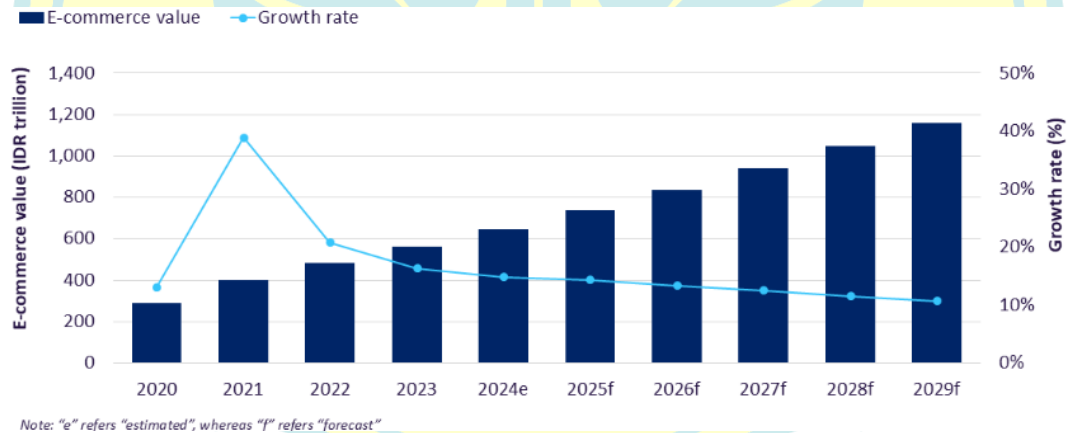


BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam beberapa tahun terakhir, sektor *e-commerce* di Indonesia mengalami pertumbuhan signifikan yang mendorong peningkatan aktivitas transportasi dan layanan pengiriman barang. Berdasarkan laporan GlobalData (2025), nilai pasar *e-commerce* nasional berkembang pesat dari sebesar US\$18,2 miliar pada tahun 2020 menjadi US\$40,8 miliar pada tahun 2024, dan diproyeksikan mencapai lebih dari US\$46 miliar pada tahun 2025. Pertumbuhan tersebut mencerminkan tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (*Compound Annual Growth Rate*) sebesar 22,3%, yang menandakan pergeseran perilaku konsumsi masyarakat dari transaksi konvensional ke belanja daring. Peningkatan volume transaksi turut mendorong kebutuhan terhadap sistem logistik yang responsif, andal, serta aman, khususnya pada distribusi paket. Perkembangan nilai transaksi *e-commerce* nasional periode 2020–2029 dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Data Nilai *E-commerce* Indonesia (GlobalData, 2025)

Proses pengiriman barang masih menjadi tantangan utama dalam ekosistem *e-commerce* di Indonesia. Pertumbuhan pesat *e-commerce* di Asia Tenggara turut meningkatkan ekspektasi konsumen terhadap pengalaman penerimaan paket yang cepat, akurat, dan transparan. Survei yang dikutip Arora et al. (2022) menunjukkan bahwa ketidakpuasan konsumen masih dominan pada tahap akhir pengiriman, terutama terkait keterlambatan paket dan minimnya informasi status pengiriman yang mutakhir. Hanya sekitar 22% konsumen menyatakan puas terhadap layanan

pengiriman yang diterima, sementara 78% konsumen bersedia membayar lebih demi keandalan pengiriman dan visibilitas status paket yang lebih baik.

Temuan tersebut menegaskan bahwa kecepatan, kepastian waktu tiba, dan transparansi pelacakan menjadi faktor krusial yang perlu ditingkatkan oleh penyedia logistik. Liky (2022) menyoroti keluhan pelanggan terhadap praktik penitipan paket kepada pihak ketiga tanpa persetujuan penerima, kondisi yang menimbulkan persoalan privasi dan akuntabilitas. Permasalahan serupa ditemukan pada level operasional kurir, di mana Shintawati et al. (2025) mencatat bahwa ketidakhadiran penerima di rumah saat pengiriman kerap memaksa kurir menitipkan paket kepada tetangga, tindakan yang sering tidak diterima pemilik paket dan berujung pada keluhan kepada perusahaan logistik. Selain hambatan operasional tersebut, Govinda et al., (2022) mencatat persoalan lain yang umum terjadi selama proses pengiriman, antara lain kerusakan atau kehilangan barang, tarif pengiriman yang tinggi, dan ketidakpastian waktu kedatangan paket.

Risiko kehilangan paket bukan sekadar persoalan operasional kurir, melainkan juga berkaitan erat dengan tingkat kriminalitas di lingkungan tempat tinggal. Data Pusat Informasi Kriminal Nasional (Pusiknas) Bareskrim Polri mencatat pencurian dengan pemberatan sebagai jenis kejahatan dengan jumlah laporan tertinggi di Indonesia sepanjang tahun 2025, yaitu sebanyak 48.531 kasus (Pusiknas Bareskrim Polri, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa paket yang diletakkan tanpa pengawasan maupun mekanisme penguncian di depan rumah berpotensi besar menjadi sasaran pencurian, terutama pada hunian yang ditinggal penghuninya saat jam kerja. Urgensi keamanan paket menjadi semakin nyata mengingat penerima sering tidak dapat memantau kondisi rumah secara langsung sepanjang hari, sehingga dibutuhkan mekanisme penyimpanan dan pemantauan otomatis yang dapat bekerja tanpa kehadiran penerima. Belum tersedianya mekanisme notifikasi otomatis yang menginformasikan penerima secara langsung ketika sistem aktif maupun ketika paket terdeteksi oleh sensor berat mengakibatkan penerima tidak dapat mengetahui status kesiapan sistem dan kedatangan paket secara tepat waktu.

Selain ancaman pencurian fisik, metode pembayaran *cash on delivery* (COD) turut menghadirkan persoalan keamanan tersendiri. Sistem COD yang

mensyaratkan pembayaran tunai langsung kepada kurir tanpa mekanisme verifikasi dinilai rentan terhadap penyalahgunaan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab (Shintawati et al., 2025). Fenomena tersebut terbukti di lapangan; kasus paket *COD* fiktif yang terjadi di Cikarang pada awal 2024 menggambarkan modus penipuan dengan mengirimkan barang yang tidak pernah dipesan penerima, kemudian meminta pembayaran langsung di tempat (Berita Cikarang, 2024). Kasus serupa juga dilaporkan di Sulawesi Selatan, di mana Fauzan (2026) melaporkan bahwa pelaku yang berpura-pura menjadi kurir *COD* berhasil mengambil uang tunai dari sejumlah toko dan agen dengan memanfaatkan ketiadaan mekanisme konfirmasi penerima. Maraknya modus tersebut menunjukkan pentingnya mekanisme autentikasi penerima yang lebih ketat sebelum ruang penyimpanan paket dapat diakses, sekaligus tempat penyimpanan uang tunai yang terpisah dari paket fisik agar transaksi tunai tidak rentan disalahgunakan pihak yang tidak berwenang. Persoalan verifikasi identitas kurir maupun keabsahan transaksi *COD* berada di luar cakupan penelitian, karena sistem yang dirancang berfokus pada autentikasi penerima dan penyediaan kotak uang *COD* yang terpisah dari ruang penyimpanan paket.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sebagian solusi atas persoalan tersebut secara terpisah. Yusup (2022) merancang sistem pintu otomatis berbasis autentikasi *RFID* untuk *smart house*, sementara Desnanjaya (2022) mengembangkan brankas berbasis Arduino Mega 2560 dengan autentikasi sidik jari dan *passcode* untuk penyimpanan barang. Kusuma et al. (2023) memanfaatkan ESP32-CAM dan Telegram sebagai notifikasi keamanan rumah, dan Permatasari et al. (2023) mengintegrasikan sensor gerak dengan ESP32-CAM serta *Firebase* untuk pemantauan keamanan berbasis aplikasi *mobile*. Penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada satu aspek saja, seperti autentikasi akses, penyimpanan, atau pemantauan visual, namun belum mengintegrasikan fungsi deteksi kehadiran paket, verifikasi penerima, pemantauan visual, dan penyimpanan uang *COD* secara terpisah dalam satu sistem penerima paket otomatis. Kesenjangan penelitian menjadi dasar pengembangan sistem penerima paket otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dibahas pada penelitian.

Pengembangan sistem penerima paket otomatis berbasis *Internet of Things* (*IoT*) dilakukan dengan memadukan sensor deteksi, mekanisme autentikasi, serta pemantauan visual dalam satu kesatuan alur kerja. Arduino Mega 2560 dipilih sebagai pengendali utama karena memiliki 54 pin digital dan 16 pin analog yang memungkinkan koneksi banyak sensor dan aktuator secara bersamaan dalam satu sistem (Romadhon & Umam, 2021), sebagaimana dibuktikan oleh Desnanjaya (2022) yang menggunakannya sebagai kendali utama sistem brankas berbasis *IoT*. Sensor-sensor yang diintegrasikan meliputi sensor *PIR* untuk mendeteksi kedatangan kurir (Prastyo, 2022), sensor ultrasonik untuk mendeteksi posisi paket, *load cell* dengan modul HX711 untuk mengukur berat paket yang masuk (Kazuya et al., 2024), *RFID* dan *keypad* 4x4 untuk autentikasi penerima (Yusup, 2022), motor servo dan solenoid *door lock* untuk mekanisme buka-tutup ruang penyimpanan, *magnetic door switch* untuk mendeteksi status pintu, serta relay sebagai pengendali aktuator. Modul ESP32-CAM dipilih sebagai unit pemantauan visual karena mengintegrasikan kamera OV2640 dan konektivitas Wi-Fi dalam satu modul ringkas berbiaya rendah, sehingga gambar bukti pengiriman dapat dikirim secara nirkabel tanpa perangkat tambahan (Kusuma et al., 2023; Permatasari et al., 2023).

Seluruh komponen tersebut dirancang bekerja dalam satu alur yang saling terhubung. Sensor *PIR* mendeteksi kedatangan kurir terlebih dahulu, kemudian sensor ultrasonik dan *load cell* bekerja sama memverifikasi bahwa paket benar-benar telah diletakkan pada ruang penyimpanan. Setelah paket terverifikasi, ESP32-CAM mengambil gambar paket sebagai bukti visual dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram kepada penerima, sementara akses pembukaan ruang penyimpanan hanya dapat dilakukan melalui autentikasi *RFID* atau kode akses pada *keypad* agar paket tidak dapat diambil pihak yang tidak berwenang. Kotak uang *COD* dirancang terpisah dari ruang penyimpanan paket dengan mekanisme penguncian tersendiri, sehingga transaksi pembayaran tunai dapat berlangsung tanpa membuka akses ke paket yang belum diverifikasi penerima. Keterhubungan antarfitur tersebut memberikan mekanisme pembatasan akses melalui autentikasi penerima, penyimpanan uang *COD* yang terpisah, serta pemantauan visual dan

notifikasi jarak jauh sesuai ruang lingkup penelitian, sehingga proses penerimaan paket dapat berlangsung tanpa kehadiran penerima secara langsung.

Berdasarkan uraian permasalahan, penelitian berjudul "Rancang Bangun Sistem Penerima Paket Otomatis Berbasis *IoT* dengan Pemantauan Kamera ESP32-CAM" dilakukan untuk mengembangkan alternatif prototipe yang mendukung proses penerimaan paket secara otomatis pada skala rumah tinggal. Prototipe dirancang untuk mendukung pembatasan akses terhadap ruang penyimpanan paket melalui mekanisme autentikasi, menyediakan penyimpanan uang *COD* secara terpisah, serta memberikan pemantauan dan notifikasi jarak jauh melalui ESP32-CAM dan aplikasi Telegram.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, identifikasi masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Paket kiriman yang ditempatkan di depan rumah tanpa mekanisme penguncian dan perlindungan fisik rentan terhadap pencurian, serta kerusakan akibat paparan cuaca seperti hujan dan panas matahari, dan tidak dapat dipantau pemilik dari jarak jauh.
2. Ketidakhadiran penerima di rumah pada saat kurir tiba menyebabkan tidak terlaksananya proses serah terima paket secara langsung, sehingga paket berisiko dititipkan kepada pihak ketiga tanpa persetujuan penerima atau dikembalikan ke gudang ekspedisi.
3. Proses serah terima paket belum dilengkapi mekanisme verifikasi identitas penerima yang memadai, sehingga ruang penyimpanan paket maupun kotak uang tunai *COD* berpotensi diakses oleh pihak yang tidak berwenang.
4. Penerima paket tidak mendapatkan informasi secara langsung ketika paket telah tiba di lokasi tujuan, sehingga tidak dapat segera mengambil tindakan pengamanan terhadap paket yang sudah dikirimkan.
5. Sistem pengelolaan pengiriman paket belum tersedia pada objek penelitian sistem penerima paket rumah tinggal yang mengintegrasikan pemantauan visual dan pengiriman notifikasi berbasis internet, sehingga penerima belum

memperoleh informasi kondisi dan bukti visual paket secara langsung ketika paket telah diterima.

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah agar fokus penelitian hanya tertuju pada pembahasan yaitu sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem dibatasi pada prototipe penerima paket otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang, dibangun, dan diuji pada skala rumah tinggal menggunakan komponen mikrokontroler Arduino Mega 2560, modul ESP32-CAM, sensor *PIR*, sensor ultrasonik HC-SR04, *load cell* dengan modul HX711, modul *RFID* MFRC522, *keypad* 4x4, motor servo, solenoid *door lock*, *magnetic door switch*, relay, dan *LCD* 16x2, sehingga belum diimplementasikan secara luas pada kondisi lapangan yang sesungguhnya.
2. Kotak penerima paket memiliki dimensi keseluruhan tinggi 60 cm, lebar 40 cm, dan kedalaman 35 cm, dengan ruang penyimpanan paket pada bagian bawah berukuran $40 \times 35 \times 38$ cm. Paket yang dapat diterima dibatasi pada paket dengan dimensi tidak melebihi $20 \times 15 \times 8$ cm dan berat tidak melebihi 3 kg.
3. Sistem notifikasi dan pemantauan visual menggunakan modul ESP32-CAM yang terhubung melalui jaringan Wi-Fi, sehingga ketersediaan koneksi internet yang stabil menjadi prasyarat utama operasional sistem. Sistem tidak dapat mengirimkan notifikasi maupun gambar ke aplikasi Telegram apabila koneksi internet terputus.
4. Mekanisme keamanan akses ruang penyimpanan paket dibatasi pada dua metode autentikasi, yaitu kartu *RFID* dan kode akses melalui *keypad* 4x4, tanpa menggunakan metode autentikasi biometrik atau metode lainnya.
5. Kotak penyimpanan uang *COD* diletakkan di sisi kiri atas kotak dengan dimensi $18 \times 12 \times 8$ cm dan dikendalikan oleh motor servo secara terpisah dari ruang penyimpanan paket, dengan kapasitas penyimpanan uang tunai yang terbatas dan hanya diperuntukkan bagi transaksi pembayaran tunai pada saat pengiriman paket.
6. Mekanisme pembayaran *cash on delivery (COD)* pada sistem dibatasi pada penyediaan kotak penyimpanan uang tunai secara terpisah dari ruang

penyimpanan paket. Sistem tidak melakukan verifikasi nominal, jumlah, keaslian uang, identitas kurir, maupun keabsahan transaksi atau pesanan *COD*.

7. Pengujian keamanan sistem dibatasi pada fungsi autentikasi menggunakan *RFID* dan *keypad* sesuai skenario operasional yang dirancang. Penelitian tidak mencakup pengujian terhadap pembobolan mekanik kotak, duplikasi kartu *RFID*, serangan terhadap jaringan komunikasi, maupun manipulasi notifikasi pada aplikasi Telegram.
8. Pengujian sistem dilakukan menggunakan sumber listrik utama melalui *switching power supply* sebagai catu daya. Penelitian belum mencakup penggunaan baterai cadangan atau sistem catu daya darurat apabila terjadi pemadaman listrik.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah diuraikan, perumusan masalah penelitian adalah "Bagaimana merancang, membangun, dan menguji sistem penerima paket otomatis berbasis *IoT* dengan pemantauan kamera ESP32-CAM?"

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian adalah merancang, membangun, dan menguji prototipe sistem penerima paket otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan pemantauan kamera ESP32-CAM. Tujuan penelitian secara rinci adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun prototipe perangkat keras sistem penerima paket otomatis yang mencakup subsistem deteksi kedatangan kurir menggunakan sensor *PIR*, subsistem verifikasi keberadaan dan berat paket menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 serta *load cell* dengan modul HX711, subsistem keamanan menggunakan modul *RFID* MFRC522 sebagai autentikasi kartu akses penerima dan *keypad* 4x4 sebagai media *input* kode akses, subsistem aktuator menggunakan motor servo, solenoid *door lock*, *magnetic door switch*, dan relay, serta subsistem antarmuka menggunakan *LCD* 16x2, *LED*, dan buzzer sebagai indikator status sistem.

2. Merancang dan membangun perangkat lunak sistem berupa program kendali pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang mengatur alur kerja seluruh sensor dan aktuator secara terintegrasi dalam satu sistem penerima paket otomatis.
3. Mengintegrasikan modul ESP32-CAM sebagai unit pemantauan visual berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu mengirimkan notifikasi beserta gambar paket secara otomatis kepada penerima melalui aplikasi Telegram menggunakan jaringan Wi-Fi.
4. Menguji prototipe sistem penerima paket otomatis pada skala rumah tinggal untuk mengevaluasi akurasi sensor, keberhasilan kerja aktuator, waktu respons pengiriman notifikasi melalui ESP32-CAM dan Telegram, serta tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan berdasarkan skenario pengujian yang telah ditetapkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat yang didapat dari perancangan dan pembuatan sistem penerima paket otomatis berbasis *IoT* dengan pemantauan kamera ESP32-CAM.

1. Manfaat teoretis: penelitian diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan sistem *IoT* dan pemanfaatan ESP32-CAM, serta menjadi bahan kajian di perguruan tinggi dan penelitian terkait otomatisasi.
2. Manfaat praktis: penelitian diharapkan dapat mendukung proses penerimaan paket secara otomatis ketika penerima tidak berada di rumah melalui mekanisme penyimpanan paket yang dilengkapi autentikasi akses, pemantauan visual, dan notifikasi jarak jauh. Bagi pengguna, prototipe memberikan mekanisme pengamanan tambahan serta kemudahan pemantauan kondisi paket. Bagi kurir, prototipe dapat menjadi alternatif tempat penitipan paket ketika penerima tidak berada di lokasi. Bagi pengembang, penelitian dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem penerima paket otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* pada penelitian selanjutnya.