

IMPLEMENTASI DESAIN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN PENGENALAN WAJAH BERBASIS INTERNET OF THINGS

1st Ardea Himawan Nugroho
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
ardeahn@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Anggi Zafia
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
anggiz@telkomuniversity.ac.id

3rd Agung Wicaksono
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
agungwicaksonopwt@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Keamanan rumah menjadi isu penting di tengah maraknya kasus pembobolan, terutama di kawasan pemukiman. Penelitian ini merancang sistem pengunci otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan teknologi pengenalan wajah menggunakan arsitektur Multi-Task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN). Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras seperti ESP32Cam, Raspberry Pi, dan solenoid door lock, serta menyediakan antarmuka web dan notifikasi melalui Telegram Bot. Pendekatan ADDIE digunakan untuk memastikan pengembangan yang terstruktur, mencakup tahap analisis hingga evaluasi. Pengujian menunjukkan keberhasilan deteksi wajah pada jarak hingga 54 cm dengan pencahayaan optimal (50-90 lux) serta responsif terhadap percobaan pembobolan. Kinerja sistem menurun pada kondisi cahaya rendah atau terlalu terang. Solusi ini diharapkan mampu meningkatkan perlindungan dan memberikan rasa aman kepada pengguna.

Kata kunci— Keamanan rumah, Internet of Things (IoT), Pengenalan wajah, MTCNN, solenoid doorlock, raspberry pi

I. PENDAHULUAN

Tindakan pembobolan rumah masih menjadi masalah serius di Indonesia, terutama pada pemukiman penduduk. Kejadian ini sering terjadi ketika rumah dalam keadaan kosong, meskipun pintu sudah terkunci rapat. Pelaku kejahatan sering menggunakan teknik seperti kawat kecil atau kunci duplikat untuk membuka pintu. Sebagai contoh, kasus di Bojongsari menunjukkan pelaku menggunakan kunci tiruan untuk memasuki rumah kosong. Hal ini mengindikasikan kunci konvensional masih rentan terhadap manipulasi, sehingga rumah menjadi target empuk bagi pelaku kejahatan. Meskipun teknologi seperti Closed Circuit Television (CCTV) banyak digunakan, sistem ini kurang efektif dalam mencegah tindakan kriminal, terutama ketika pemilik tidak berada di tempat.[1]

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan peningkatan keamanan rumah melalui teknologi yang lebih canggih. Salah satu teknologi yang menjanjikan adalah sistem otomatisasi rumah atau smart home, yang mengintegrasikan sensor, aktuator, dan komunikasi untuk menciptakan sistem keamanan yang andal. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengelola keamanan rumah dari jarak jauh, termasuk mengontrol akses pintu secara real-time. Dengan memanfaatkan sistem pengunci otomatis berbasis teknologi seperti sidik jari, kartu identitas, atau Radio Frequency Identification (RFID), teknologi smart home dapat meningkatkan perlindungan terhadap pembobolan rumah.

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian sebelumnya menggunakan teknologi pengenalan wajah sebagai bagian dari sistem keamanan. Sebagai contoh, penelitian memanfaatkan NodeMCU ESP8266, reed switch, sensor PIR, dan ESP32Cam untuk implementasi face recognition dengan algoritma Convolutional Neural Network (CNN). Namun, penelitian ini memiliki kelemahan, seperti rentannya reed switch terhadap dorongan paksa yang dapat menyebabkan kegagalan sistem. Penelitian lain menggunakan Raspberry Pi 3B, pi camera, dan relay untuk membuka kunci rumah dengan algoritma PCA-GA, tetapi kekurangan validasi sistem menjadi titik lemah yang memungkinkan terjadinya pembobolan.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem keamanan pintu rumah berbasis IoT dengan teknologi pengenalan wajah yang lebih andal. Sistem ini memanfaatkan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk deteksi wajah dan mengintegrasikan solenoid lock system sebagai mekanisme pengunci. Untuk meningkatkan keamanan, sistem dilengkapi dengan parameter validasi yang memastikan pintu hanya terbuka jika ada perintah dari sensor

pengenalan wajah yang valid. Selain itu, sistem dirancang untuk memberikan notifikasi secara real-time melalui bot Telegram dan menyajikan informasi kondisi pintu melalui antarmuka web. Website ini juga digunakan untuk proses enrolling wajah serta konfigurasi perangkat ESP32Cam. Dengan fitur ini, pengguna dapat memantau kondisi rumah secara langsung dan mengelola sistem keamanan dengan lebih fleksibel.

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). Pendekatan ini dipilih karena cocok untuk pengembangan sistem keamanan yang membutuhkan ketelitian tinggi, terutama dalam aplikasi yang sensitif seperti pengamanan pintu rumah. Diharapkan pendekatan ini mampu meminimalkan kekurangan dalam sistem, menghasilkan solusi yang efektif untuk mencegah pembobolan rumah, serta memberikan rasa aman yang lebih tinggi bagi masyarakat.

Dengan menggabungkan teknologi IoT, pengenalan wajah berbasis CNN, dan mekanisme keamanan yang terintegrasi, penelitian ini berupaya menjawab kebutuhan akan sistem keamanan rumah yang modern, efisien, dan aman. Sistem ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan teknologi pengamanan konvensional dan memberikan solusi praktis dalam menjaga keamanan rumah, baik saat pemilik berada di tempat maupun tidak.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep memperluas koneksi internet ke perangkat fisik untuk memungkinkan pertukaran data dan komunikasi melalui jaringan tanpa kabel. Cara kerja IoT melibatkan tiga komponen utama: sensor untuk mengumpulkan data, gateway sebagai pengolah data, dan cloud untuk penyimpanan dan manajemen data. IoT memberikan manfaat seperti meningkatkan efisiensi di berbagai bidang, mendukung kemajuan teknologi, meningkatkan keamanan melalui informasi real-time, dan membantu pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Namun, IoT juga memiliki kekurangan, seperti biaya awal yang tinggi, risiko keamanan dan privasi, serta kompleksitas dalam implementasi. [2]

B. Deep Learning

Deep learning adalah cabang machine learning yang meniru struktur sistem saraf otak manusia untuk memproses data besar dan menyelesaikan masalah kompleks yang sulit diatasi metode konvensional. Teknologi ini memanfaatkan metadata sebagai input, diproses melalui lapisan tersembunyi dengan transformasi nonlinier, dan menghasilkan output secara mandiri. Tipe *deep learning* meliputi *unsupervised learning*, yang menganalisis pola tanpa label, dan *hybrid deep learning*, yang menggabungkan metode *supervised* dan *unsupervised* untuk hasil optimal. Algoritma populer seperti DNN, ANN, dan CNN sering digunakan, dengan bantuan *hyperparameter training* untuk mengoptimalkan model. [3], [4]

C. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah metode deep learning yang dirancang khusus untuk pengolahan data

dua dimensi, seperti klasifikasi gambar. CNN sering digunakan karena kemampuannya menangani deformasi gambar, seperti perubahan skala, rotasi, dan translasi, serta kemampuannya mengurangi jumlah parameter bebas dibandingkan metode lainnya. CNN bekerja dengan pendekatan *feedforward* untuk klasifikasi dan *backpropagation* untuk proses pembelajaran. CNN memiliki struktur berlapis yang terdiri dari tiga jenis lapisan utama. *Convolutional layer* adalah lapisan pertama yang menjalankan operasi konvolusi antara matriks filter (*kernel*) dan data input untuk menghasilkan *feature map*. *Feature map* ini mencerminkan fitur-fitur penting yang diekstraksi dari data input. Selanjutnya, *pooling layer* bertugas mengurangi dimensi spasial dari data input tanpa mengubah kedalamannya. Proses ini dilakukan untuk mempersiapkan data bagi lapisan berikutnya, menggunakan teknik seperti *Max Pooling* atau *Average Pooling*, yang secara selektif memilih nilai maksimum atau rata-rata dari area tertentu dalam data input. Setelah beberapa proses konvolusi dan *pooling*, data akan memasuki *fully connected layer*, yang berfungsi untuk menggabungkan informasi dari seluruh fitur yang telah diekstraksi. Pada tahap ini, data diubah menjadi vektor satu dimensi melalui proses *flatten* atau *reshape*, memungkinkan jaringan untuk melakukan klasifikasi atau prediksi dengan menggunakan *hidden layer*, fungsi aktivasi, dan lapisan output. Keunggulan utama CNN terletak pada lapisan *convolutional*, yang dirancang khusus untuk mengenali pola dalam data citra, membedakannya dari jenis neural network lainnya seperti *Artificial Neural Network* (ANN) atau *Deep Neural Network* (DNN). [5]

D. ESP32Cam

ESP32 adalah mikrokontroler dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth dual-mode yang mendukung komunikasi nirkabel secara real-time. Dikombinasikan dengan modul kamera OV2640, yang mendukung resolusi hingga UXGA (1600x1200), perangkat ini dikenal sebagai ESP32-Cam. ESP32-Cam sering digunakan untuk aplikasi seperti video streaming, pengenalan wajah, dan pemantauan keamanan (CCTV). Keunggulannya meliputi biaya yang terjangkau, komunikasi nirkabel, dan kemudahan pengembangan, menjadikannya populer untuk proyek *Internet of Things* (IoT). [1]

E. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer papan tunggal (SBC) yang dikembangkan oleh *Raspberry Pi Foundation* untuk mendukung pemrograman yang mudah dan terjangkau. Pertama kali dirancang pada tahun 2009 dan diproduksi massal pada 2012, perangkat ini telah menjadi salah satu komputer paling populer, dengan lebih dari 8 juta unit terjual pada 2016. *Raspberry Pi* mendukung berbagai sistem operasi seperti *Raspbian* dan *Arch Linux ARM*, serta digunakan untuk aplikasi seperti robotika, *smarthome*, CCTV pintar, dan server hosting. *Raspberry Pi* hadir dalam berbagai model, termasuk model A dengan memori 256 MB dan model B dengan 512 MB serta dukungan Ethernet. Versi-versi lainnya meliputi *Raspberry Pi A+* sebagai model terkecil, *Raspberry Pi B+* dengan konsumsi daya rendah, *Raspberry Pi 2* dan *3* dengan prosesor quad-core, *Raspberry Pi Zero* sebagai versi paling kecil, dan *Raspberry Pi 4* dengan RAM hingga 4 GB dan performa tinggi. Model terbaru, *Raspberry Pi 1000*, dilengkapi CPU ARM Cortex-A72 dan fitur tambahan seperti keyboard serta mouse terintegrasi. [6], [7]

F. Solenoid doorlock

Solenoid door lock adalah perangkat keamanan elektronik yang menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengontrol mekanisme kunci pintu. Perangkat ini bekerja dengan menciptakan medan magnet saat coil diberi tegangan 12 volt DC, menarik inti logam (slug) ke pusat coil. Solenoid memiliki dua kondisi operasi, Normally Open (NO) dan Normally Close (NC), yang diatur melalui relay yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Ketika arus listrik dihentikan, medan magnet menghilang, dan slug kembali ke posisi semula. Solenoid door lock sering digunakan dalam aplikasi keamanan karena efisiensinya dalam mengontrol akses secara elektronik. [8]

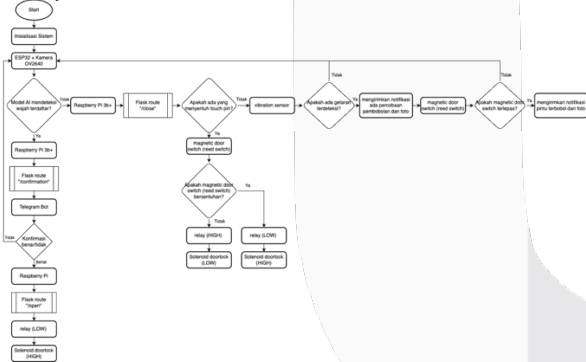
G. Blackbox Testing

Pengujian dalam penelitian ini menggunakan metode blackbox testing untuk menguji fungsionalitas sistem tanpa memeriksa struktur internal atau kode program. *Blackbox testing* fokus pada memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan dengan memanfaatkan deskripsi perangkat untuk mengembangkan uji kasus. Proses ini melibatkan pengujian dengan input valid maupun tidak valid untuk memverifikasi kesesuaian output yang dihasilkan. Teknik yang digunakan mencakup all pair testing, yang menguji semua kemungkinan kombinasi parameter input, dan *equivalence partitioning*, yang membagi data ke dalam kelompok untuk pengujian yang lebih terfokus. [9]

III. METODE

Pada penelitian ini menggunakan metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, Impelemtation, Evaluation*)

A. Analysis



Gambar 1 Flowchart Sistem

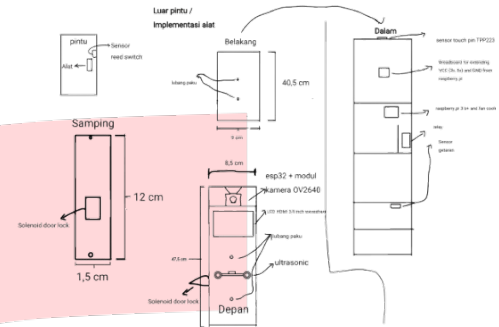
Pada tahap analisis, penulis mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Pada gambar 1, sistem dimulai dari sistem di booting lalu ESP32 + modul kamera OV2640 sebagai inputan dan sebagai pemrosesan face detection dan face recognition. Lalu ketika wajah terdaftar akan get http request dari flask route /confirmation di raspberry pi. Setelah itu akan mengirimkan notifikasi ke telegram bot apakah benar atau tidak, jika benar maka akan kembali ke raspberry pi dan mengarah ke flask route /open lalu relay menjadi LOW dan solenoid doorlock aktif. Jikalau kondisi wajah tidak terdaftar akan get http request dari flask route /close di raspberry pi, lalu akan mengecek apakah ada yang menyentuh touch pin atau tidak. Jika ada maka akan mengarah ke magnetic door switch (reed switch) dan akan mengecek lagi apakah bersentuhan atau tidak, jika tidak maka

relay akan berubah jadi posisi low dan solenoid doorlock menjadi high.

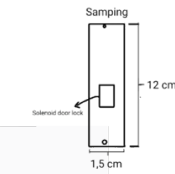
B. Design

1. Hardware

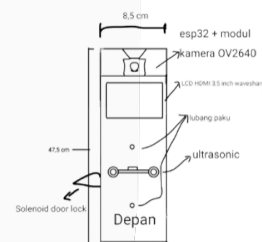
Pada tahap *design hardware*, penulis menggunakan ibisPaint X untuk merancang *housing* sistem. *Housing* sistem dibagi menjadi beberapa sketsa, yaitu sketsa bagian depan, belakang, samping, sketsa implemmtasi alat dan peletakan magnetic doorswitch (reed switch), sketsa bagian dalam sistem, dan keseluruhan sistem.



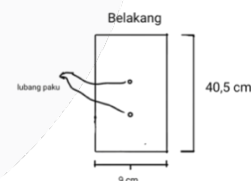
Gambar 2 Sketsa Hardware keseluruhan



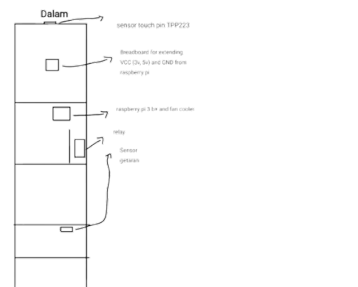
Gambar 3 Sketsa bagian samping



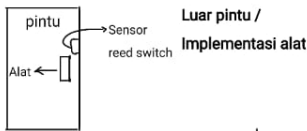
Gambar 4 Sketsa bagian depan



Gambar 5 Sketsa dari bagian belakang pintu



Gambar 6 Sketsa ketika sistem dibongkar

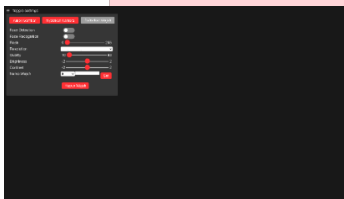


Gambar 7 Sketsa implementasi alat dan magnetic door switch (reed switch)

2. Software

a. Website

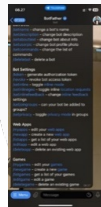
Penulis melakukan desain website menggunakan aplikasi Bernama figma, pada desain memiliki beberapa *button menu* yang menjadi satu pada tempat yang sama, hal tersebut untuk memudahkan pengguna. *Button* tersebut adalah *button* ambil gambar, menyalakan kamera, daftarkan wajah, *face detection* dan *recognition*, konfigurasi *flash*, *quality*, *brightness*, *contrast*, dan tempat untuk memasukkan nama pada data wajah.



Gambar 8 Tampilan Desain rancangan website sistem

b. Telegram Bot

Pada telegram bot bekerja untuk menerima notifikasi dan gambar dari raspberry pi yang telah di program, platform yang digunakan adalah botfather. Pada telegram bot menerima 2 notifikasi yaitu pintu sedang ada percobaan pembobolan dan pintu terbobol



Gambar 9 Inisialisasi telegram bot

C. Development

Pada tahap development, penulis melakukan development alat secara *hardware* dan *software*. Proses ini dilakukan setelah proses *design* selesai dilakukan oleh penulis.

D. Implementation

Setelah *hardware* dan *software* berhasil dibuat pada tahap sebelumnya. Tahap ini merupakan tahap untuk mengimplementasikan atau memasang sistem yang telah dibuat

E. Evaluation

Setelah tahap implementation selesai, Langkah selanjutnya adalah tahap *evaluation*. Tahap ini penulis mengevaluasi hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan uji fungsionalitas pendekatan *blackbox testing* dengan dua kategori yaitu *All Pair Testing* untuk keseluruhan sistem dan *equivalence testing* untuk masing – masing sensor dan alat yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Development

1. Raspberry pi

a. Pembuatan *housing hardware*

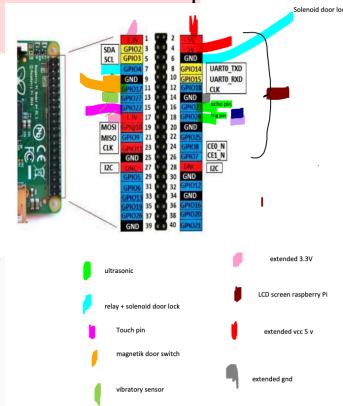
Pada tahap ini penulis membuat housing hardware pada keseluruhan sistem sesuai dengan pada tahapan desain dengan menggunakan triplek 3mm dan gergaji untuk memotongnya.



a) Housing b) Housing belakang c) Housing sistem

Gambar 10 Proses perakitan housing system

b. Peletakan sensor pada GPIO raspberry Pi



Gambar 11 Pembagian GPIO raspberry pi 3b+

c. Pembuatan kode program

1. Endpoint confirmation

```

@app.route('/confirmation') #Mak notifikasi dan notifikasi adanya pembobolan menggunakan gambar
def confirm_route():
    response = requests.get(ESP32CAM_FLASH)
    smpnFoto(capture())
    response = requests.get(ESP32CAM_FLASHOFF)
    time.sleep(0.2)
    send_photo(CAM_ID, "/home/pi/Downloads/TugasM001r/tp/ESP32capture.jpg", "Apakah ini benar Anda? (Y/N)")
    print("Notifikasi: terkirim")
    print(telegram_bot.getMe())
    MessageLoop(telegram_bot, received_msg1.run_at_thread)

while 1:
    time.sleep(30)

```

Gambar 12 kode untuk endpoint confirmation

2. Endpoint close

```

@app.route('/open')
def open_route():
    GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.LOW) # Buka pintu (solenoid aktif)
    print("door opened")
    # Tunggu hingga reed switch mendeteksi pintu tertutup
    while True:
        if GPIO.input(REED_PIN) == GPIO.LOW: # Jika reed switch mendeteksi pintu tertutup
            GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.HIGH) # Tutup pintu (solenoid tidak aktif)
            print("Reed switch detected door closed")
            url_req1 = "http://192.168.188.10:5000/close"
            result1 = requests.get(url_req1)
            print(result1.json())
            return "Pintu telah tertutup oleh Reed Switch", 200
        else:
            KEKUN = 1
            time.sleep(0.1) # Mengurangi beban CPU

```

Gambar 13 Kode untuk endpoint close

3. Endpoint open

```

@app.route('/open')
def open_route():
    GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.LOW) # Buka pintu (solenoid aktif)
    print("door opened")
    # Tunggu hingga reed switch mendeteksi pintu tertutup
    while True:
        if GPIO.input(REED_PIN) == GPIO.LOW: # Jika reed switch mendeteksi pintu tertutup
            GPIO.output(RELAY_PIN, GPIO.HIGH) # Tutup pintu (solenoid tidak aktif)
            print("Reed switch detected door closed")
            url_req1 = "http://192.168.188.10:5000/close"
            result1 = requests.get(url_req1)
            print(result1.json())
            return "Pintu telah tertutup oleh Reed Switch", 200
        else:
            KEKUN = 1
            time.sleep(0.1) # Mengurangi beban CPU

```

Gambar 14 Kode untuk endpoint open

2. ESP32Cam

a. Perancangan Website ESP32Cam

1. Menyalakan flash

```
<div class="input-group" id="flash-group" style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">

Matikan



Nyalakan


```

Gambar 15 kode untuk menyalakan flash (0-255(max))

2. Button menyimpan nama

```
<button type="button" value="Simpan" class="btn btn-primary" style="width: 100px; margin-top: 10px; display: inline-block; text-align: center;">Simpan
```

Gambar 16 kode untuk menyimpan nama

3. Button menghapus wajah berdasarkan ID

```
<div class="input-group" id="contrast-group" style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">

Hapus



Tidak Hapus


```

Gambar 17 Kode button untuk menghapus wajah berdasarkan ID

```
static void draw_face_boxes(d1_matrix3du_t *image_matrix, box_array_t *boxes, int face_id){  
    int x, y, w, h, sz;  
    uint32_t color = FACE_COLOR_YELLOW;  
    if(face_id < 0) color = FACE_COLOR_RED;  
    else if(face_id > 0) color = FACE_COLOR_GREEN;  
    }  
    fb_data_t fb;  
    fb.width = image_matrix->w;  
    fb.height = image_matrix->h;  
    fb.data = image_matrix->item;  
    fb.bytes_per_pixel = 3;  
    fb.format = FB_BGR888;  
    for (i = 0; i < boxes->len; i++){  
        // rectangle box  
        x = (int)boxes->box[i].box_p[0];  
        y = (int)boxes->box[i].box_p[1];  
        w = (int)boxes->box[i].box_p[2] - x + 1;  
        h = (int)boxes->box[i].box_p[3] - y + 1;  
        fb_gfx_drawFastLine(64b, x, y, w, color);  
        fb_gfx_drawFastLine(64b, x, y+h, w, color);  
        fb_gfx_drawFastLine(64b, x, y, h, color);  
        fb_gfx_drawFastLine(64b, x+w, y, h, color);  
    }  
    // landmark  
    int s0, s1;  
    for (j = 0; j < 18; j+=2) {  
        s0 = (int)boxes->landmark[i].landmark_p[j];  
        s1 = (int)boxes->landmark[i].landmark_p[j+1];  
        fb_gfx_fillRect(64b, s0, s1, 3, color);  
    }  
}
```

B. Implementation

Pada tahap ini, peneliti memasang dan merangkai semua housing yang sudah dibuat ke pintu sebagai pengganti pengunci kunci konvensional.



a) Bagian depan b) Bagian belakang c) Bagian samping

Gambar 18 Implementasi sistem

b. Penggunaan model AI Thinker

Penulis menggunakan model dan library dari AI Thinker tetapi terdapat pengembangan yaitu dapat menyimpan data wajah ke microSDCard dan ketika ada data wajah yang tersimpan otomatis melakukan proses enrolling mandiri dan memanfaatkan algoritma MTCNN untuk proses *detection* dan *recognition*nya.

1. Proses inti *face recognition*

```
void faceRecognition() {  
    camera_fb_t *fb = NULL;  
    fb = esp_camera_fb_get();  
    if (!fb) {  
        Serial.println("Camera capture failed");  
        ESP.restart();  
    }  
    size_t out_len, out_width, out_height;  
    uint8_t *out_buf;  
    bool s;  
    d1_matrix3du_t *image_matrix = d1_matrix3du_alloc(1, fb->width, fb->height, 3);  
    if (!image_matrix) {  
        esp_camera_fb_return(fb);  
        Serial.println("d1_matrix3du_alloc failed");  
        return;  
    }  
    out_buf = image_matrix->item;  
    out_len = fb->width * fb->height * 3;  
    out_width = fb->width;  
    out_height = fb->height;  
    s = fmt2rgb888(fb->buf, fb->len, fb->format, out_buf);  
    esp_camera_fb_return(fb);  
    if (!s) {  
        d1_matrix3du_free(image_matrix);  
        Serial.println("rgb888 failed");  
        return;  
    }  
    box_array_t *net_boxes = face_detect(image_matrix, Gmtm_config);  
    if (net_boxes) {  
        run_face_recognition(image_matrix, net_boxes);  
        d1_lib_free(net_boxes->scores);  
        d1_lib_free(net_boxes->boxes);  
        d1_lib_free(net_boxes->landmark);  
        d1_lib_free(net_boxes);  
        net_boxes = NULL;  
    }  
    d1_matrix3du_free(image_matrix);  
}
```

2. Proses menjalankan *face recognition*

```
static int run_face_recognition(d1_matrix3du_t *image_matrix, box_array_t *net_boxes) {  
    int matched_id = 0;  
    if (!net_boxes) return 0;  
    if (!image_matrix) return 0;  
    for (i = 0; i < net_boxes->len; i++) {  
        int matched_id = 0;  
        int score = 0;  
        if (face_recognize(image_matrix, net_boxes->box[i], net_boxes->landmark[i], net_boxes->scores[i]) > 0) {  
            matched_id = net_boxes->box[i].box_p[0];  
            score = net_boxes->scores[i];  
        }  
    }  
    return matched_id;  
}
```

3. Proses menggambar box di sekitar wajah pada frame

C. Evaluation

Evaluasi yang digunakan adalah pengujian dengan pendekatan *blackbox testing* yang digunakan untuk menguji keseluruhan sistem (*all pair testing*) dan masing – masing sensor (*equivalence testing*)

1 All Pair Testing

Teknik ini digunakan untuk menguji semua kemungkinan kombinasi parameter input dari sistem. Setiap kombinasi diuji untuk mengevaluasi apakah output yang dihasilkan sesuai dengan ekspektasi. Total terdapat 10 skenario uji, termasuk validasi jarak deteksi wajah, respon terhadap wajah yang tidak terdaftar, dan pengujian pada kondisi pencahayaan rendah (<50 lux meter)

2 Equivalence Testing

Teknik ini membagi data input ke dalam kelompok atau partisi untuk pengujian yang lebih terfokus. Setiap sensor diuji secara individual untuk memvalidasi keakuratannya. Pengujian pada tahap ini meliputi:

- Sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak (5 cm hingga 50 cm).
- Sensor getaran untuk mendeteksi berbagai tingkat getaran pada pintu.
- Sensor reed switch untuk memvalidasi status pintu (terbuka/tertutup).
- ESP32Cam dapat mendeteksi dan mengenali wajah pada jarak 30 – 55cm dengan posisi kemiringan kamera 45 derajat, ketinggian alat dari permukaan tanah adalah 125cm, dengan intensitas cahayanya adalah 50 lux. Ketika intensitas cahayanya adalah 213 lux, sistem hanya dapat mendeteksi adanya wajah tetapi tidak dapat mengenali wajah. Ketika

intensitas cahayanya < 50 lux maka sistem tidak dapat mengenali dan mendeteksi adanya wajah

- e. *Raspberry pi mampu menjalankan dua proses sesuai kebutuhan peneliti dengan rata – rata penggunaan CPU adalah 15,7%, lalu pada suhu raspberry pi tertulis 49,9°C selama pengujian berlangsung.*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil memenuhi semua indikator yang telah ditentukan:

- a. Sistem mendeteksi wajah yang terdaftar dengan akurat pada jarak 54cm dan akan mengaktifkan solenoid doorlock untuk membuka pintu
- b. Sistem memberikan notifikasi melalui Telegram Bot jika terjadi percobaan pembobolan atau pintu terbobol ketika magnetic doorswitch terlepas.
- c. Sistem dapat mengenali pada kondisi pencahayaan 50 – 90 lux, ketika di bawah 50 lux maka sistem tidak dapat mendeteksi dan mengenali, ketika di atas 90 lux sistem hanya bisa mendeteksi tetapi tidak dapat mengenali wajah.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan pintu rumah berbasis Internet of Things (IoT) dengan teknologi pengenalan wajah menggunakan arsitektur MTCNN (*Multi-Task Cascaded Convolutional Networks*) dengan metode Convolutional Neural Network (CNN). Sistem ini mencakup fitur keamanan canggih seperti notifikasi real-time melalui Telegram Bot, validasi akses pintu dengan pengenalan wajah, serta antarmuka web untuk pengelolaan dan pendaftaran wajah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi wajah dengan akurat pada jarak hingga 54 cm dalam kondisi pencahayaan yang memadai (50-90 lux). Selain itu, sistem dapat memberikan notifikasi terkait percobaan pembobolan atau pelanggaran keamanan melalui bot Telegram. Meski demikian, sistem memiliki keterbatasan pada kondisi pencahayaan rendah (di bawah 50 lux) dan pencahayaan terlalu tinggi (di atas 90 lux), di mana deteksi atau pengenalan wajah menjadi kurang optimal. Dengan pendekatan ADDIE, penelitian ini mengintegrasikan berbagai teknologi seperti ESP32Cam, Raspberry Pi, sensor – sensor, dan solenoid door lock untuk menciptakan sistem

yang andal dan efisien. Sistem ini diharapkan mampu menjadi solusi modern untuk meningkatkan keamanan rumah dan memberikan rasa aman yang lebih baik kepada masyarakat.

REFERENSI

- [1] B. Yanto, B. Basorudin, S. Anwar, A. Lubis, and K. Karmi, "Smart Home Monitoring Pintu Rumah Dengan Identifikasi Wajah Menerapkan Camera ESP32 Berbasis IoT," *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, vol. 11, no. 1, pp. 53–59, Mar. 2022, doi: 10.32736/sisfokom.v11i1.1180.
- [2] H. R. P. Sailellah, "Internet of Things : Pengertian, Sejarah, Kelebihan dan Kekurangannya," Telkom University. Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: <https://it.telkomuniversity.ac.id/internet-of-things-pengertian-sejarah-kelebihan-dan-kekurangannya>
- [3] A. Zhang, Z. C. Lipton, M. U. Li, and A. J. Smola, *Dive into Deep Learning*, 2nd ed. d2l, 2023. Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: <https://d2l.ai/d2l-en.pdf>
- [4] geeksforgeeks.org, "Introduction to Deep Learning," geeksforgeeks. Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-deep-learning/>
- [5] Z. Keita, "An Introduction to Convolutional Neural Networks (CNNs)," datacamp. Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.datacamp.com/tutorial/introduction-to-convolutional-neural-networks-cnns>
- [6] Raspberry Pi Ltd, "Raspberry Pi 3 Model B+," 2023.
- [7] Raspberry Pi Foundation, "About us," raspberry pi.org. Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/about/>
- [8] Adafruit, "Small Lock-style Solenoid - 12VDC @ 350mAh with 2-pin JST Datasheet," 2021. Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/5065/5065_C16212.pdf
- [9] Soetam Rizky Wicaksono, *BLACKBOX TESTING TEORI DAN STUDI KASUS*. 2021. doi: 10.5281/zenodo.7659674.