JURNAL ELTEK
Vol. 24, No. 2, Oktober 2026, hal. 196~205
p-ISSN: 1693 – 4024 | e-ISSN: 2355-0740
DOI: 10.33795/eltek.v24i2.10806

Pengenalan wajah berbasis *convolutional neural network* pada *smart parcel box* untuk keamanan paket di kos

Siti Farida[1], Putri Elfa Mas'udia[2], Sri Wahyuni Dali[3]
e-mail: sitifarrddd@gmail.com, putri.elfa@polinema.ac.id, sri.wahyuni@polinema.ac.id
[1,2,3]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 31 Juli 2026
Direvisi 18 Oktober 2026
Diterbitkan 30 Oktober 2026

Kata kunci:

Convolutional Neural Network
Face Recognition
Smart Parcel Box

ABSTRAK

Maraknya belanja online di kalangan mahasiswa yang tinggal di kos menimbulkan permasalahan keamanan paket, terutama risiko kehilangan paket yang sulit ditelusuri akibat keterbatasan sistem keamanan konvensional. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan *Smart Parcel Box* berbasis pengenalan wajah menggunakan *Convolutional Neural Netra* sebagai solusi sistem keamanan paket di area kos. Sistem mengintegrasikan Raspberry Pi 3B+ sebagai unit pemrosesan utama, ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor GM67 untuk pemindaian nomor resi, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pemantauan kapasitas kotak, serta *solenoid door lock* sebagai aktuator pengunci pintu. Pengenalan wajah menggunakan *multi-task cascaded convolutional network* untuk deteksi wajah dan model FaceNet berbasis TensorFlow Lite untuk pengenalan wajah, dengan *Cosine Similarity* sebagai metode pencocokan pada nilai threshold 0,75. Sistem dilengkapi aplikasi mobile Android yang terintegrasi dengan Firebase sebagai *database real-time* untuk manajemen data pengguna, resi paket, dan riwayat pengambilan. Hasil pengujian menunjukkan sistem *face recognition* mencapai akurasi 85,8%. Sensor GM67 mencapai tingkat keberhasilan baca *barcode* 92,3% serta jarak optimal pembacaan 10–40 cm, sedangkan sensor ultrasonik menghasilkan akurasi rata-rata 99,49% dengan error rata-rata 0,51%.

Keywords:

Convolutional Neural Network
Face Recognition
Smart Parcel Box

ABSTRACT

The surge in online shopping among boarding house residents has raised concerns over package security, particularly theft that is difficult to trace due to limitations of conventional security systems. This research designs and implements a Smart Parcel Box based on face recognition using a Convolutional Neural Network as a package security solution in boarding house areas. The system integrates a Raspberry Pi 3B+ as the main processing unit, an ESP32 microcontroller, a GM67 barcode sensor for tracking number scanning, an HC-SR04 ultrasonic sensor for box capacity monitoring, and a solenoid door lock as the locking actuator. Face recognition employs a multi-task cascaded convolutional network for face detection and FaceNet on TensorFlow Lite for face recognition, with Cosine Similarity at a threshold of 0.75. An Android mobile application integrated with Firebase manages user data, package tracking numbers, and pickup history in real-time. Test results show 85.8% face recognition accuracy. The GM67 sensor achieves a 92.3% barcode reading success rate and has an optimal reading range of 10–40 cm, while the ultrasonic sensor yielded 99.49% average accuracy with 0.51% average error.

Penulis Korespondensi:
Siti Farida,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Email: sitifarrddd@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kos merupakan salah satu bentuk hunian sewa yang umumnya digunakan oleh individu yang merantau atau tinggal jauh dari rumah, seperti mahasiswa dan pekerja. Faktor kedekatan lokasi dengan kampus,

efisiensi biaya hidup, serta kebutuhan akan ruang pribadi menjadikan kos sebagai pilihan utama bagi mahasiswa [1].

Kegiatan belanja online telah menjadi fenomena yang populer di kalangan mahasiswa. Kemudahan yang diberikan dalam belanja online cukup mengefisiensi waktu tanpa harus bertemu langsung dengan penjual [2]. Berdasarkan data We Are Social, pengguna internet di Indonesia memiliki tingkat partisipasi yang tinggi dalam belanja online tiap pekan, yaitu sebesar 59,3% [3]. Fenomena ini turut berdampak pada meningkatnya volume pengiriman paket ke area kos.

Peningkatan pengiriman paket ke area kos menimbulkan berbagai permasalahan keamanan. Kurir yang tidak menemukan penerima di tempat cenderung menitipkan paket kepada tetangga atau meletakkannya di area terbuka, sehingga meningkatkan risiko kehilangan atau kerusakan barang. Kos sebagai hunian sementara dengan rotasi penghuni yang tinggi dan minimnya pengawasan menjadikan paket sangat rentan. Yang lebih kritis, kehilangan paket di area kos hampir tidak pernah dapat ditelusuri karena tidak ada sistem yang dapat memverifikasi secara pasti siapa yang mengambil paket tersebut.

Penelitian sebelumnya oleh Amelia Anggraini (2024) mengenai *Smart Guard Box* memanfaatkan sensor GM67 untuk pemindaian *barcode* resi dan QR code sebagai akses keamanan [4]. Namun, sistem autentikasi berbasis QR code masih memiliki kelemahan mendasar dari sisi keamanan. QR code bersifat statis sehingga dapat disalin atau disebarkan kepada pihak yang tidak berwenang. Sistem hanya memverifikasi apakah kode tersebut valid, bukan siapa yang sesungguhnya menggunakannya. Kemudian, penelitian dilakukan oleh Valupi et al. (2025) merancang prototipe *Smart Box* menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan *keypad* sebagai akses kurir, dilengkapi notifikasi *real-time* melalui bot Telegram [5]. Azrin et al. (2022) mengembangkan *Smart Box* berbasis Raspberry Pi yang memanfaatkan kamera dan Telegram untuk memberikan akses buka pintu kepada pemilik paket dari jarak jauh [6].

Untuk mengatasi kelemahan autentikasi berbasis kode statis tersebut, diperlukan sistem yang memanfaatkan teknologi biometrik. Di antara berbagai opsi biometrik, pengenalan wajah (*face recognition*) merupakan teknologi yang paling optimal karena dapat diimplementasikan secara non-kontak menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) [7][8][9]. Melalui algoritma CNN, sistem mampu mengekstrak fitur geometri wajah secara otomatis untuk membedakan antara penghuni kos yang sah dan orang asing. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Dhimas Tribuana et al. (2024), di mana penerapan CNN pada sistem keamanan pintu pintar mencapai akurasi pengenalan wajah hingga 97,29% [10] . Date et al. (2023) juga menunjukkan bahwa CNN mampu mengenali wajah secara *real-time* dengan akurasi tinggi bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah sebagai pengganti metode absensi manual [11]. Serta penelitian Christyanto et al. (2022) mengembangkan aplikasi presensi berbasis Android menggunakan model FaceNet dengan TensorFlow Lite yang mencapai akurasi pengenalan wajah hingga 100% [12]. Karakteristik biometrik melekat unik pada setiap individu dan bersifat *non-transferable*, sehingga mampu menjamin akuntabilitas identitas pengambil paket secara mutlak [13][14][15].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan *Smart Parcel Box* berbasis pengenalan wajah menggunakan CNN sebagai solusi sistem keamanan paket di area kos. Sistem bekerja melalui dua tahap verifikasi: kurir memindai nomor resi fisik menggunakan sensor *barcode* GM67 untuk memasukkan paket, sedangkan penghuni kos menggunakan pemindaian wajah otomatis sebagai syarat membuka pintu box saat mengambil paket. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem keamanan *Smart Parcel Box* dengan pengenalan wajah berbasis CNN, mengintegrasikan *Smart Parcel Box* dengan aplikasi mobile, merancang aplikasi mobile yang dapat memantau kapasitas *Smart Parcel Box*, serta membuat sistem yang dapat membaca *barcode* resi yang telah didaftarkan pada aplikasi mobile.

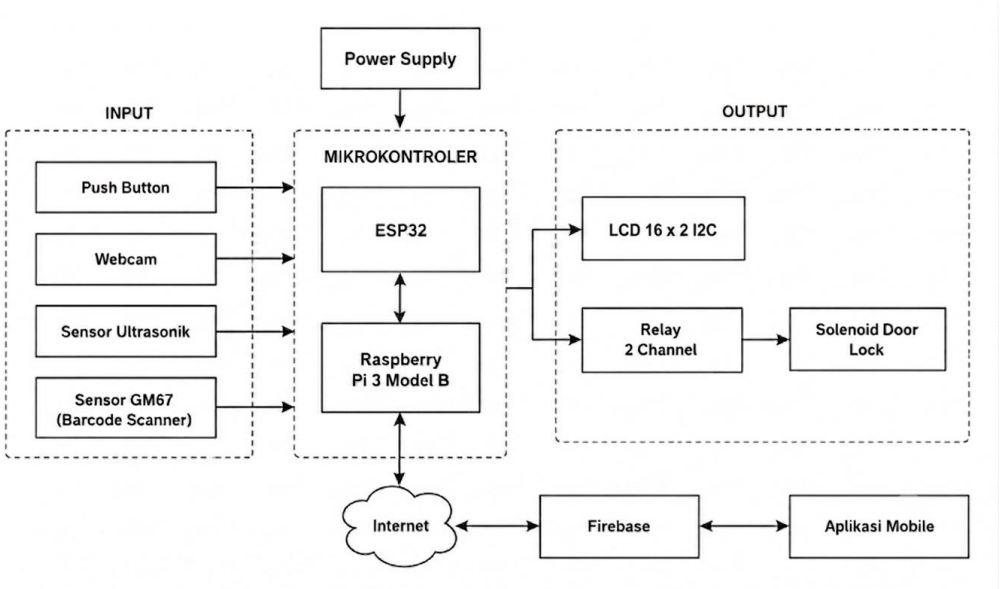
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada *Smart Parcel Box* meliputi desain sistem dan alur kerja sistem yang akan dibangun.

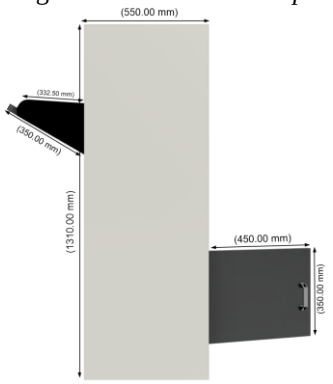
2.1. Desain Sistem

Penelitian ini mengembangkan *hardware Smart Parcel Box* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pengenalan wajah. *Sistem Smart Parcel Box* terdiri dari tiga bagian utama: input, proses, dan output, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian input meliputi dua *push button* (untuk kurir dan penghuni kos), sensor GM67 untuk membaca *barcode* resi paket, webcam untuk menangkap citra wajah, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur kapasitas kotak. Bagian mikrokontroler terdiri dari ESP32 sebagai unit kendali utama yang mengelola seluruh komponen hardware dan berkomunikasi dengan Firebase untuk verifikasi data, serta Raspberry Pi 3B+ yang secara khusus menangani proses pengenalan wajah berbasis model FaceNet CNN melalui komunikasi UART dengan ESP32. Bagian output terdiri dari dua LCD 16×2 I2C untuk menampilkan status proses, relay 2 channel, dan solenoid door lock yang membuka pintu kurir apabila resi terverifikasi atau membuka pintu penghuni kos apabila wajah dikenali. Firebase berfungsi sebagai

cloud database yang menyimpan seluruh data sistem dan terintegrasi dengan aplikasi mobile Android untuk pemantauan secara real-time.



Gambar 1. Diagram blok sistem *smart parcel box*



Gambar 2. Desain kerangka sistem

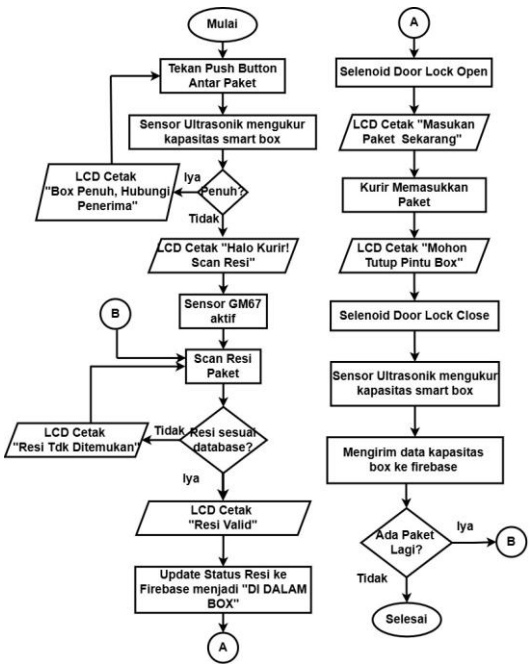
Gambar 2 menunjukkan desain box yang akan dibuat dalam penelitian ini, terdapat 2 akses pintu yaitu untuk kurir memasukkan paket pada bagian pintu sebelah kiri, dan akses pintu untuk user/penghuni kos mengambil paket melalui pintu sebelah kanan.

2.2. Alur Kerja Sistem

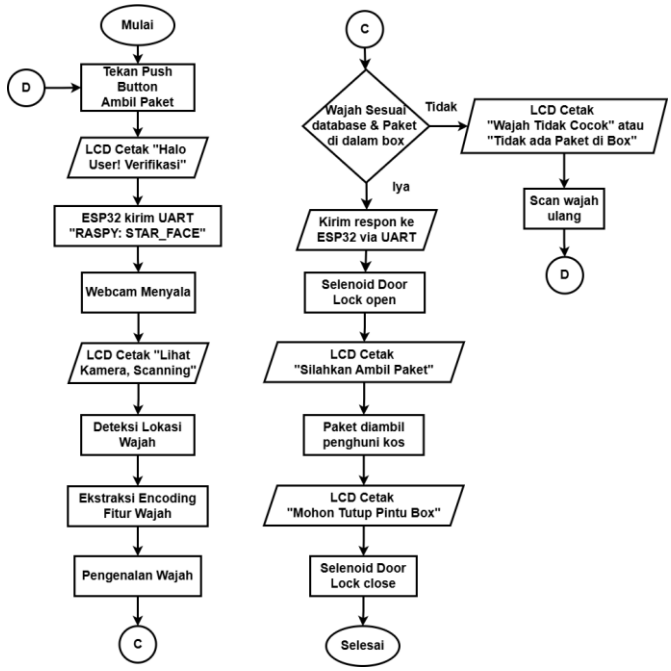
Alur Kerja sistem dibagi menjadi 2 yaitu untuk alur kerja kurir dan juga alur kerja untuk user/penghuni kos. Alur kerja kurir dapat dilihat pada Gambar 3 yaitu dimulai ketika kurir menekan *push button* pada pintu kurir, yang secara otomatis memicu sensor ultrasonik untuk mengukur kapasitas kotak. Jika kotak penuh, LCD menampilkan pesan "Box Penuh, hubungi penerima" dan proses dihentikan. Jika masih tersedia ruang, LCD menginstruksikan kurir untuk memindai resi paket menggunakan sensor GM67. Nomor resi hasil pemindaian diverifikasi ke Firebase, jika tidak sesuai maka LCD menampilkan "Resi Tidak Ditemukan" dan kurir diminta memindai ulang. Jika resi valid, status paket di Firebase diperbarui menjadi "*di dalam box"*, solenoid door lock membuka pintu, dan kurir memasukkan paket. Setelah pintu ditutup, solenoid mengunci kembali secara otomatis, sensor ultrasonik mengukur ulang kapasitas, dan data terbaru dikirim ke Firebase untuk dipantau melalui aplikasi mobile. Jika masih ada paket lain, proses pemindaian resi diulang, jika tidak maka alur dinyatakan selesai.

Gambar 4 merupakan alur pengambilan paket dimulai ketika penghuni kos menekan *push button*, yang memicu ESP32 mengirimkan perintah *START_FACE* ke Raspberry Pi melalui komunikasi UART. Raspberry Pi mengaktifkan webcam dan LCD menampilkan "Lihat Kamera, Scanning". Sistem mendeteksi wajah menggunakan MTCNN, kemudian mengekstraksi *feature vector* 128 dimensi menggunakan FaceNet, lalu mengidentifikasi dengan data wajah di Firebase menggunakan *cosine similarity* sekaligus memverifikasi status paket. Raspberry Pi kemudian mengirimkan hasil keputusan berupa respons positif atau negatif ke ESP32 melalui UART. Jika respons negatif, LCD menampilkan "Wajah Tidak Sesuai" atau "Tidak Ada Paket di Box" dan penghuni diminta mengulang. Jika respons positif, ESP32 mengaktifkan solenoid untuk membuka pintu

dan LCD menampilkan "Silahkan Ambil Paket". Setelah paket diambil dan pintu ditutup, solenoid mengunci kembali dan proses selesai.



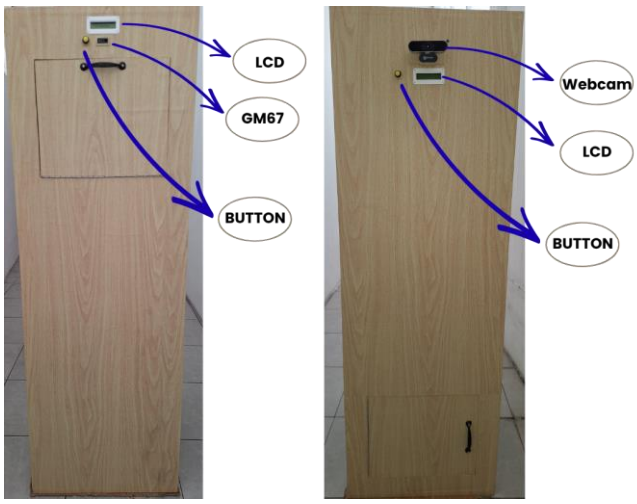
Gambar 3. Alur kerja sistem sisi kurir



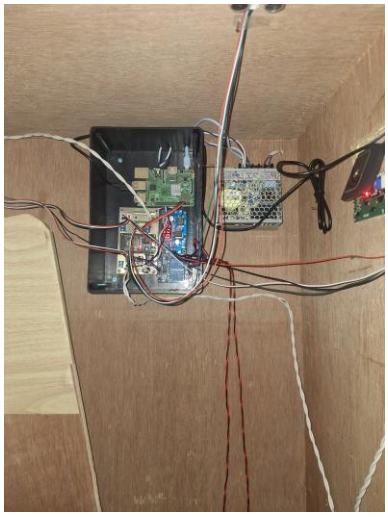
Gambar 4. Alur kerja sistem sisi user

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa *hardware dan software* yang berbentuk aplikasi mobile yang dapat digunakan oleh penghuni kos. Berikut adalah implementasi *hardware* yang telah dibuat. Pada Sistem *Smart Parcel Box* ini terdapat 2 akses pintu, yaitu untuk kurir (bagian depan) dan untuk user (bagian belakang). Untuk pintu kurir terdapat button, LCD, serta sensor GM67 untuk melakukan scan *barcode*. Sedangkan pada pintu user terdapat button, lcd, dan webcam untuk pengolahan citra *face recognition.*



Gambar 5. Implementasi *hardware* tampak luar



Gambar 6. Implementasi rangkaian utama

3.1. Pengujian Pengaruh Jarak Terhadap Sensor GM67

Pada pengujian ini, sensor GM67 digunakan untuk mendeteksi dan membaca informasi *barcode* resi yang sudah terdaftar di database. Data hasil pengujian ini digunakan untuk menentukan jarak optimal sensor GM67 dalam melakukan proses pemindaian *barcode* resi secara akurat dan stabil.

Tabel 1. Pengujian Pengaruh Jarak Terhadap Sensor GM67

No.	Nomor Resi	Jarak (cm)	Hasil Pembacaan
1	JX7654344356	5	Resi Tidak Terbaca
2	JX7654344356	10	Resi Terbaca
3	JX7654344356	15	Resi Terbaca
4	JX7654344356	20	Resi Terbaca
5	JX7654344356	25	Resi Terbaca
6	JX7654344356	30	Resi Terbaca
7	JX7654344356	35	Resi Terbaca
8	JX7654344356	40	Resi Terbaca
9	JX7654344356	45	Resi Tidak Terbaca
10	JX7654344356	46	Resi Tidak Terbaca

Dari data hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa jarak optimal pembacaan sensor GM67 terhadap *barcode* adalah rentang jarak 10 cm hingga 40 cm. Kegagalan pembacaan barcode pada jarak di bawah 10 cm dan di atas 40 cm disebabkan oleh keterbatasan jarak fokus optik sensor GM67. Pada jarak terlalu dekat, sensor tidak dapat menangkap keseluruhan pola barcode, sedangkan pada jarak terlalu jauh, detail pola barcode sulit dikenali oleh sensor. Kondisi tersebut menyebabkan proses identifikasi pola dan konversi data barcode menjadi sinyal digital tidak berjalan optimal. Berikut adalah tampilan hasil pengujian hasil resi yang terbaca dan tidak terbaca.



Gambar 7. Tampilan resi terbaca



Gambar 8. Tampilan resi tidak terbaca

3.2. Pengujian Akurasi Sensor GM67

Pengujian akurasi sensor GM67 dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan sensor dalam membaca *barcode* resi pada sistem *Smart Parcel Box*. Pengujian dilakukan menggunakan berbagai *barcode* resi paket dengan dua kondisi yang berbeda, yaitu *barcode* dalam kondisi normal dan *barcode* dalam kondisi rusak.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Sensor GM67

No.	Jarak (cm)	Nomor Resi	Kondisi Resi Paket	Hasil Pembacaan
1	20	JX7654344356	*Barcode* resi baik	Resi Terbaca
2	20	GTL7163574537	*Barcode* resi baik	Resi Terbaca
3	20	JX7492097235	*Barcode* resi baik	Resi Terbaca
4	20	SHPE260411E17C90043225	*Barcode* resi baik	Resi Terbaca
5	20	SPXID067158776834	*Barcode* resi baik	Resi Terbaca
6	20	GTL7158423077	*Barcode* resi terhalang lakban	Resi Terbaca
7	20	SPXID066344134274	*Barcode* resi luntur	Resi Terbaca
8	20	JX7491597830	*Barcode* resi kusut	Resi Terbaca
9	20	SPXID061073487352	*Barcode* resi tercoret pulpen	Resi Terbaca
10	20	004566817391	*Barcode* resi basah	Resi Terbaca
11	20	SPXID065806281953	*Barcode* resi sobek	Resi Terbaca
12	20	SPXID064105417865	*Barcode* resi sobek	Resi Terbaca
13	20	SPXID066636764806	*Barcode* resi tercoret spidol	Resi Tidak Terbaca

Dari berbagai hasil pengujian kondisi fisik label resi, sensor GM67 mampu membaca *barcode* dalam kondisi normal maupun rusak seperti basah, luntur, kusut, tercoret pulpen, sobek, dan terhalang lakban. Namun sensor gagal membaca *barcode* yang tercoret spidol hitam secara menyeluruh karena pola *barcode* tertutup sepenuhnya oleh tinta pekat, sehingga tingkat keberhasilan pembacaan mencapai 92,3%.

3.3. Pengujian Akurasi *Face Recognition*

Pengujian akurasi *face recognition* dilakukan dengan mengevaluasi performa algoritma FaceNet dalam membandingkan representasi matriks vektor wajah secara *real-time*. Akurasi sistem ini ditentukan berdasarkan perhitungan nilai *cosine similarity score* antara fitur geometri wajah yang ditangkap oleh webcam

dengan data wajah *genuine* yang telah terdaftar di database. Pada tabel 3 dilakukan pengujian dengan kondisi jarak dan cahaya yang normal. Pengujian akurasi ini ditujukan untuk mengetahui ketepatan sistem dalam mengidentifikasi wajah yang terdaftar.

Tabel 3. Pengujian Akurasi *Face Recognition*

No	Citra Wajah	Nilai *Cosine Similarity*									
		Pengujian Ke-									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	P1	0,914	0,884	0,875	0,900	0,900	0,892	0,883	0,914	0,882	0,899
2	P2	0,883	0,860	0,877	0,872	0,864	0,830	0,824	0,862	0,794	0,883
3	P3	0,858	0,853	0,867	0,867	0,811	0,814	0,829	0,790	0,817	0,802
4	P4	0,871	0,776	0,815	0,870	0,852	0,845	0,912	0,876	0,897	0,869
5	P5	0,873	0,901	0,871	0,793	0,895	0,783	0,851	0,848	0,794	0,899

Berdasarkan hasil dari *cosine similarity* pengujian di atas menunjukkan nilai berada di atas batas *threshold* yang ditentukan yaitu 0,75, dengan demikian menunjukkan citra wajah berhasil dikenali dan sesuai dengan citra wajah yang ada di database. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk berbagai kondisi.

Tabel 4. Pengujian Pengaruh Jarak Terhadap *Face Recognition*

No	Citra Wajah	Cahaya (Lux)	Jarak (cm)	Hasil Deteksi Wajah	Hasil Pengenalan Wajah
1	P1	50	20	*Face Detected*	*Face Not Recognized*
2	P1		25	*Face Detected*	*Face Recognized*
3	P1		50	*Face Detected*	*Face Recognized*
4	P1		75	*Face Detected*	*Face Recognized*
5	P2		20	*Face Detected*	*Face Not Recognized*
6	P2		25	*Face Detected*	*Face Recognized*
7	P2		50	*Face Detected*	*Face Recognized*
8	P2		75	*Face Detected*	*Face Recognized*
9	P3		20	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*
10	P3		25	*Face Detected*	*Face Not Recognized*
11	P3		50	*Face Detected*	*Face Recognized*
12	P3		75	*Face Detected*	*Face Recognized*
13	P4		20	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*
14	P4		25	*Face Detected*	*Face Not Recognized*
15	P4		50	*Face Detected*	*Face Recognized*
16	P4		75	*Face Detected*	*Face Recognized*
17	P5		20	*Face Detected*	*Face Not Recognized*
18	P5		25	*Face Detected*	*Face Recognized*
19	P5		50	*Face Detected*	*Face Recognized*
20	P5		75	*Face Detected*	*Face Recognized*

Tabel 5. Pengujian Pengaruh Cahaya Terhadap *Face Recognition*

No	Citra Wajah	Jarak (cm)	Cahaya (Lux)	Hasil Deteksi Wajah	Hasil Pengenalan Wajah
1	P1	50	32,5	*Face Detected*	*Face Recognized*
2	P1		11,7	*Face Detected*	*Face Recognized*
3	P1		0,6	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*
4	P2		32,5	*Face Detected*	*Face Recognized*
5	P2		11,7	*Face Detected*	*Face Recognized*
6	P2		0,6	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*
7	P3		32,5	*Face Detected*	*Face Recognized*
8	P3		11,7	*Face Detected*	*Face Recognized*
9	P3		0,6	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*
10	P4		32,5	*Face Detected*	*Face Recognized*
11	P4		11,7	*Face Detected*	*Face Recognized*
12	P4		0,6	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*
13	P5		32,5	*Face Detected*	*Face Recognized*
14	P5		11,7	*Face Detected*	*Face Recognized*
15	P5		0,6	*No Face Detected*	*Face Not Recognized*

Berikut adalah perhitungan akurasi untuk *face recognition* berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Akurasi} = \frac{Total\ Pengujian\ yang\ dianggap\ benar}{Total\ Seluruh\ Pengujian} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Akurasi} = \frac{73}{85} \times 100\% = 85{,}8\%$$

Dengan demikian nilai akurasi *face recognition* untuk sistem *smart parcel box* adalah sebesar 85,8%. Dibandingkan dengan Tribuana et al. (2024) [10] yang menerapkan CNN pada *smart door lock* dan meraih akurasi 97,29%, akurasi pada *Smart Parcel Box* ini sedikit lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan spesifikasi perangkat keras (*edge computing*) pada Raspberry Pi 3B+ serta variasi kondisi pencahayaan luar/dalam ruangan kos (pada pencahayaan ekstrim 0,6 Lux, wajah tidak terdeteksi).

3.4. Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

Pengujian akurasi sensor ultrasonik bertujuan untuk mendapatkan seberapa persen akurasi dan error dalam pembacaan ketinggian ruang dalam box untuk mengukur kapasitas box paket terisi. Nilai error dan akurasi sensor ultrasonik dihitung menggunakan Persamaan (2) dan (3).

$$\text{Error (\%)} = \left|\frac{Jarak\ terbaca\ (cm) - jarak\ terukur\ (cm)}{Jarak\ terukur}\right| \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Akurasi (\%)} = 100 - error(\%) \quad (3)$$

Tabel 6. Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

No.	Jarak Terukur (cm)	Jarak Terbaca (cm)	Selisih	Error (%)	Akurasi (%)
1	5	5	0	0,00	100,00
2	10	10	0	0,00	100,00
3	15	15	0	0,00	100,00
4	20	20	0	0,00	100,00
5	25	25	0	0,00	100,00
6	32	31,9	0,1	0,31	99,69
7	39	39,1	0,1	0,26	99,74
8	46	46,2	0,2	0,43	99,57
9	53	52,1	0,9	1,70	98,30
10	60	59,9	0,1	0,17	99,83
11	68	67,1	0,9	1,32	98,68
12	76	75,3	0,7	0,92	99,08
13	84	83,3	0,7	0,83	99,17
14	92	91,2	0,8	0,87	99,13
15	100	98,9	1,1	1,10	98,90
16	108	107,1	0,9	0,83	99,17
17	116	116,2	0,2	0,17	99,83
18	124	123,7	0,3	0,24	99,76
19	132	132,1	0,1	0,08	99,92
20	140	138,7	1,3	0,93	99,07
Rata-rata				0,51	99,49

Sensor ultrasonik HC-SR04 mencapai akurasi rata-rata 99,49% dengan error rata-rata 0,51%. Akurasi sempurna 100% diperoleh pada rentang jarak 5–25 cm, sedangkan error tertinggi hanya 1,70% pada jarak 53 cm dengan selisih 0,9 cm. Hasil ini membuktikan bahwa sensor HC-SR04 mampu mengukur kapasitas ruang *Smart Parcel Box* secara presisi dan mengirimkan data persentase kapasitas ke aplikasi secara akurat.

Hasil pengujian menunjukkan error rata-rata pembacaan sensor HC-SR04 hanya sebesar 0,51%. Dalam penelitian *Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno* oleh Arasada & Suprianto [16], disebutkan bahwa error tidak lebih dari 3% dianggap sangat baik untuk sensor ultrasonik dalam aplikasi pengukuran jarak. Dengan demikian, performa sensor HC-SR04 pada *Smart Parcel Box* ini tergolong sangat presisi dan sangat layak digunakan untuk pemantauan kapasitas ruang paket secara akurat.

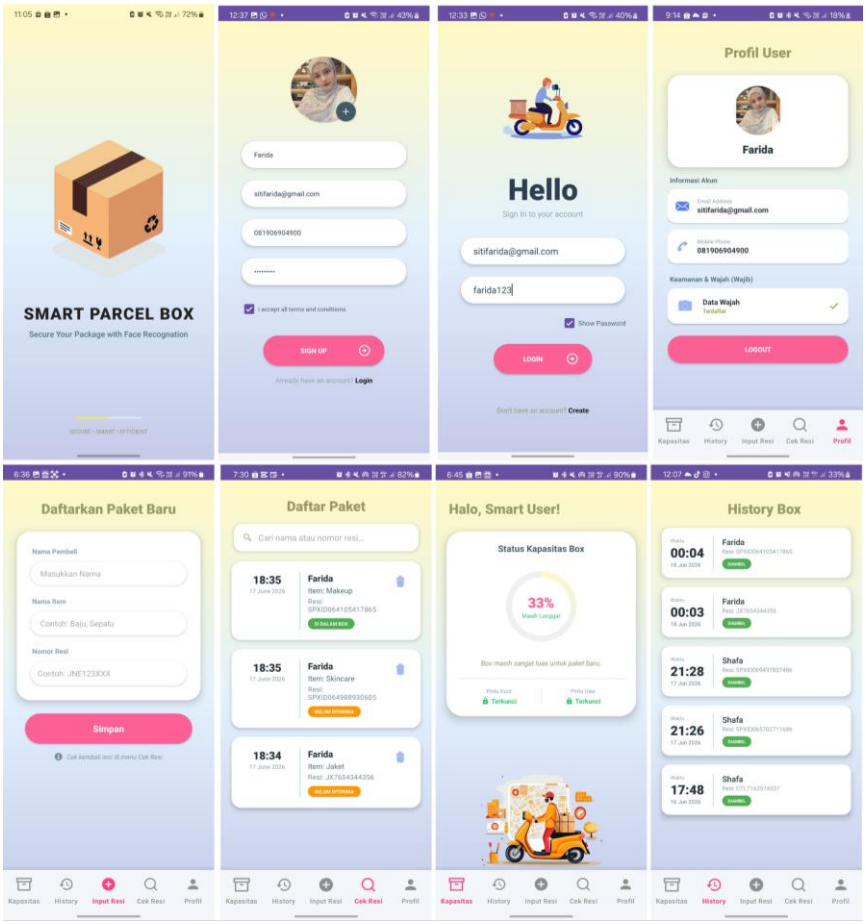
3.5. Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan (*end-to-end*) dilakukan untuk mengetahui kinerja *Smart Parcel Box* secara terintegrasi mulai dari proses pengiriman paket oleh kurir hingga proses pengambilan paket oleh

pengguna. Skema pengujian dilakukan dengan melibatkan dua penghuni kos sebagai pengguna sistem, yaitu Farida dan Shafa. Berikut adalah tahapan pengujian fungsionalitas sistem.

Tabel 7. Pengujian Fungsionalitas Sistem

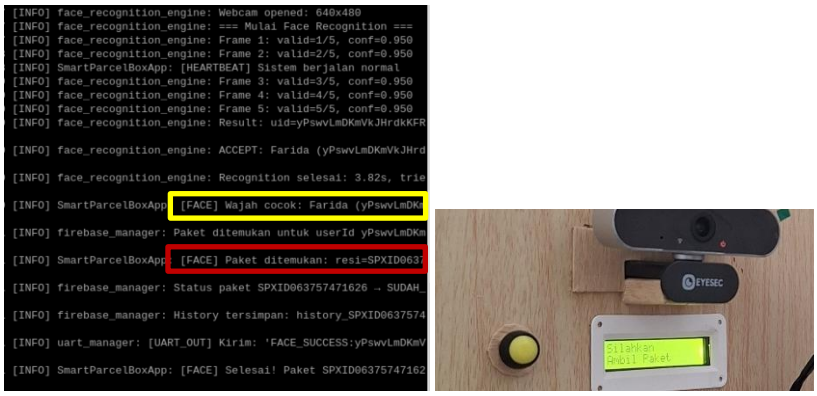
No	Skenario Pengujian	Parameter / Langkah Kerja	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Registrasi & Login	Pengguna mendaftar akun baru dan masuk ke aplikasi *mobile*.	Akun berhasil dibuat dan sistem sukses melakukan *login*.	Valid
2	Pendaftaran Wajah	Pengambilan sampel wajah pengguna untuk sinkronisasi ke Firebase.	Vektor *embedding* wajah berhasil disimpan ke *database*.	Valid
3	Input Resi Paket	Pengguna mendaftarkan nomor resi paket baru melalui aplikasi.	Nomor resi tampil pada menu "Cek Resi" dengan status "Belum Diterima" dan tersimpan di *database*.	Valid
4	Pemindaian Resi Kurir	Kurir memindai resi fisik menggunakan sensor GM67 pada *hardware smart parcel box*	Resi terverifikasi valid, solenoid terbuka, dan status di aplikasi berubah menjadi "Di Dalam Box".	Valid
5	Pengambilan Paket	Penghuni melakukan verifikasi wajah di depan *webcam*.	Wajah dikenali (> 0,75), pintu terbuka, status berubah menjadi "Diambil", dan riwayat (*history*) tersimpan.	Valid
6	Monitoring Kapasitas	Sensor ultrasonik mengukur ketinggian ruang kosong di dalam kotak.	Aplikasi memperbarui persentase kapasitas (Masih Longgar, Tersedia, Hampir Penuh, Penuh).	Valid



Gambar 9. Tampilan pengujian fungsionalitas sistem pada *software*



Gambar 10. Tampilan pada hardware (Kurir berhasil melakukan scan *barcode* resi dan valid)



Gambar 11. Pintu box terbuka ketika user mengambil paket
(memenuhi kondisi wajah terdaftar dan memiliki paket di dalam box)

Tabel 8. Pengujian Respons Status Kapasitas *Box* pada Aplikasi *Mobile*

No	Parameter	Hasil
1	Pengukuran kapasitas box dengan jarak > 125 cm atau Kapasitas < 18% maka status masih longgar	 Pengujian jarak 126 cm
2	Pengukuran kapasitas box dengan jarak 76 -125 cm atau kapasitas = (18-54%) Status masih tersedia	 Pengujian jarak 75 cm
3	Pengukuran kapasitas box dengan jarak 41 – 75 cm atau kapasitas = (55-78%) maka status hampir penuh	 Pengujian jarak 56 cm
4	Pengukuran kapasitas box dengan jarak ≤ 40 cm atau kapasitas lebih besar dari 78% maka status penuh	 Pengujian jarak 32 cm

4. KESIMPULAN

Sistem *Smart Parcel Box* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) berhasil diimplementasikan sebagai solusi keamanan paket di area kos dengan mengintegrasikan MTCNN dan FaceNet TFLite pada Raspberry Pi 3B+ untuk proses pengenalan wajah menggunakan *cosine similarity* dengan *threshold* 0,75 yang menghasilkan akurasi 85,8%. Sistem ini terhubung secara *real-time* dengan aplikasi mobile Android berbasis Firebase Firestore, dilengkapi fitur registrasi wajah, pendaftaran resi, monitoring status paket, pemantauan kapasitas box, dan riwayat pengambilan paket. Sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur kapasitas box dengan

akurasi rata-rata 99,49%, sedangkan sensor *barcode* GM67 mampu membaca *barcode* resi secara akurat pada jarak optimal 10 hingga 40 cm dan akurasi pembacaan 92,3%, bahkan pada kondisi label/*barcode* yang rusak sekalipun. Pengujian fungsionalitas sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa seluruh komponen *hardware* dan *software* bekerja secara terintegrasi sesuai dengan tujuan perancangan, sehingga sistem ini terbukti mampu meningkatkan keamanan pengambilan paket melalui autentikasi biometrik berbasis wajah secara andal.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Ilmi, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pengambilan Keputusan Mahasiswa Dalam Memilih Jasa Rumah Kos Cokroaminoto," *J. Econ. Bus. Educ.*, vol. 15, no. 1, pp. 37–48, 2024.

[2] A. ' Ulya, O. N. Putri, and W. A. Naylawati, "Budaya Konsumtif Belanja Online Dikalangan Mahasiswa," *Pros. Semin. Nas.*, pp. 1300–1308, 2023.

[3] S. A. Zafira and A. K. Pakpahan, "Pengaruh Regional Brand Ambassador dan Social Media Advertising terhadap Brand Trust dan Brand Loyalty Konsumen Gen-Z," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 6, no. 1, pp. 962–980, 2025.

[4] A. Anggraini, "Rancang Bangun Smart Guard Box Berbasis Aplikasi Android sebagai Upaya Dalam Mengurangi Potensi Kehilangan Paket pada Tempat Kos," Politeknik Negeri Malang, 2024.

[5] C. Valupi, T. Ariyadi, N. Paramyta, and T. D. Purwanto, "Prototipe Sistem Smart Box untuk Keamanan Penerimaan Paket Online Shopping," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 25, no. 1, pp. 964–971, 2025, doi: 10.33087/jiubj.v25i1.5675.

[6] U. Azrin, I. Ziad, and S. Suroso, "Rancang Bangun Smart Box Penerima Paket Berbasis IoT Menggunakan Raspberry Pi," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, pp. 118–125, 2022, doi: 10.23917/emitor.v22i2.19405.

[7] F. Schroff, D. Kalenichenko, dan J. Philbin, "FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering," dalam *IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, Boston, MA, USA, 2015, pp. 815–823, doi: 10.1109/CVPR.2015.7298682.

[8] K. S. Kartini and T. Informatika, "Perbandingan metode pengenalan wajah melalui penerapan pada sistem surveillance," *Sintech (Science and Information Technology) Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 88–98, 2021, doi: https://doi.org/10.31598

[9] N. Dewi and F. Ismawan, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Cnn Untuk Sistem Pengenalan Wajah," *Fakt. Exacta*, vol. 14, no. 1, p. 34, 2021, doi: 10.30998/faktorexacta.v14i1.8989.

[10] D. Tribuana, Hazriani, and A. L. Arda, "Face recognition for smart door security access with convolutional neural network method," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 22, no. 3, pp. 702–710, 2024, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v22i3.25946.

[11] S. R. Date, A. S. Chikane, dan S. M. Dabake, "Attendance system using CNN face recognition," *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol. (IJARSCT)*, vol. 11, no. 4, pp. 10–18, 2023.

[12] N. E. Christyanto, E. M. A. Jonemaro, dan N. Yudistira, "Pengembangan aplikasi Android presensi kehadiran realtime menggunakan pengenalan wajah dengan model FaceNet," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Komput.*, vol. 6, no. 10, pp. 4839–4847, Okt. 2022.

[13] M. Y. Fadhlan, T. Supriyadi, and M. H. Maulana, "Prototype Smart Mailbox untuk Penerimaan Paket Barang Berbasis IoT," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 12, pp. 665–669, 2021, [Online]. Available: https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/2778

[14] K. Anwariyah, Y. Sulpia, Budiman, and D. Sofian, "Perancangan Sistem Pengenalan Wajah Dengan Metode CNN Pada Sistem Keamanan Door Lock Pintu Kamar Hotel," *Edu Elektrika J.*, vol. 12, no. 2, pp. 25–30, 2024, doi: 10.15294/0724xq71.

[15] V. D. Win, "Pengenalan Wajah Menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 4907–4916, 2017, [Online]. Available: https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/137607/jurnal_eproc/pengenalan-wajah-menggunakan-convolutional-neural-network.pdf

[16] B. Arasada and B. Suprianto, "Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, pp. 137–145, 2017.