *raspberry pi* akan mengirimkan tegangan kepada *buzzer*, sehingga *buzzer* dapat berbunyi saat terdeteksi pelanggaran.
- 4) Pada proses keempat, *raspberry pi* akan memproses hasil komputasi ke bentuk JSON dan mengirimkannya ke internet
- 5) Pada proses kelima, *website* akan melakukan *request* ke internet untuk meminta data JSON dan menampilkannya pada *website*

E. Konfigurasi Perangkat Keras



Gambar 3. Konfigurasi Perangkat Keras.

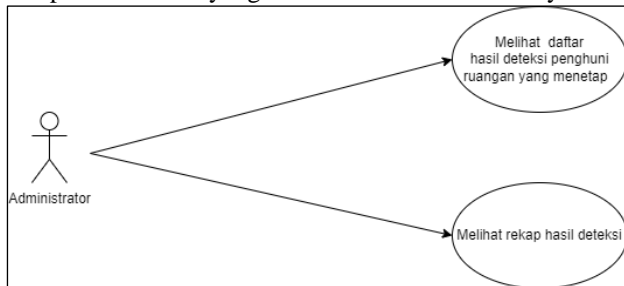
Gambaran dari rancangan perangkat keras ditampilkan pada Gambar 3, rancangan ini terdiri dari *raspberry pi zero* sebagai *microcontroller* yang terhubung ke motor *servo*, *buzzer* dan kamera menggunakan kabel *jumper*. Kamera pi akan digerakkan oleh *servo* untuk menangkap objek wajah, yang mana akan mendeteksi mata, mulut dan hidung dari wajah sebagai parameter algoritma *Haar cascade classifie*, kemudian apabila terdeteksi pelanggaran, *buzzer* akan berbunyi. Hasil pemrosesan *raspberry pi* akan dikirim ke internet dengan format data JSON.

D. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap perancangan perangkat lunak dibuat sebuah perancangan yang akan menjadi *interface* dari sistem yang dibuat berupa *website* sebagai berikut:.

D.1 Use Case Diagram

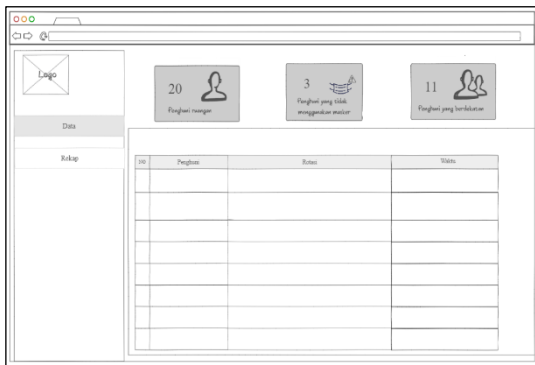
Pada Gambar 4 merupakan rancangan *usecase* dari sistem yang dibuat. Pada Gambar 4 administrator dapat melihat catatan hasil deteksi yang berisikan jumlah penghuni ruangan, penghuni ruangan yang berdekatan, rotasi *servo* dan penghuni ruangan yang tidak menggunakan masker. Administrator juga dapat melihat rekam hasil deteksi yang telah dilakukan sebelumnya.:



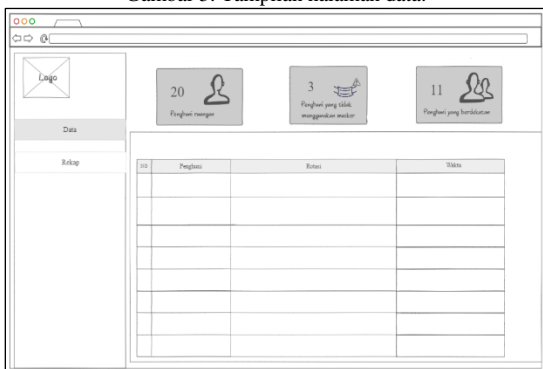
Gambar 4. Use case diagram

D.2 Desain Interface

Pada tahap desain *interface* merupakan tahap perancangan desain *interface* berdasarkan *usecase* diagram dan diimplementasikan menjadi sebuah *website*. Pada tahap desain *interface* ini digunakan *framework flask* dalam pembangunan *website*.



Gambar 5. Tampilan halaman data.



Gambar 6. Tampilan halaman rekam

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Perangkat

Pada sub bab ini merupakan pengujian sistem yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun meliputi perangkat keras dan perangkat lunak dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan:

A.1 Pengujian jarak dan sudut wajah

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan untuk mengetahui kinerja dari algoritma *Harr cascade* terhadap gambar yang diambil menggunakan kamera pi dan *raspberry pi zero*. Pada tahap pengujian ini, diketahui bahwa algoritma sangat dipengaruhi oleh jarak dan sudut selain dari intensitas cahaya.

TABEL I. Hasil Pengujian Model Berdasarkan Jarak & Sudut

No	Jarak	Sudut	Mata	Hidung	Wajah
1	50 cm	Tegak Lurus	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
2	50 cm	Miring kanan 45 °	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
3	50 cm	Miring kiri 45 °	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
4	50 cm	Nunduk 15 °	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
5	50 cm	Mendongak 15 °	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
1	100 cm	Tegak Lurus	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
2	100 cm	Miring kanan 45 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
3	100 cm	Miring kiri 45 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
4	100 cm	Nunduk 15 °	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
5	100 cm	Mendongak 15 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
6	200 cm	Tegak Lurus	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi
7	200 cm	Miring kanan 45 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
8	200 cm	Miring kiri 45 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
9	200 cm	Nunduk 15 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi
10	200 cm	Mendongak 15 °	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi

Pada tabel di atas diketahui penerapan algoritma *Haar cascade* untuk deteksi wajah dipengaruhi oleh jarak objek, sudut serta intensitas cahaya. Kelebihan sendiri *Haar cascade* ialah ringan dan cepat akan tetapi sangat dipengaruhi oleh ke tiga faktor di atas.



Gambar 7. Deteksi Model

Pada Gambar 7 merupakan hasil dari deteksi model untuk mengetahui kinerja algoritma *Harr cascade* terlepas dari pengambilan gambar menggunakan *servo*. Dari hasil tersebut di ketahui jarak optimal agar hasil deteksi baik ialah 100 cm dan kurang dari 200 cm dengan sudut tegak lurus, mendongak dan menunduk. Hasil yang di dapatkan pada posisi wajah yang menghadap kiri atau kanan tidak baik. Dengan memanfaatkan pengambilan *servo* diharapkan dapat meningkatkan hasil deteksi karena dapat memperluas sudut pengambilan

A.2 Pengujian Black Box

Pada sub bab ini merupakan tahapan pengujian *black box*. Pengujian *black box* berfokus pada persyaratan

fungsional perangkat lunak ke perangkat keras dimana ada beberapa perangkat yang dipakai dalam sistem. Dimulai dari pengujian per-blok yang sudah diuraikan pada bab sebelumnya dan sampai pada pengujian sistem secara keseluruhan.

1) Pengujian Pengontrolan *Buzzer*

TABEL II. Pengujian Pengontrolan *Buzzer*

Fungsi	Data masukan	Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Fungsi bunyi <i>buzzer</i>	<i>Buzzer</i> menerima perintah berbunyi saat penghuni tidak menggunakan masker, penghuni melebihi kondisi dan penghuni terdeteksi pada frame	<i>Buzzer</i> berbunyi	Sesuai yang diharapkan	valid

Pada pengujian modul *buzzer* dimana masukan yang diterima berupa perintah dari *raspberry pi* berdasarkan kondisi yang telah ditentukan pada logika deteksi dan *output* yang diharapkan berupa bunyi

2) Pengujian Pengontrolan *servo*

TABEL III. Pengujian Pengontrolan *Servo*

Fungsi	Data masukan	Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Fungsi Gerakan Horizontal	<i>Servo</i> menerima PWM dari <i>raspberry pi</i> untuk bergerak secara horizontal	<i>Servo</i> motor bergerak secara horizontal ke kiri dan ke kanan dengan perintah sudut yang diberikan	Sesuai yang diharapkan	valid
Fungsi Gerakan Vertikal	<i>Servo</i> menerima PWM dari <i>raspberry pi</i> untuk bergerak secara vertikal	<i>Servo</i> motor bergerak secara vertikal ke atas dan ke bawah dengan perintah sudut yang diberikan	Sesuai yang diharapkan	valid
Fungsi Gerakan	<i>Servo</i> menerima	<i>Servo</i> motor	Sesuai yang	valid

Kombinasi	PWM dari <i>raspberry pi</i> untuk menggerakkan <i>servo</i> secara kombinasi, yaitu gerakan horizontal dan vertikal secara bersamaan.	bergerak secara horizontal dan vertikal	diharapkan	
-----------	--	---	------------	--

Pada pengujian modul *servo* dimana *input-an* yang diberikan berupa PWM yang akan menggerakkan *servo*, pergerakan yang diatur memungkinkan *servo* bergerak secara horizontal, vertical dan kombinasi hal ini memungkinkan gerak *servo* ke segala arah. Pada perangkat *servo* yang digunakan adalah *servo sg90* yang hanya bisa berputar 180 derajat, pergerakan *servo* dikalibrasi berdasarkan PWN dan waktu untuk *servo* mencapai posisi yang diharapkan dikarenakan *servo* memiliki nilai eror yang berbeda beda. Pergerakan *servo* pan diatur dengan *time sleep* 15 dan sinyal 50 Mhz yang memungkinkan *servo* bergerak 45 derajat dari sudut awal. Sedangkan pada *servo tilt* atur dengan *time sleep* 15 dan sinyal 50 Mhz yang memungkinkan *servo* bergerak 45 derajat dari sudut awal

3) Pengujian *website*

TABEL IV. Pengujian *Website*

Fungsi	Data masukan	Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Tampilan data	<i>Website</i> menerima data hasil deteksi dalam bentuk JSON dan menampilkan menggunakan flask	Data berhasil ditampilkan	Sesuai yang diharapkan	valid
Tampilan rekap data	<i>Website</i> menerima data rekap deteksi dalam bentuk JSON dan menampilkan menggunakan flask	Data rekapitulasi berhasil ditampilkan	Sesuai yang diharapkan	valid

Pada pengujian *website* dimana masukan diterima dari *raspberry pi* berupa data JSON yang akan ditampilkan pada *website*. Pengujian dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python* dan *framework flask*, penggunaan *flask* meringankan penggunaan sumber daya pada *raspberry pi* dikarenakan ringan dan juga berupa *library python* serta mendukung *template website*. Data JSON yang ditampilkan merupakan hasil deteksi program, penggunaan format mempermudah pengiriman data dari server *flask* ke *website*.

4) Pengujian *raspberry pi*

TABEL V. Pengujian *Raspberrry Pi*

Fungsi	Data masukan	Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan

Menjalankan Kode Python	<i>Raspberry pi</i> meimport dan meinstall <i>library</i> yang digunakan diantaranya <i>opencv.python</i> <i>haarcascade</i>	Kode <i>Python</i> berhasil dijalankan tanpa error	Sesuai yang diharapkan	valid
Integrasi dengan <i>Servo</i>	<i>Raspberry pi</i> mengkonfigurasi dan kalibrasi <i>servo</i> berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan	<i>Servo</i> bergerak sesuai dengan yang diharapkan	Sesuai yang diharapkan	valid
Integrasi dengan <i>Buzzer</i>	<i>Raspberry pi</i> mengkonfigurasi <i>buzzer</i> berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan	<i>Servo</i> bergerak sesuai dengan yang diharapkan	Sesuai yang diharapkan	valid
Integrasi dengan Kamera Pi	<i>Raspberry pi</i> mengkonfigurasi dan mengintegrasikan kamera pi untuk mengambil gambar	Gambar yang diambil oleh Kamera Pi sesuai dengan yang diharapkan.	Sesuai yang diharapkan	valid

Pada pengujian *raspberry pi* dimana menguji fungsionalitas modul-modul dan konfigurasi *python* sehingga diharapkan sistem dapat bekerja dengan baik. Pada fungsional kode *python* dibutuhkan masukan berupa *library-library* yang dibutuhkan untuk menjalankan *code python* serta integrasi dari beberapa modul yang memerlukan konfigurasi tertentu sehingga dapat mengimplementasikan sistem secara keseluruhan berdasarkan rancangan sistem

A.3 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui rangkaian sistem berfungsi dengan baik dan berjalan sesuai yang diharapkan. Pada sub bab ini ditampilkan hasil pengujian keseluruhan sistem berdasarkan skenario.

Pengujian dilakukan di ruang kelas dengan jumlah penghuni ruangan sebanyak 8 orang. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil gambar dengan sistem *pan-tilt* sebanyak 4 kali dan membantingkannya dengan gambar pengambilan seluruh ruang kelas.



Gambar 8. Kelas Tempat Pengujian

Dari pengujian alat yang dilakukan di dalam ruang kelas dengan skenario alat yang diletakkan di depan ruang kelas dengan posisi dan ketinggian yang berbeda-beda untuk mendeteksi penghuni ruangan. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan dan telah berbentuk data *confusion matrix*

TABEL VI. *Confusion Matrix*

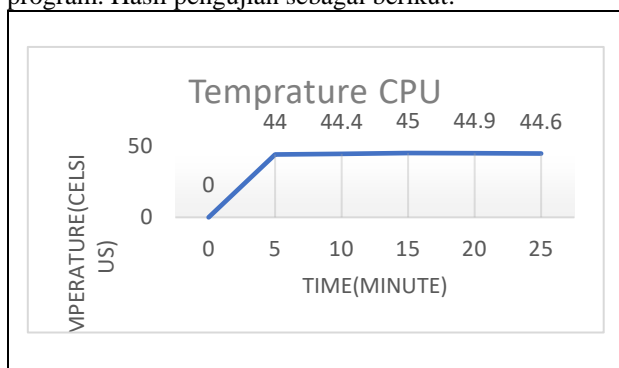
No	Kondisi	Jenis	Total Terdeteksi
1	<i>True Positive Eyes</i>	Eyes	5
2	<i>False Positive Eyes</i>		0
3	<i>False Negative Eyes</i>		27
4	<i>True Positive Noses</i>	Noses	12
5	<i>False Positive Noses</i>		0
6	<i>False Negative Noses</i>		17
7	<i>True Positive face</i>	Face	24
8	<i>False Positive face</i>		4
9	<i>False Negative face</i>		16
10	<i>Detected Mask Violation</i>	Mask	14
11	<i>Undetected Mask Violation</i>		15

Dari hasil implementasi pada Tabel 6, terdapat total objek data yang berjumlah 101 objek yang terdapat pada 38 gambar yang diambil menggunakan kamera pi dengan sudut pan 45, 90, 135 dan tilt 45, 90, 135. Didapatkan nilai *precision* dan *recall/sensitivitas* pada mata yaitu 100% dan 15%, nilai *precision* dan *recall/sensitivitas* pada hidung yaitu 100% dan 41%, nilai *precision* dan *recall/sensitivitas* pada wajah yaitu 85% dan 60%. Terdapat banyak objek yang tidak terdeteksi pada gambar yang disebabkan oleh model *machine learning* kurang baik, cahaya yang kurang bagus dan getaran *servo* yang menyebabkan gambar yang ditangkap kurang baik.

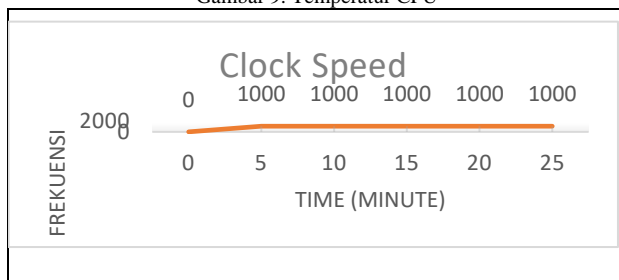
Hasil perbandingan antara pengambilan gambar dari sistem pan-tilt dengan seluruh ruangan, sangat dipengaruhi oleh jarak objek dan posisi kamera serta algoritma yang cocok, kelebihan penggunaan *servo* sendiri ialah dapat menangkap objek wajah tegak lurus dari sudut yang berbeda-beda. Hal ini memungkinkan sistem untuk mendapatkan sudut pandang yang lebih optimal dalam mendeteksi wajah individu di ruang kelas. Dari hasil pendeteksian wajah menggunakan *servo* dengan sudut yang telah di atur, di kenali objek wajah sebanyak 7 dari 9 wajah penghuni dengan persentase keberhasilan 87% sedangkan untuk pengambilan langsung, objek wajah yang dikenali 3 dari 9 wajah penghuni dengan persentase keberhasilan 37%. Dengan demikian, penggunaan *servo* dapat memberikan keuntungan dalam meningkatkan kemampuan deteksi wajah.

Dari hasil pemaparan yang sudah dilakukan, didapatkan bahwa terdapat 29 hasil deteksi yang telah dikategorikan memakai masker dan tidak memakai masker berdasarkan parameter deteksi yang telah ditentukan, sehingga tingkat keberhasilan alat dan algoritma sebesar 48.27% data yang berhasil mendeteksi masker, data tersebut diambil dari parameter deteksi masker diantaranya dideteksi hidung dan wajah pada gambar. Kemudian terdapat 51.72% data yang gagal mendeteksi masker, data tersebut didapatkan dari jumlah pelanggaran masker yang tidak terdeteksi dan kesalahan hasil deteksi dari parameter yang telah ditentukan sebagai tidak menggunakan masker.

Pada saat pengujian dilakukan juga pengukuran suhu dan performa dari *raspberry pi zero w* untuk menjalankan program. Hasil pengujian sebagai berikut:



Gambar 9. Temperatur CPU



Gambar 10. Frekuensi CPU

Dari grafik di atas diketahui performa *raspberry pi* terhadap program dengan interval waktu 5 menit. *Clock speed* pada inti CPU untuk menjalankan program berjalan maksimum tanpa ada *throttling* pada 25 menit pertama dengan suhu yang naik turun, perubahan suhu dipengaruhi besar oleh program deteksi yang mendeteksi penghuni, dimana dengan banyaknya objek yang terdeteksi meningkatkan waktu deteksi pada fitur yang ingin dideteksi, selain itu juga dipengaruhi oleh program yang menampilkan hasil deteksi pada *website* dikarenakan *load data* yang dilakukan oleh *user*. Pada pengujian yang dilakukan, objek yang terdeteksi sedikit sehingga suhu dan kerja CPU dalam keadaan optimal, namun dengan meningkatnya objek yang terdeteksi akan sangat mempengaruhi kerja *raspberry pi*

Dari hasil pengujian diketahui algoritma *Haar cascade* ringan dan dapat berjalan pada *raspberry pi zero w* namun *Haar cascade* kurang baik dalam mendeteksi wajah penghuni sebab sangat dipengaruhi oleh cahaya

karenanya penggunaan di dalam ruangan dengan pencahayaan yang kurang mengakibatkan hasil yang kurang baik, selain itu jarak objek deteksi dan posisi wajah sangat mempengaruhi dikarenakan objek wajah yang baik ialah tegak lurus tanpa dihalangi objek lain.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- 1) Rangkaian sistem pengambilan wajah penghuni kelas berbasis *raspberry pi* dan *servo* berhasil dibuat, namun sistem tidak dapat bekerja sesuai yang diharapkan karena di pengaruhi oleh input-an dan pemrosesan deteksi yang kurang optimal
- 2) Sistem pan-tilt dan pengambilan gambar dari seluruh ruangan memiliki perbandingan yang dipengaruhi oleh jarak objek, posisi kamera, dan algoritma yang cocok. Penggunaan *servo* dalam sistem pan-tilt memungkinkan penangkapan objek wajah dari sudut yang berbeda-beda, meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah di ruang kelas.
- 3) Deteksi penggunaan masker dalam penelitian ini mencapai tingkat keberhasilan sebesar 48,27%, dengan beberapa kegagalan dalam mendeteksi masker sebesar 51,72%. Parameter deteksi masker yang melibatkan hidung dan wajah dalam gambar digunakan untuk mengategorikan hasil deteksi.
- 4) Pengambilan gambar menggunakan *servo* pada sudut yang telah diatur memiliki tingkat keberhasilan deteksi wajah sebesar 87%, sementara pengambilan gambar langsung hanya mencapai 37%. Penggunaan *servo* memberikan keuntungan dalam meningkatkan kemampuan deteksi wajah.
- 5) Performa *raspberry pi zero w* dalam menjalankan program deteksi cukup baik tanpa adanya *throttling* pada inti CPU dalam 25 menit pertama pengujian. Suhu CPU dipengaruhi oleh banyaknya objek yang terdeteksi dan tampilan hasil deteksi pada *website*. Semakin banyak objek yang terdeteksi, semakin berpengaruh terhadap kinerja *raspberry pi*.
- 6) Protokol HTTP bekerja dengan baik untuk mengimplementasikan framework flask sehingga sumber daya komputasi yang digunakan efisien dan *website* yang dibangun dapat menampilkan hasil deteksi dengan baik
- 7) Algoritma *Haar cascade* dalam penelitian ini terbukti ringan dan dapat berjalan pada *raspberry pi zero w*. Namun, algoritma ini kurang baik dalam mendeteksi wajah penghuni karena sangat dipengaruhi oleh cahaya dan jarak objek deteksi. Wajah yang optimal untuk deteksi adalah dalam posisi tegak lurus tanpa halangan objek lain.
- 8) Pengaruh cahaya, gerakan objek dan getaran *servo* dapat mempengaruhi tingkat akurasi deteksi hidung,

mata dan wajah pada kamera pi menjadi berkurang dan bahkan tidak terdeteksi sama sekali.

B. Saran

Jika dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penelitian ini ke depannya, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk menjadi acuan pengembangan sistem berikutnya:

- 1) Diharapkan ada *stabilizer* pada kamera atau peningkatan kamera pi ke versi berikutnya agar gambar yang dihasilkan baik dan tidak terpengaruh oleh getaran *servo* saat kamera digerakkan.
- 2) Diharapkan peningkatan algoritma *Haar cascade* atau kombinasi dengan CNN agar dapat mendeteksi dari segala sisi wajah sehingga hasil deteksi lebih baik.
- 3) Diharapkan penambahan perangkat sensor jarak atau algoritma untuk deteksi jarak antar penghuni agar nilai yang dihasilkan lebih akurat
- 4) Diharapkan sistem dapat bekerja secara paralel sehingga dapat mendeteksi secara otomatis/menjalankan seluruh program sekaligus dan menampilkan data secara *realtime*.
- 5) Diharapkan menggunakan *raspberry pi* dengan spesifikasi lebih tinggi untuk mempermudah dan mengatasi beban komputasi dan mempercepat proses pendeteksian objek.
- 6) Agar *website* berjalan dengan lebih *realtime*, diharapkan sistem yang dibangun dapat dikembangkan dan dapat berjalan diberbagai sistem operasi dan platform.

REFERENCES

- [1] S. T. P. Covid-, "Surat edaran nomor 18 tahun 2022 tentang ketentuan perjalanan orang dalam negeri pada masa pandemi," pp. 2–6, 2022.
- [2] J. Prayitno, R. A. Darmawan, J. P. Susanto, and R. Nugroho, "Tinjauan Teknologi Inaktivasi Virus Untuk Penanggulangan Pandemi Covid-19," *J. Bioteknologi Biosains Indones.*, vol. 8, no. 1, pp. 137–154, 2021, doi: 10.29122/jbbi.v8i1.4612.
- [3] D. Perwito Sari, A. Rahayu, A. Widodo Mukti, and L. M. Suwarso, "Sosialisasi Kepatuhan Protokol Kesehatan Sebagai Upaya Pencegahan Penularan Covid-19," *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 5, no. 3, pp. 828–835, 2021, [Online]. Available: <http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm>.
- [4] F. Adani and S. Salsabil, "Internet of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya," *Isu Teknol. Stt Mandala*, vol. 14, no. 2, pp. 92–99, 2019.
- [5] A. Sembiring, "Sistem Kendali Dan Pengawasan Wilayah Pintu Berbasis IoT," *J. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 101, 2019, doi: 10.36294/jurti.v2i2.423.
- [6] H. Eka Putra, M. Jamil, and S. Lutfi, "Smart Aquarium Berbasis Iot Menggunakan Raspberry Pi 3," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 2, no. 2, pp. 60–66, 2019, doi: 10.33387/jiko.v2i2.1179.
- [7] S. Abidin, "Deteksi Wajah Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Berbasis Webcam Pada Matlab," *J. Teknol. Elektroika*, vol. 15, no. 1, p. 21, 2018, doi: 10.31963/elektrika.v15i1.2102.
- [8] M. W. Septyanto, H. Sofyan, H. Jayadianti, O. S. Simanjuntak, and D. B. Prasetyo, "Aplikasi Presensi Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier," *Telematika*, vol. 16, no. 2, p. 87, 2020, doi: 10.31315/telematika.v16i2.3182.
- [9] N. Heryana, Rini Mayasari, and Kiki Ahmad Baihaqi, "Penerapan Haar Cascade Classification Model Untuk Deteksi Wajah, Hidung, Mulut, dan Mata Menggunakan Algoritma Viola-Jones," *Techno Xplore J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–25, 2020, doi: 10.36805/technoxplore.v5i1.1064.
- [10] F. Sirait and Y. Yoserizal, "Pemanfaatan Raspberry Pi Sebagai Processor Pada Pendeteksian Dan Pengenalan Pola Wajah," *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 146–150, 2016, doi: 10.22441/jte.v7i3.892.
- [11] S. Abi Dzar Al Gifarry, Abdul Rakhman, "Rancang Bangun Sistem Kamera Perekam Portable Menggunakan Raspberry Pi Terintegrasi Dengan Server Berbasis Internet Of Things," *J. Qua Tek.* 11(2), 47 - 57., vol. 11, no. 2, pp. 47–57, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.35457/quateknika.v11i2.1617>.
- [12] Y. Afrilia et al., "Implementasi Object Tracking untuk Deteksi Titik Laser Menggunakan Raspberry Pi 4," *Sist. J. Sist. Inf.*, vol. 10, no. 2, pp. 423–433, 2021.
- [13] P. Mahalakshmi, R. Singhanian, D. Shil, and A. Sharmila, "Home security system using GSM," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 906, no. 15, pp. 627–634, 2019, doi: 10.1007/978-981-13-6001-5_53.
- [14] P. Wahyuningsih, "Sistem Kontrol Informasi Aktivitas Lansia Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, pp. 120–127, 2018, doi: 10.33096/ilkom.v10i2.271.120-127.
- [15] D. (2021) Dikti, "Surat Edaran Nomor 6 Tahun 2020 Tentang Penyelenggaraan Pembelajaran Pada Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021," <Http://Kemdikbud.Go.Id/>, no. Mei, p., 2020, [Online]. Available: <http://kemdikbud.go.id/main/?lang=id>.
- [16] S. Iraj, P. Mogens, and R. Ratasuk, "Recent Advances in M2M Communications and Internet of Things (IoT)," *Int. J. Wirel. Inf. Networks*, vol. 24, no. 3, pp. 240–242, 2017, doi: 10.1007/s10776-017-0362-3.
- [17] A. I. Salim, Y. Saragih, and R. Hidayat, "Implementasi Motor Servo SG 90 Sebagai

- Penggerak Mekanik Pada E. I. Helper (ELECTRONICS INTEGRATION HELMET WIPER),” *Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, pp. 236–244, 2020, doi: 10.32531/jelekn.v6i2.256.
- [18] Z. Amin and D. Meldi, “Pengidentifikasian dan Pencarian Manusia Berbasis Citra Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle,” *Met. J. Sist. Mek. dan Termal*, vol. 2, no. 2, p. 50, 2018, doi: 10.25077/metal.2.2.50-60.2018.
- [19] M. Modul and S. Ultrasonik, “Prototype Deteksi Objek Menggunakan Raspberry Pi Melalui Modul Sensor Ultrasonik Hc-Sr04,” *J. PATRIA BAHARI*, vol. 1, no. 2, pp. 53–57, 2021.
- [20] M. I. KURNIAWAN, U. SUNARYA, and R. TULLOH, “Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.1.
- [21] P. S. Hasugian, “Perancangan Website Sebagai Media Promosi Dan Informasi,” *J. Inform. Pelita Nusant.*, vol. 3, no. 1, pp. 82–86, 2018.
- [22] M. Irsan, E. B. Stephen, and A. Supriyono, “Rancang Bangun Monitoring Ruang CCTV Server Menggunakan Raspberry Pi Di Sekolah Pelita Harapan Lippo Village,” *J. Sist. Komput. dan Kecerdasan Buatan*, vol. II, no. 2, pp. 23–29, 2019.
- [23] D. Normawati and S. A. Prayogi, “Implementasi Naïve Bayes Classifier Dan Confusion Matrix Pada Analisis Sentimen Berbasis Teks Pada Twitter,” *J. Sains Komput. Inform. (J-SAKTI)*, vol. 5, no. 2, pp. 697–711, 2021, [Online]. Available: <http://ejurnal.tunasbangsa.ac.id/index.php/jsakti/article/view/369>.