

# Sistem Pendeteksi Pencurian Barang Berbasis Mikrokontroler dan *Cloud Computing* Menggunakan *Machine Learning*

1<sup>st</sup> Daniel Putra Suryahadi  
Fakultas Informatika  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
danielsuryahadi@student.telkomu  
niversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Endro Ariyanto  
Fakultas Informatika  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
endroa@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Hilal Hudan Nuha  
Fakultas Informatika  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
hilalnuha@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** - Pencurian merupakan kejahatan yang umum terjadi di banyak belahan dunia, termasuk di Indonesia. Target pencurian sendiri tidaklah memandang lokasi, di mana hal ini terjadi juga di Masjid Syamsul 'Ulum Telkom University, padahal kondisi masjid sudah terpasang CCTV. Salah satu barang incaran pencurian pada masjid adalah sepatu, terutama saat pelaksanaan sholat Jum'at berlangsung. Telah banyak penelitian yang dilakukan dalam rangka meningkatkan keamanan pada sebuah masjid, salah satunya adalah sistem keamanan kotak amal. Belum ada penelitian yang mengembangkan sistem keamanan dari sepatu itu sendiri hingga saat ini. Merujuk kepada referensi lain, penelitian yang memiliki tujuan untuk meningkatkan keamanan pun memiliki kekurangan seperti respons yang belum otomatis pada telegram dan buzzer. Pada penelitian kali ini telah berhasil dirancang sebuah sistem pendeteksi pencurian barang berupa sepatu berbasis mikrokontroler ESP32-CAM dan cloud computing menggunakan machine learning. Sistem memiliki fitur dapat memberikan respons otomatis dengan membunyikan buzzer dan mengirimkan notifikasi telegram. Sistem memiliki akurasi sebesar 87,2% dalam mendeteksi adanya pencurian. Selain akurasi, sistem juga memiliki nilai rata-rata delay 1 (delay sejak sepatu ditaruh dan pencuplikan ESP32-CAM hingga pengirimannya ke server) sebesar 123,9 detik. Sistem masih memiliki kelemahan karena delay 2 (delay sejak pencuri mengambil sepatu dan pengiriman 1 citra hasil pencuplikan hingga muncul hasil keputusan dari proses verifikasi berdasarkan machine learning dari server) cukup besar yaitu 14,3 detik. Untuk mengatasi hal tersebut, sebaiknya pemrosesan machine learning dilakukan langsung di perangkat yang digunakan agar dapat meminimalisir delay.

**Kata kunci:** *cloud computing*, ESP32-CAM, *machine learning*

## I. PENDAHULUAN

Pencurian merupakan suatu tindakan kriminal yang meresahkan warga Indonesia. Pencurian sendiri tidak mengenal tempat, bahkan salah satu targetnya adalah masjid. Berdasarkan referensi rujukan [1], polisi telah berhasil menangkap pencuri sepatu karyawan Badan Amil Zakat Nasional (Baznas) di sebuah masjid di Matraman, Jakarta Timur. Saat digeledah, polisi menemukan 7 sandal diduga hasil curian pelaku di lokasi lain. Referensi lain pun [2] menyatakan bahwa, aksi pencurian dua pasang sepatu di Masjid Baitussyukur sebelah utara Kantor Dispendukcapil Sukoharjo terekam kamera pengawas atau *closed circuit television* (CCTV). Berdasarkan penelitian [3], telah berhasil dibuktikan bahwa ESP32-CAM mampu bekerja pada sebuah skema rangkaian dan desain boks alat penangkap gambar. Pada alat terdapat kekurangan fitur yang dapat dikembangkan berupa respons otomatis, seperti peringatan notifikasi telegram ataupun buzzer. Penelitian lain [4] pun juga telah membuktikan bahwa ESP32-CAM mampu diimplementasikan pada sebuah sistem berbasis layanan *cloud computing* *Amazon Image Recognition* (AIR) yang dapat memudahkan pengendara keluar lahan parkir tanpa menunjukkan kartu identitas kepada satuan pengamanan (satpam). Namun, terdapat kekurangan fitur berupa *handling* apabila antara wajah dan plat nomor tidak sesuai, maka pengendara akan terkunci di lahan parkir tanpa adanya solusi.

Selain itu, sebuah penelitian [5] juga telah berhasil membuktikan bahwa ESP32-CAM mampu diimplementasikan pada sistem pemantauan slot parkir berbasis sensor ultrasonik yang mengimplementasikan metode *Optical Character Recognition* (OCR) dari *Google Cloud*.

Berkaitan dengan *Machine Learning* [6], *Machine Learning* adalah sebuah proses yang boros akan daya perangkat pemroses, terutama proses yang

melibatkan kumpulan dari big data. Walaupun demikian, *machine learning* sendiri telah terintegrasi pada beberapa layanan *cloud computing* yang pastinya memiliki kelebihan. Kelebihannya antara lain, biaya yang lebih efisien karena perangkat pemroses terdapat di *cloud*, kesempatan untuk eksperimen dan tes banyak model, integrasi yang mudah, serta masih banyak lagi. Contoh penggunaan *machine learning* pada layanan *cloud computing* antara lain, *Microsoft Azure*, *Google Cloud*, dan *IBM*.

*Machine Learning* sendiri memiliki banyak sub-algoritma dimana setiap algoritma memiliki spesifikasi dan kemampuan khususnya masing-masing, salah satunya adalah *Deep Learning*. *Deep Learning* sendiri terpecah menjadi banyak metode lainnya, diantaranya adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Berdasarkan penelitian [7] *Convolutional Neural Network* adalah salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk *image classification* dan *object detection* tipe darah manusia yang berbasis ESP32-CAM dan kamera OV2640.

#### A. Latar Belakang

Sebagai salah satu tempat ibadah bagi umat muslim di Telkom University Bandung, Masjid Syamsul 'Ulum yang kerap disingkat dengan MSU juga merupakan tempat yang ikonik untuk dikunjungi bagi seluruh kalangan umat beragama. Mulai dari suasananya, kenyamanannya, kemegahannya, serta dari desain segi arsitekturnya. Namun, walau dari banyaknya hal positif yang dimiliki, MSU pun perlu kewanaman barang yang baik bagi para pengunjungnya.

Hal ini terlihat dari kewanaman sepatu pengunjung yang kerap menjadi incaran pencuri. Keamanan mulai renggang saat pelaksanaan sholat Jum'at berlangsung, di mana banyaknya sepatu diletakkan sekitar wilayah MSU. Walau sudah terpasang banyak CCTV, kejadian akan pencurian pun tetap berlangsung akibat tidak adanya keamanan otomatis lebih lanjut.

Tak hanya di MSU, sepatu kerap menjadi incaran pencurian di beberapa masjid yang ada di Indonesia. Dari permasalahan inilah dibutuhkan sebuah sistem yang memiliki otomatis dan akurat untuk menjaga sepatu dari awal penempatan hingga sepatu kembali kepada pemiliknya.

#### B. Topik dan Batasannya

*Internet of Things* atau kerap disingkat dengan IoT merupakan sebuah teknologi yang berfokus pada otomatisasi suatu perangkat terhadap kondisi lingkungan yang dihadapi, salah satu contohnya adalah Sistem Otomasi Lampu Kamar Mandi, di mana sistem akan diprogram secara otomatis untuk menyalakan lampu kamar mandi di saat seseorang berada di dalamnya. Begitupun lampu akan mati secara otomatis apabila tidak ada orang di dalamnya.

IoT sendiri pun terimplementasi di banyak ranah, seperti pertanian, pendidikan, otomotif dan masih banyak lagi. Hal ini membuka peluang besar akan pengembangan dari sistem IoT itu sendiri. Sehingga, IoT menjadi salah satu solusi atas permasalahan yang kerap terjadi di MSU, dengan mengimplementasikan sebuah sistem keamanan berbasis mikrokontroler dan *cloud computing* dengan *machine learning*.

Adapun persyaratan yang telah dilalui dalam rangka merancang sistem tersebut antara lain *input* berupa citra wajah yang ter-trigger oleh sensor ultrasonik HCSR04 dan *output* berupa aktuator *buzzer* yang menyala apabila terjadi sebuah pencurian.

Selain persyaratan, batasan pekerjaan yang telah dilalui dalam rangka merancang sistem antara lain, *machine learning* yang digunakan pada sistem merupakan *machine learning* yang telah terintegrasi dengan layanan *cloud computing* atau dapat dikatakan siap dipakai melalui API (*Application Programming Interface*). Dengan kata lain, tidak ada pengkodean pada algoritma *machine learning*.

Batasan selanjutnya adalah ruang lingkup penelitian. Pada sistem yang telah dirancang ini, ruang lingkup penelitian dibatasi pada sebuah kotak penyimpanan barang berbahan dasar duplex (sejenis kardus, namun lebih kuat). Selain itu, dari segi barang uji coba pada penelitian dibatasi pada sepasang sepatu, sebuah sepatu, dan sebuah kotak plastik.

### C. Tujuan

Kondisi yang telah dicapai pada penelitian adalah berhasil dirancangnya sebuah sistem pendeteksi pencurian barang berbasis mikrokontroler dan *cloud computing* menggunakan *machine learning*. Sistem disertai dengan modul kamera dan dilengkapi dengan respons otomatis berupa peringatan *buzzer* serta notifikasi telegram. Selain itu, pada penelitian telah dihitung seberapa besar nilai akurasi verifikasi wajah pada sistem beserta besar *delay* sistem terhadap akses pertukaran data di internet.

### D. Organisasi Tulisan

Adapun untuk bagian penjelasan selanjutnya dibagi atas beberapa bab, di antaranya terdapat studi terkait, di mana pada bagian ini akan berisi landasan pendukung yang berkaitan lebih erat dengan penelitian dibandingkan pada pendahuluan, seperti penelitian lain yang mirip. Kemudian, terdapat bab berupa sistem yang dibangun, di mana pada bagian ini berisi penjelasan teknis perancangan pada sistem, gambaran *prototype* sistem, serta deskripsi tambahan pada sistem. Selanjutnya, terdapat bab evaluasi, di mana pada bagian ini dilampirkan data hasil pengujian beserta analisisnya. Dan diakhir, terdapat bab kesimpulan yang merangkum hasil penelitian dilengkapi dengan saran.

## II. STUDI TERKAIT

Sebuah penelitian [3] telah berhasil mengembangkan perangkat penangkap gambar pelaku kejahatan berbasis Node MCU ESP32-CAM yang mampu bekerja pada ruang gelap dengan sumber tegangan baterai yang dapat diisi ulang. ESP32-CAM terbukti telah banyak digunakan sebagai alat pemantau berupa pencuplikan terhadap foto maupun video, namun terdapat keterbatasan dalam beberapa kasus seperti pembeda wajah asli dan foto wajah, pengukuran kecepatan kendaraan. Penelitian dilakukan untuk uji coba berbagai macam sensor PIR motion dengan jangkauan terjauh dan respon tercepat yang berfungsi untuk peningkatan kemampuan ESP32-CAM.

ESP32-CAM pun telah berhasil diimplementasikan ke penelitian lain yang berperan sebagai perangkat keamanan, yang diantaranya monitoring pintu rumah dengan identifikasi wajah [8]. Sistem memiliki fitur mengidentifikasi wajah pemilik rumah. Adapun untuk tujuan utama dikembangkannya sistem adalah meningkatkan keamanan dari rumah dengan menghindari akses yang tidak sah. Perangkat sistem terdiri atas komponen *power supply*, ESP32-CAM, *relay*, dan kunci magnetik digital. Berdasarkan hasil analisis, sistem berhasil dikembangkan sesuai dengan rencana di awal, sistem juga menyediakan metode yang efektif dan reliabel untuk meningkatkan keamanan rumah.

Perangkat keamanan selanjutnya adalah sistem keamanan kotak amal dalam masjid [9]. Adapun perangkat utama yang digunakan pada sistem adalah Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama pada sistem dan ESP32-CAM sebagai media komunikasi serta penghubung beberapa sensor untuk mendeteksi percobaan akses pada kotak amal. Berdasarkan hasil analisis pada sistem, perangkat berhasil bekerja dengan baik, namun terdapat sampel uji coba yang tidak berhasil dalam implementasinya yang mengakibatkan tingkat akurasi kesuksesan sistem yang menurun.

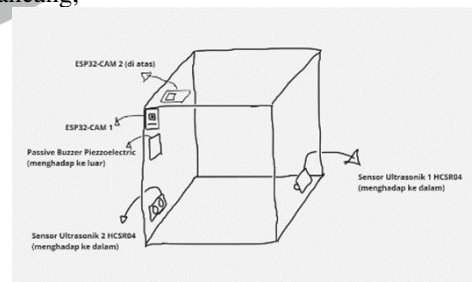
Perangkat keamanan terakhir adalah sistem pengamanan alat berat pertambangan [10]. Sistem bertujuan untuk mengamankan pekerja industri pertambangan dari titik buta alat berat pertambangan. Perangkat utama yang digunakan berupa modul *stepper motor*, ESP32-CAM, dan *driver* dari *stepper motor*. *Stepper motor* berfungsi sebagai aktuator untuk menarik pedal rem dari alat berat pertambangan, sedangkan ESP32-CAM berfungsi sebagai media sensor yang mendeteksi keberadaan manusia di area titik buta dari alat berat pertambangan. Hasil sistem tidak ada *error* ataupun kecelakaan yang terjadi saat uji coba, hal ini mengindikasikan bahwa sistem berhasil dirancang dengan tingkat kesuksesan yang tinggi.

## III. SISTEM YANG DIBANGUN

Pada bab ini difokuskan pada 2 sub-bab, di antaranya terdapat implementasi perangkat keras berupa hasil *prototype* yang telah dirancang. Kemudian, terdapat implementasi perangkat lunak berupa *software* dan *library* yang digunakan pada sistem.

### A. Implementasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Implementasi perangkat keras pada sistem dispesifikan pada hasil *prototype* yang telah dirancang berdasarkan sketsa. Adapun berikut gambaran dari sketsa dan *prototype* yang telah dirancang,

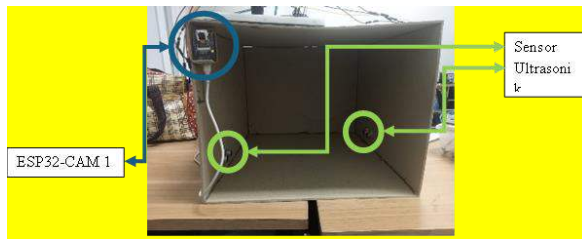


GAMBAR 1

Sketsa *prototype* kotak penyimpanan sepatu (tampak depan)

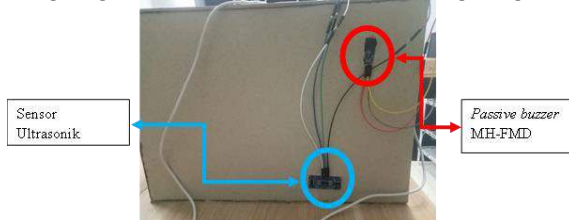
Pada Gambar 1 di atas terdapat setidaknya 3 perangkat utama dalam perancangan, yaitu 2 buah ESP32-CAM yang dipasang pada bagian depan yang mengarah ke luar boks dan di bagian atas boks, serta 2 buah sensor ultrasonik HCSR04 yang berada di bagian dalam box. Masing masing sensor akan diberi jarak agar dapat mendeteksi barang dengan baik.

Perangkat terakhir adalah *buzzer* yang berguna sebagai aktuator pada sistem, adapun *buzzer* diletakkan di atas sensor ultrasonik bagian kanan yang menghadap ke luar boks.



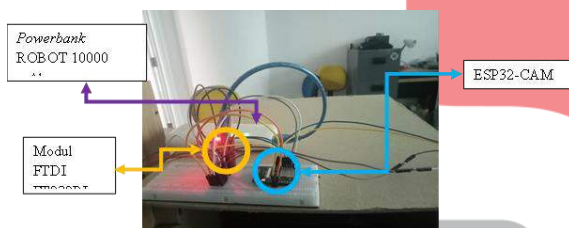
Gambar 2

Tampilan prototype kotak penyimpanan sepatu (tampak depan)



GAMBAR 3

Tampilan prototype kotak penyimpanan sepatu (tampak kanan)



GAMBAR 4

Tampilan prototype kotak penyimpanan sepatu (tampak atas)

Adapun, untuk dapat mengalirkan listrik ke setiap perangkat, telah digunakan sebuah modul FTDI FT232RL yang disambungkan ke *power supply*. *Power supply* yang digunakan pada *prototype* berasal dari *powerbank* 10000 mAh.

#### B. Implementasi Perangkat Lunak (*Software*)

Implementasi sistem pada ranah perangkat lunak (*software*) menggunakan Arduino IDE untuk menulis sketsa kode dilengkapi dengan beberapa *library* tambahan, seperti `HTTPClient.h`, `Wifi.h`, `UniversalTelegramBot.h` dan masih banyak lagi. Sketsa kode yang digunakan dibagi menjadi 2, sketsa kode untuk ESP32-CAM di depan kotak *prototype* dan sketsa kode untuk ESP32-CAM di atas kotak *prototype*. Untuk dapat menjalin komunikasi antar 2 ESP32-CAM, banyak sekali metode yang tersedia, seperti *bluetooth low energy* (BLE), konsep *host n port*, *I2C Serial Bus*, ESP-NOW, dan masih banyak lagi. Namun pada penelitian kali ini, metode yang digunakan dan dinilai paling efektif adalah ESP-NOW yang menggunakan protokol *peer-to-peer* (P2P).

Adapun, pada proses latihan dan uji coba data digunakan layanan cloud berupa Microsoft Azure FaceAPI yang terintegrasi dengan API (*Application Programming Interface*). Hasil dari penggunaan

layanan *cloud* untuk verifikasi akan diproses dan ditampilkan pada telegram dalam bentuk notifikasi.

#### IV. EVALUASI

Pada bab ini disajikan data hasil pengujian akurasi sistem dalam mendeteksi orang yang mengambil barang dan *delay* pada sistem. Untuk dapat menghitung *delay* secara mudah, maka ditambahkan sebuah fungsi `millis()` pada pengkodean pada ESP32-CAM 1. `Millis()` merupakan sebuah fungsi bawaan dari Arduino IDE yang berguna untuk menghitung waktu berlalunya suatu aktifitas dalam rentang waktu tertentu.

*Delay* 1 merupakan *delay* yang dihitung sejak sepatu ditaruh ke dalam kotak *prototype* hingga pengiriman citra selesai ke *server* (citra ke-10), sedangkan *delay* 2 merupakan *delay* yang dihitung sejak sepatu diambil dari kotak *prototype* hingga hasil keputusan verifikasi (pemeriksaan apakah orang yang mengambil sepatu sama atau beda dengan orang yang menaruh sepatu tersebut) didapatkan pada mikrokontroler. Hasil Pengujian

TABEL 1  
Hasil pengujian akurasi dan delay

No	Tanggal	Intensitas Cahaya (Pagi/Siang/Sore)	Jarak Individu ke Kamera	Posisi Wajah Saat Mengambil Barang	Delay 1	Ambil Barang/Sepatu			
						Pemilik		Anonim	
						Delay 2	Kemiripan	Delay 2	Kemiripan
1	13 Mei 2024 10.01	Pagi (5397 lx)	± 30 cm	Miring Kanan	110 detik	17 detik	72 %	15 detik	0%
2	13 Mei 2024 10.07	Pagi (5393 lx)	± 30 cm	Miring Kiri	128 detik	32 detik	80 %	19 detik	0%
3	13 Mei 2024 09.54	Pagi (5388 lx)	± 30 cm	Lurus ke Kamera	103 detik	20 detik	89 %	13 detik	0%
4	15 Mei 2024 13.56	Siang (1058 lx)	± 30 cm	Miring Kanan	130 detik	16 detik	79 %	16 detik	0%
5	15 Mei 2024 14.02	Siang (1042 lx)	± 30 cm	Miring Kiri	113 detik	19 detik	95 %	12 detik	0%



6	15 Mei 2024 13.51	Siang (1062 lx)	± 30 cm	Lurus ke Kamera	154 detik	27 detik	97 %	18 detik	51 %	18	12 Mei 2024 17.33	Sore (165 lx)	± 60 cm	Lurus ke Kamera	94 detik	16 detik	93 %	11 detik	0%
7	15 Mei 2024 16.10	Sore (722 lx)	± 30 cm	Miring Kanan	100 detik	20 detik	80 %	17 detik	0%	Rata-rata									2,8 %
8	15 Mei 2024 16.14	Sore (678 lx)	± 30 cm	Miring Kiri	133 detik	14 detik	78 %	12 detik	0%										
9	15 Mei 2024 16.06	Sore (767 lx)	± 30 cm	Lurus ke Kamera	111 detik	17 detik	91 %	14 detik	0%										
10	13 Mei 2024 09.39	Pagi (5386 lx)	± 60 cm	Miring Kanan	125 detik	15 detik	89 %	15 detik	0%										
11	13 Mei 2024 09.47	Pagi (5382 lx)	± 60 cm	Miring Kiri	125 detik	16 detik	95 %	13 detik	0%										
12	13 Mei 2024 09.30	Pagi (5380 lx)	± 60 cm	Lurus ke Kamera	132 detik	18 detik	83 %	16 detik	0%										
13	15 Mei 2024 13.41	Siang (1071 lx)	± 60 cm	Miring Kanan	133 detik	18 detik	88 %	12 detik	0%										
14	15 Mei 2024 13.46	Siang (1067 lx)	± 60 cm	Miring Kiri	137 detik	16 detik	84 %	13 detik	0%										
15	15 Mei 2024 13.35	Siang (1078 lx)	± 60 cm	Lurus ke Kamera	146 detik	21 detik	97 %	14 detik	0%										
16	12 Mei 2024 17.40	Sore (44 lx)	± 60 cm	Miring Kanan	90 detik	14 detik	84 %	11 detik	0%										
17	15 Mei 2024 16.01	Sore (780 lx)	± 60 cm	Miring Kiri	166 detik	19 detik	95 %	16 detik	0%										

#### A. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan Tabel 1, terdapat nilai rata-rata *delay* 1 yang mencapai angka 123,9 detik, dimana nilai rata-rata ini tergolong besar. Hal yang menjadi faktor mengapa waktu yang dibutuhkan cukup lama pada *delay* 1 karena perangkat butuh mencuplik sebanyak 10 citra satu-per-satu dan menyimpannya ke dalam *SD Card*. Setelah tersimpan, setiap citra akan dikirimkan ke *server* untuk keperluan *training*. Lama waktu pengiriman citra dipengaruhi oleh kecepatan koneksi internet yang digunakan.

Selain rata-rata *delay* 1, terdapat rata-rata *delay* 2 sebesar 18,6 detik (*delay* 2 pemilik) dan 14,3 detik (*delay* 2 anonim). Nilai rata-rata *delay* 2 pemilik lebih besar daripada *delay* 2 anonim karena terdapat respons lebih banyak dalam bentuk JSON (*Javascript Object Notation*). Diantara isi respons yang didapat dari server pada citra pemilik adalah *faceID* dan *candidates* karena terdapat kesamaan wajah. Sedangkan respons citra anonim adalah *faceID* dan *array* kosong pada *candidates* karena tidak ada kesamaan wajah. *Delay* tidak dipengaruhi oleh faktor pencahayaan dan jarak wajah. Berikut contoh respons JSON yang didapat dari *server*,

```

1 [
2   {
3     "faceId": "73a8458b-f964-4b1b-a7fd-59baec3fd0a",
4     "candidates": [
5       {
6         "personId": "40aa6c4-d710-4002-b3cd-fb82d30419d4",
7         "confidence": 0.83325
8       }
9     ]
10  }
11 ]

```

GAMBAR 3  
Contoh respons JSON dari pemilik

```

1 [
2   {
3     "faceId": "79740854-09d0-4cdc-a18c-ca8305b6ffca",
4     "candidates": []
5   }
6 ]

```

GAMBAR 4  
Contoh respons JSON dari anonim

Dari hasil pengujian tersebut, akurasi hasil verifikasi pemilik tidak pernah mencapai angka 100%, yang disebabkan karena Microsoft mengkonfigurasi sistemnya untuk tidak pernah mencapai angka 1 atau 100% (dengan kata lain, nilai paling tinggi adalah 90% ke atas). Faktor eksternal lainnya seperti kualitas kamera juga mempengaruhi akurasi [11]. Perbedaan jarak antara wajah dan

kamera sebesar 30 cm dan 60 cm tidak menjadi faktor yang mempengaruhi akurasi.



GAMBAR 5

Sample citra pemilik saat menaruh (kiri) dan mengambil (kanan) barang dari tabel 1 data nomor 6

Gambar 5 merupakan *sample* dua buah citra pemilik barang saat menaruh dan mengambil barang. Kedua citra memiliki tingkat kemiripan hasil verifikasi sebesar 97%. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem berhasil mendeteksi pemilik barang sebenarnya.



GAMBAR 6

Sample citra pemilik saat menaruh barang (kiri) dan citra anonim saat mengambil barang (kanan) dari tabel 1 data nomor 8

Gambar 6 merupakan *sample* dari dua buah citra pemilik dan anonim saat menaruh dan mengambil barang, dimana kedua citra memiliki tingkat kemiripan hasil verifikasi sebesar 0%. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem juga berhasil membedakan pemilik barang atau bukan. Faktor utama citra wajah anonim (gambar sebelah kanan) dianggap bukan pemilik barang adalah bentuk wajah (seperti bentuk hidung, mulut, dan mata) terlihat memiliki perbedaan yang signifikan. Ketidaksamaan posisi/koordinat wajah yang tumpang tindih pada citra juga mempengaruhi pendeteksian wajah.



GAMBAR 7

Sample citra pemilik saat menaruh barang (kiri) dan citra anonim saat mengambil barang (kanan) dari tabel 1 data nomor 6

Gambar 7 merupakan *sample* dari dua buah citra pemilik dan anonim saat menaruh dan mengambil barang, dimana kedua citra memiliki tingkat kemiripan hasil verifikasi cukup tinggi yaitu sebesar 51%, padahal orang yang mengambil barang bukan pemiliknya. Faktor utama penyebab nilai verifikasi anonim (gambar kanan) tidak 0% adalah posisi wajah yang tumpang tindih, keduanya memiliki koordinat posisi wajah yang mirip, walaupun bentuk wajah tidak mirip. Walaupun terdapat nilai kemiripan yang agak tinggi (51%) antara orang yang menaruh dan mengambil barang, sistem memiliki rata-rata akurasi verifikasi cukup tinggi yaitu sebesar 87,2%.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian, diperoleh kesimpulan bahwa sistem berhasil dirancang dan dapat berjalan dengan baik. Sistem juga dapat mendeteksi pencurian dengan rata-rata akurasi pendeteksian wajah sebesar 87,2%. Rata-rata *delay* 1 (*delay* sejak sepatu ditaruh hingga pengiriman 10 citra hasil pencuplikan ESP32-CAM ke *server*) sebesar 123,9 detik. Rata-rata *delay* 2 pemilik (*delay* sejak pemilik mengambil sepatu dan pengiriman 1 citra hasil pencuplikan ke *server* hingga muncul hasil keputusan dari proses verifikasi berdasarkan *machine learning* dari *server*) sebesar 18,6 detik. *Delay* 2 anonim (*delay* yang sama seperti *delay* 2 pemilik tetapi dilakukan oleh anonim) sebesar 14,3 detik. Nilai *delay* 2 anonim yang cukup besar tersebut dapat mengurangi tingkat keamanan sistem. Untuk mengatasi masalah tersebut, sebaiknya pemrosesan *machine learning* dilakukan langsung oleh perangkat yang digunakan, sehingga meminimalisir adanya *delay* pada internet. Biasanya perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan hal tersebut setingkat dengan mikrokomputer, seperti Raspberry Pi atau Orange Pi.

## REFERENSI

- [1] Isal Mawardi, "Pencuri Sepatu di Masjid Matraman Ditangkap, 7 Pasang Sandal Curian Disita Baca artikel detiknews, "Pencuri Sepatu di Masjid Matraman Ditangkap, 7 Pasang Sandal Curian Disita," detikNews. Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-6437289/pencuri-sepatu-di-masjid-matraman-ditangkap-7-pasang-sandal-curian-disita>
- [2] Rudi Hartono, "Pencurian 2 Sepatu di Masjid Dekat Kantor Dispendukcapil Sukoharjo Terekam CCTV," Soloraya Solopos. Accessed: Dec. 07, 2023. [Online]. Available: <https://soloraya.solopos.com/pencurian-2-sepatu-di-masjid-dekat-kantor-dispendukcapil-sukoharjo-terekam-cctv-1686304>
- [3] W. Bagye, I. Purwata, M. Ashari, and S. Saikin, "Perancangan Alat Penangkap Gambar Pelaku Kejahatan Berbasis Node MCU ESP32 CAM," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 1, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.16871.
- [4] I. F. Ashari, M. Darma Satria, and M. Idris, "Parking System Optimization Based on IoT using Face and Vehicle Plat Recognition via Amazon Web Service and ESP-32 CAM (Case Study: Institut Teknologi Sumatera)," *Computer Engineering and Applications*, vol. 11, no. 2, 2022.
- [5] K. Auliya, M. Yusfi, and R. Rasyid, "Sistem Pemantauan Slot Parkir Menggunakan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T dan Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dengan ESP32-CAM," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 4, pp. 534–540, Oct. 2023, doi: 10.25077/jfu.12.4.534-540.2023.
- [6] Craig Wisneski, "What are the Benefits of Machine Learning in the Cloud?," Akkio. Accessed: Dec. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.akkio.com/post/what-are-the-benefits-of-machine-learning-in-the-cloud>
- [7] H. G. Ghifari, D. Darlis, and A. Hartaman, "Pendeteksi Golongan Darah Manusia Berbasis Tensorflow menggunakan ESP32-CAM," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 2, p. 359, Apr. 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.359.
- [8] 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.
- [9] D. Hermawan, A. Ullah, and A. Faizal, "Rancang Bangun Keamanan Kotak Amal dengan Akses Fingerprint Menggunakan ESP32-Cam dan Telegram Berbasis IOT," vol. 7, no. 3, pp. 1013–1021, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i3.6252.
- [10] I. Hidayat *et al.*, "MITOR: Jurnal Teknik Elektro MITOR: Jurnal Teknik Elektro Uji Kinerja Motor Stepper dengan ESP32-CAM pada Prototipe Pengaman Alat Berat Pertambangan", doi: 10.23917/emitor.v1i1.20858.
- [11] Microsoft legal resources, "Characteristics, limitations, and best practices for improving accuracy." Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/legal/cognitive-services/face/characteristics-and-limitations>