EMPD 5 (2) Nopember 2026, 410-423 ISSN 2964-6987
Energy, Materials and Product Design
https://journal.unram.ac.id/index.php/e

RANCANGAN SAFE DROP BOX MEKANIS BERBASIS VDI 2221 DAN SCENARIO BASED DESIGN SEBAGAI SOLUSI PENERIMAAN PAKET MANDIRI DI HUNIAN URBAN

VDI 2221 BASED MECHANICAL SAFE DROP BOX DESIGN AND SCENARIO BASED DESIGN AS A SOLUTION FOR SELF PATCHING PACKAGES IN URBAN RESIDENCES

Naaman Firmansyah, Winta T. Satwikasanti, Kristian Ismartaya*

Desain Produk, Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana, Jl. dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25, Kotabaru, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55224, (0274) 563929

**Corresponding author*
E-mail addresses: kristianismartaya@staff.ukdw.ac.id
https://doi.org/10.29303/empd.v5n2.410-423
Received 30 June 2026; Received in revised form 28 July 2026; Accepted 4 August 2026

ABSTRACT

The rapid growth of e-commerce has increased package delivery volumes, but the main challenge in last-mile delivery (LMD) is the absence of recipients at the destination location. This research aims to design a Safe Drop Box, which is a mechanical parcel locker product for the independent receipt of goods and food packages in urban housing. The novelty in this research is the design process with a structured approach that integrates the VDI 2221 method and Scenario-Based Design to optimize functional and economic values simultaneously. Preliminary observations identified three patterns of package receipt behavior when consumers were not at home, while questionnaire data revealed that 52% were often not at home when the courier arrived, with the main concern being the risk of theft (62.2%) and damage from weather or animals (35.1%). The resulting product has dimensions of 90 cm × 45 cm × 45 cm with a capacity volume of 100 liters for goods packages and 35 liters for food packages, and is equipped with a one-way entry door mechanism as the main security feature. The test results show that the product works according to the demands in the demand list; The courier operation time reaches 6–9 seconds (below the target of 20 seconds), the one-way entry mechanism is proven to prevent access from outside, and the visibility feature through transparent acrylic allows checking packages without opening the door. With a production cost of IDR 1,177,200, the Safe Drop Box has proven to be an effective, safe, and economical standalone package acceptance solution, and offers a more affordable alternative to similar IoT-based products that require high costs and extra maintenance.

Keywords: *Safe drop box, Last-mile delivery, VDI 2221, Scenario based design, Urban housing*

1. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan belanja *online* disebabkan oleh globalisasi, urbanisasi, dan pandemi COVID-19 [1,2,3], serta didorong oleh kemudahan transaksi, aksesbilitas, variasi produk, dan harga yang kompetitif [4,5]. Hal ini secara pesat mengubah perilaku dan peningkatan belanja *online* oleh konsumen hingga menjadi salah satu pilar utama ekonomi modern [1] dan menjadikan transaksi digital sebagai kebiasaan baru dalam kehidupan sehari-hari [6]. Perkembang tren belanja *online* juga berdampak pada peningkatan permintaan layanan pengiriman paket yang handal [7]. Saat ini, masyarakat memiliki ketergantungan terhadap platform *e-commerce* dan layanan pesan-antar, yang

termanifestasi dalam ekspektasi konsumen bahwa berbagai produk fisik akan diantar langsung menuju titik akhir tujuan. Layanan antar ini secara umum dikenal sebagai *Last Mile Delivery* (LMD). LMD merupakan tahap pengiriman barang dari titik distribusi ke alamat penerima, yang biasanya adalah rumah pelanggan [8]. LMD sangat penting untuk memastikan barang tiba dengan efisien dan tepat waktu, sehingga menjadi faktor kunci kepuasan dan loyalitas konsumen yang berpengaruh signifikan terhadap pengalaman belanja [5,8].

Layanan LMD atau pengiriman paket konvensional memiliki beberapa masalah, salah satunya adalah penerima tidak hadir atau tidak berada di lokasi penerimaan selama upaya pengiriman [3,9]. Waktu penerimaan barang tidak pasti, seringkali menyebabkan konsumen tidak ada ketika barang tiba di lokasi pengiriman [10]. Aktivitas pengguna yang dinamis sering kali menciptakan permasalahan ketidaksinkronan antara waktu kedatangan kurir dengan keberadaan pengguna di lokasi pengantaran. Ketiadaan penerima paket menjadi masalah baik bagi kurir maupun konsumen. Bagi konsumen, ketiadaan penerima paket di lokasi secara signifikan meningkatkan risiko keamanan, seperti pencurian, kehilangan, hingga kerusakan barang akibat kondisi penyimpanan yang tidak memadai [3,11]. Muhamad dkk., 2025 [9] menyatakan bahwa data *Penn Elcom's Global Package Theft Report* pada tahun 2022 menunjukkan lebih dari satu miliar paket (sekitar satu dari sepuluh konsumen) mengalami kehilangan paket dalam kurun waktu satu tahun. Selain itu, solusi meninggalkan paket sementara di area rumah tanpa pengawasan juga membuka peluang pencurian paket [9]. Bagi kurir, ketiadaan penerima paket menyebabkan inefisiensi dan ketidaknyamanan bagi penyedia logistik sehingga menghadapi penundaan dan kebutuhan untuk menjadwalkan ulang pengiriman [7]. Ketiadaan penerima paket menyebabkan peningkatan biaya pengiriman oleh pihak ekspedisi dan waktu tunggu bagi pelanggan [7, 9]. Dalam penelitiannya, Lesmini dkk., 2026 [1] menyatakan bahwa ketidakpuasan pelanggan akibat kegagalan pengiriman mendominasi hingga 36%. Upaya pengiriman yang berulang, keluhan pelanggan, dan resiko kehilangan paket memberikan tekanan pada pihak ekspedisi, sehingga perlu solusi inovatif untuk membuat pengiriman tanpa kehadiran penerima lebih aman dan efisien [3,7].

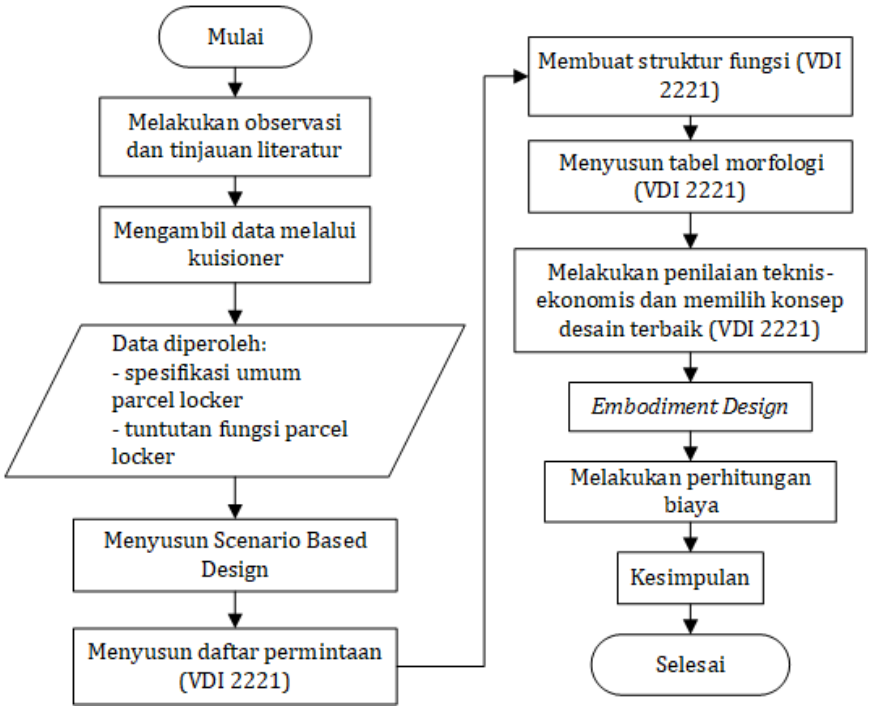
Loker paket (*parcel locker*) muncul sebagai solusi LMD karena dapat beroperasi penuh setiap hari sehingga mengurangi kegagalan pengiriman, fleksibilitas waktu penerimaan, meminimalkan risiko pencurian dan kegagalan pengiriman, sekaligus meningkatkan keamanan dan privasi [1]. Solusi ini memungkinkan paket dikirim dan diterima meskipun penerima tidak berada di rumah [3,10]. Beberapa penelitian terdahulu telah membahas *parcel locker* sebagai solusi penerimaan paket mandiri. Penelitian Hurida dkk. [12] pada 2022 menciptakan solusi produk *parcel locker* dengan menggunakan sistem *barcode* untuk mengidentifikasi paket yang diterima. Sedangkan penelitian Risha dkk. [13] pada tahun 2023 menghasilkan *parcel locker* yang dilengkapi dengan sistem pembayaran COD yang terhubung dengan aplikasi telegram sebagai pengamanannya. Penelitian Ahmad dkk. pada tahun 2024 [14] menciptakan *smart parcel locker* dengan mengaplikasikan sistem keamanan *face recognition*. Muhamad dkk. [9] dalam penelitiannya tahun 2025 membuat *green parcel locker* yang aman dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama. *Parcel locker* tersebut juga dilengkapi dengan teknologi *QR code*, sensor, dan notifikasi otomatis ke ponsel penerima. Penelitian Soemphol dkk. [3] pada 2026 mengembangkan sistem *smart parcel locker* berbasis IoT dan tenaga surya yang dilengkapi dengan notifikasi status dan gambar paket melalui aplikasi LINE. Pada 2026, penelitian Poras dkk. [7] mengembangkan BilinBox, sebuah *smart home parcel receiver box* bertenaga surya yang dilengkapi dengan autentikasi ganda (RFID dan *QR code*), mekanisme penguncian otomatis, konektivitas IoT, dan notifikasi SMS *real-time*. Menurut Liu dkk., 2026 [2], *smart parcel locker* mengintegrasikan *parcel locker* dengan teknologi digital seperti IoT, pelacakan *real-time*, dan sistem akses otomatis untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengiriman paket. Namun sistem yang ditawarkan membutuhkan perangkat yang canggih yang memiliki rancangan kompleks, berbiaya mahal, serta memerlukan perawatan ekstra. Selain itu, ketergantungan produk terhadap daya listrik dan sinyal menjadi kelemahan rancangan ini. Akibatnya, apabila salah satu komponen gagal bekerja, maka seluruh sistem tidak berfungsi [8]. Dengan demikian, belum ditemukan perancangan *locker parcel* yang mengutamakan nilai ekonomis dan sistem keamanan mekanis sederhana. Penelitian lain mengintegrasikan sistem penerimaan paket dengan fasilitas sosial lain. Penelitian Liu dkk. (2026) [2] mengusulkan sistem WePick, sebuah sistem pengiriman terintegrasi yang menggabungkan *smart parcel locker* dengan bus kota untuk mengoptimalkan aksesibilitas di daerah dengan kepadatan rendah atau kurang terlayani. Sistem ini memiliki kelemahan yang terlalu bergantung pada jadwal dan rute bus, serta

ketersediaan armada bus. Selain itu, penelitian Meliaresti dan Nahry (2022) [10] menemukan fakta bahwa *moving parcel locker* menimbulkan emisi karbon lebih besar 3 hingga 7 kali dibandingkan *home parcel locker*. Hasil penelitian Lesmini dkk. [1] pada 2026 yang membahas faktor-faktor yang mempengaruhi motivasi konsumen di Jakarta untuk menggunakan *parcel locker* di hunian mereka, menunjukkan bahwa konsumen memiliki minat tinggi menggunakan *parcel locker* sebagai solusi LMD yang lebih efisien dan privat. *Parcel locker* yang dirancang harus memenuhi kebutuhan konsumen untuk menerima paket dengan efektif serta mudah diakses secara di hunian pribadi [14]. Dengan demikian, *parcel locker* yang berada langsung di hunian konsumen menjadi solusi terbaik untuk direalisasikan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang produk *parcel locker* dengan nama *Safe Drop Box*, yang secara khusus mengakomodasi penerimaan paket barang dan makanan secara mandiri lingkungan hunian di perkotaan dengan mengutamakan faktor keamanan dan ekonomis. Perancangan *Safe Drop Box* menerapkan metode VDI 2221 dan *Scenario Based Design* yang berfokus pada pengembangan fitur keamanan mekanik. Tujuannya adalah untuk menciptakan produk penerimaan paket (*Safe Drop Box*) yang efisien dan aman tanpa bergantung pada teknologi yang membutuhkan perangkat berbiaya tinggi. Penelitian ini diharapkan menjawab gap permasalahan kompleksitas, ketahanan, dan nilai ekonomi yang tinggi pada produk *smart parcel locker* yang telah dirancang pada penelitian terdahulu.

2. Bahan dan Metode

2.1. Metode Penelitian dan Pengambilan Data



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Rangkaian tahapan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 yang selanjutnya dijabarkan dalam sub bab ini. Penelitian diawali dengan melakukan observasi untuk mengetahui permasalahan penerimaan paket di Yogyakarta. Observasi dilakukan terhadap 27 titik hunian urban, mencakup rumah, rumah toko, indekos, dan apartemen/rusun. Observasi lapangan menemukan tiga pola perilaku utama masyarakat dalam menyiasati penerimaan paket saat tidak berada di rumah, yaitu: 1) diletakkan bebas di lantai, meja, atau rak sepatu (48%); 2) menggunakan wadah improvisasi seperti kardus bekas dan keranjang (30%); serta 3) dengan metode gantung menggunakan di pagar atau gagang pintu (22%). Kondisi ini menunjukkan bahwa belum ada solusi yang memenuhi kriteria: rapi dan aman dari gangguan (pencuri, hewan, cuaca). Jumlah 27 titik observasi tersebut dinilai cukup memberikan informasi terkait perilaku masyarakat dalam menyiasati penerimaan paket saat tidak berada di rumah. Selanjutnya,

dilakukan tinjauan literatur untuk mengeksplorasi solusi yang mungkin diterapkan, sekaligus mengidentifikasi gap yang belum terjawab oleh solusi eksisting. Langkah berikutnya ialah memvalidasi permasalahan dan gap yang belum terjawab melalui kuesioner. Kuesioner diberikan pada 38 responden dengan kriteria usia antara 20 tahun hingga 45 tahun yang tinggal di kawasan hunian perkotaan serta aktif berbelanja online, untuk memvalidasi permasalahan sekaligus mengetahui preferensi masyarakat terhadap solusi yang diperlukan. Hasil kuesioner mengungkap data kritis bahwa 87% responden menerima paket barang dan makanan hingga lebih dari 3 kali dalam kurun waktu 1 minggu, dan 52% responden sering tidak berada di rumah saat kurir datang. Kuesioner juga mengungkapkan bahwa responden memiliki kekhawatiran terhadap resiko kehilangan paket sebesar 62,2% diikuti dengan resiko kerusakan akibat cuaca dan hewan sebesar 35,1%. Kebutuhan *parcel locker* ditunjukkan dengan 79% responden menilai memerlukan produk yang dapat digunakan untuk menerima dan menyimpan paket (*Safe Drop Box*) saat penerima tidak berada di rumah. Sebesar 59,6% responden menyatakan memilih *Safe Drop Box* besar berdimensi tinggi 90 cm dengan panjang 45 cm dan lebar 45 cm. Pertimbangan kapasitas menjadi sebab pemilihan dimensi tersebut.

2.2. Metode Perancangan

Tahap berikutnya ialah menyusun *Scenario Based Design* untuk membantu mengidentifikasi fitur dan fungsi yang harus dimiliki agar *Safe Drop Box* sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan. Proses ini dimulai dengan analisis U.T.E.P (*User, Task, Environment, Product*) sebagai langkah pemetaan variabel pengguna. Selanjutnya, hasil analisis dikembangkan menjadi narasi skenario penggunaan dalam tiga kategori: Standar, Butuh Perhatian Lebih, dan Darurat. Skenario untuk ketiga kategori skenario disusun berbeda demikian:

1. Standar (skenario 1): Kurir meletakkan paket barang kecil melalui pintu satu arah dalam waktu < 20 detik tanpa mengganggu aktivitas pemilik rumah. Pada skenario kedua, paket makanan disimpan dalam kompartemen khusus selama 20 menit dan tetap aman meski minuman mengalami kebocoran.
2. Butuh Perhatian Lebih (skenario 2): Paket *fragile* berukuran 10 cm × 10 cm × 10 cm disimpan aman hingga 7 jam hingga pemilik kembali. Pada skenario lain, tiga kurir berbeda datang pada hari yang sama; paket berukuran besar diarahkan ke kompartemen makanan karena tidak muat di bukaan utama.
3. Darurat (skenario 3): Unit bertahan dari hujan deras dan angin kencang berkat material *water resistant*. Upaya pencurian gagal karena mekanisme *one-way entry* mencegah tangan merogoh masuk, dan baut *fischer* mencegah unit dicabut dari dinding.

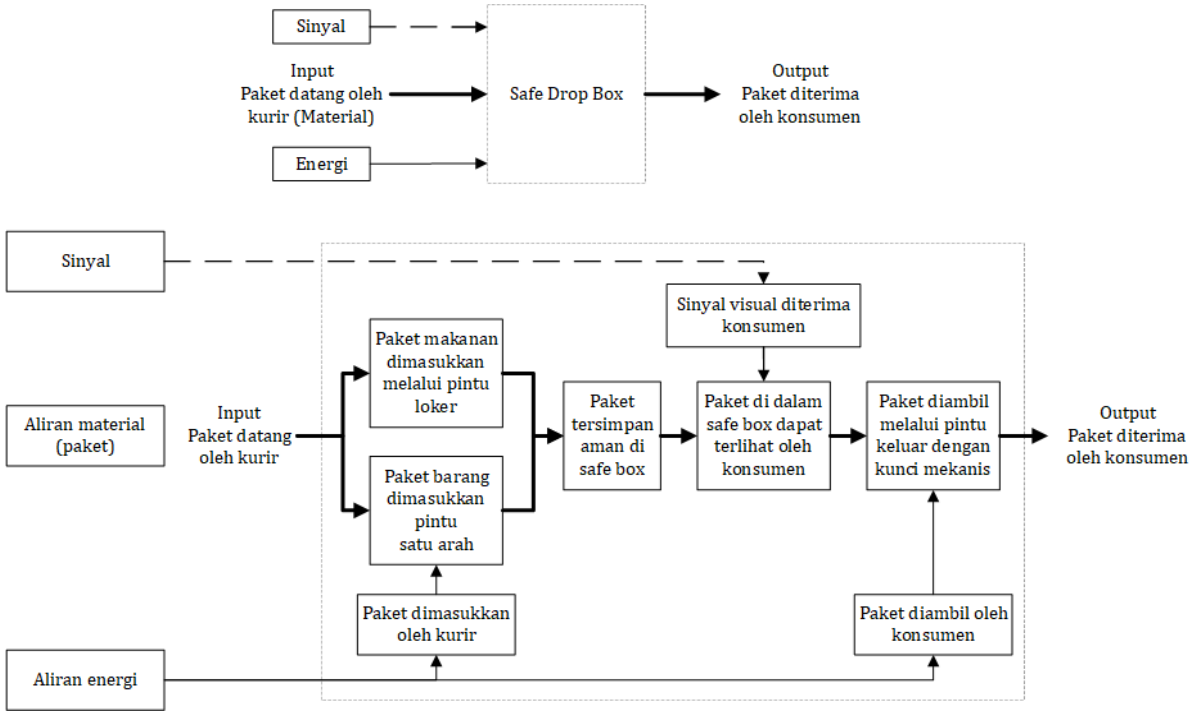
Dari ketiga skenario tersebut, skenario situasi dan kebutuhan pengguna selanjutnya diubah menjadi *design brief statement* yang komprehensif, yaitu merancang sarana penyimpanan paket barang dan makanan (*Safe Drop Box*) yang memungkinkan untuk menerima paket secara mandiri melalui mekanisme pintu satu arah yang dilengkapi penguncian mekanis yang kokoh, dengan kriteria mampu mengamankan paket dari risiko pencurian serta kerusakan tanpa penggunaan komponen elektronik yang mahal.

Metode VDI 2221 diimplementasikan pada tahap ini. Metode VDI 2221 dikembangkan oleh *Verein Deutscher Ingenieure* (Asosiasi Insinyur Jerman) sebagai pedoman perancangan sistematis yang menyediakan kerangka kerja logis dalam rekayasa desain. Proses perancangan dengan VDI 2221 dibagi menjadi empat tahapan utama [15], yaitu: 1) klarifikasi dan penjabaran fungsi dalam bentuk daftar permintaan; 2) perancangan konsep dengan struktur fungsi dan morfologi; 3) embodiment design atau perwujudan; serta (4) perancangan terinci berupa gambar kerja dan *Bill of Materials* (BoM). *Design brief statement* diubah menjadi daftar permintaan yang berisi fungsi/tugas yang perlu dipenuhi oleh rancangan. Daftar permintaan berisi syarat-syarat teknis yang diperlukan untuk memenuhi fungsi yang telah diidentifikasikan pada design *brief* [15]. Daftar permintaan ditunjukkan pada Tabel 1. Kode T menunjukkan kategori Tuntutan, yang berarti persyaratan tersebut bersifat wajib dan mutlak harus dipenuhi dalam rancangan. Sementara itu, kode H merepresentasikan kategori Harapan, yang berarti persyaratan tersebut bersifat opsional (baik jika terpenuhi, namun tidak menjadi kendala jika tidak terpenuhi).

Tabel 1 Daftar permintaan dalam perancangan *Safe Drop Box*

Kode	Persyaratan	Spesifikasi teknis
T	Dimensi luar produk	900 mm × 450 mm × 450 mm
T	Volume tampung paket barang	Maks. 100 L
T	Volume tampung paket makanan	Maks. 35 L
T	Waktu operasi kurir	< 20 detik (Drop & Go)
T	Jumlah langkah operasi kurir	3 langkah (buka, letakkan, tutup)
T	Mekanisme pintu masuk	*One-way entry*; tangan tidak bisa menjangkau paket dari luar
T	Ketahanan cuaca	*Water resistant* – tahan cipratan air
T	Kapasitas beban muat	Maks. 8–10 kg
T	Penguncian unit ke dinding	Baut tanam *(fischer)* Ø 8 mm × 50 mm
T	Kunci pintu pengambilan	1 unit kunci mekanis
H	Visibilitas isi paket	Akrilik transparan 200 mm × 200 mm
H	Ventilasi makanan	>5% luas permukaan – sirkulasi udara

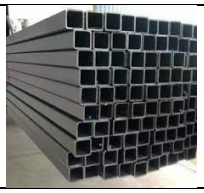
Perancang juga perlu menyusun kerangka kerja produk *Safe Drop Box* untuk memenuhi fungsi secara optimal. Kerangka kerja produk disusun dalam struktur fungsi *Safe Drop Box*. Struktur fungsi bertujuan untuk memecah tugas alat secara spesifik, termasuk energi dan sinyal-sinyal yang bekerja pada alat tersebut [15]. Struktur fungsi ditunjukkan pada Gambar 2.

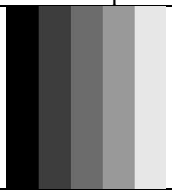
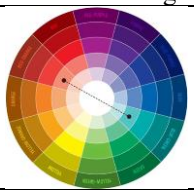


Gambar 2 Struktur fungsi perancangan *Safe Drop Box*

Tahap berikutnya adalah pembuatan tabel morfologi berdasarkan fungsi-fungsi yang didefinisikan pada struktur fungsi. Tabel morfologi berisi berbagai alternatif komponen dan mekanisme yang dapat digunakan untuk memenuhi fungsi yang diinginkan [15]. Tabel morfologi untuk produk *Safe Drop Box* ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Morfologi desain *Safe Drop Box*

Nomor	Fungsi	Komponen / Mekanisme	Alternatif A	Alternatif B	Alternatif C
1	Memasukkan paket	Mekanisme pintu			
			Bukaan terbatas	Bukaan besar	*Slider*
2	Memasukkan paket	Komponen pembuka pintu			
			Standar	Tersembunyi	Mewah
3	Penyimpanan paket	Mekanisme perpindahan paket			
			Ukuran terbatas	Perpindahan tinggi	Bukaan besar
4	Penyimpanan paket	Mekanisme simpan paket makanan			
			Sederhana	Aman	Ekonomis
5	Kekuatan Material	Komponen rangka			
			Kayu	Pipa bulat	Pipa kotak
6	Ketahanan Material	Komponen pelindung sisi atau cover			
			Alumunium	Besi	Kayu
7	Dudukan alat	Komponen pemegang alat			
			Baut-fisher	U-bolt	Cor semen

Nomor	Fungsi	Komponen / Mekanisme	Alternatif A	Alternatif B	Alternatif C
8	Sinyal	Komponen sinyal visual			
			Kaca	Kamera CCTV	Akrilik transparan
9	Mengeluarkan paket	Komponen pengaman pintu			
			Kunci manual	Gembok kombinasi	Gembok manual
10	Mengeluarkan paket	Mekanisme arah buka pintu			
			Bukaan samping	Bukaan atas	Bukaan sisi ke atas
11	Mengeluarkan paket	Posisi komponen pintu			
			Pintu depan	Pintu samping	Pintu belakang
12	Estetika	Skema warna			
			Kesan kuat-dingin	Kesan menonjol	Kesan harmonis

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Variasi Desain dan Penilaian

Alternatif komponen dan mekanisme setiap fungsi dikombinasikan untuk membentuk beberapa variasi produk. Pemilihan kombinasi komponen dan mekanisme dilakukan oleh perancang dengan mempertimbangkan produk eksisting, biaya manufaktur, dan pertimbangan desainer lain.

1. Variasi 1 (1A-2A-3B-4B-5C-6C-7A-8C-9A-10A-11B-12A): *Safe Drop Box* dirancang dengan mengusung konsep industrial dengan skema warna monokrom yang memberikan kesan kuat dan profesional. Dari sisi operasional, pintu masuk paket menggunakan mekanisme tarik ke bawah dengan pegangan pintu standar dan mekanisme *swing*, sementara pintu keluar berada di sisi samping dengan sistem pengunci manual. Material utamanya menggunakan rangka pipa kotak dengan penutup dari kayu. Untuk keamanan, kotak ini dipasang secara permanen dengan cara ditempel di tembok menggunakan baut *fischer.* Produk dilengkapi fitur sinyal berupa lubang akrilik.
2. Variasi 2 (1B-2C-3A-4A-5B-6A-7B-8A-9C-10B-11C-12C): *Safe Drop Box* dirancang dengan konsep minimalis yang memberikan kesan lebih estetika melalui skema warna komplementer. Mekanisme pintu masuknya menggunakan sistem *sliding* dengan pegangan tanam yang rapi, sedangkan pintu keluar terletak di bagian belakang dengan bukaan ke atas. Penggunaan material aluminium pada rangka dan penutup membuat variasi ini lebih ringan namun tetap tahan lama. Penempatannya dapat ditempel di tembok atau pagar rumah, dilengkapi fitur sinyal berupa kaca dan sistem keamanan pintu keluar menggunakan gembok manual.

3. Variasi 3 (1C-2B-3C-4C-5A-6B-7C-8B-9B-10C-11A-12B): *Safe Drop Box* dirancang dengan konsep japandi yang bersih dan skema warna analog yang harmonis. Variasi ini menggunakan mekanisme pintu masuk tarik ke atas dengan pegangan jenis *knob* serta pintu keluar yang terletak di depan dengan tariakan ke bawah. Seluruh badan kotak menggunakan material plat besi yang kokoh dengan rangka dari kayu ulin yang tahan cuaca. Dari segi keamanan, variasi ini yang paling canggih karena dilengkapi kamera CCTV digital, variasi ini dipasang dengan cara dicor semen di halaman.

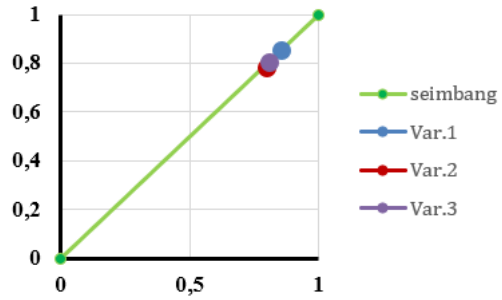
Setiap variasi dinilai secara teknis dan ekonomis. Penilaian dilakukan untuk mendapatkan variasi desain terbaik berdasarkan kombinasi nilai teknis dan ekonomisnya. Kriteria penilaian berpedoman pada persyaratan yang terdapat pada tabel permintaan [15]. Penilaian teknik-ekonomis ditampilkan pada Tabel 3 berikut. Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan nilai teknis-ekonomis antara variasi 1, variasi 2, dan variasi 3. Grafik perbandingan nilai teknis-ekonomis menunjukkan bahwa variasi 1 merupakan variasi rancangan yang terbaik, dan selanjutnya dipilih untuk dirancang secara detail.

Tabel 3 Penilaian teknis

Topik utama	Fitur evaluasi teknis sistem (Kriteria evaluasi teknis)	Nilai/Score varian			
		Var. 1	Var. 2	Var. 3	Ideal
Fungsi	Kemampuan menampung paket (90x45x45 cm)	9	9	9	10
Fungsi	Perlindungan paket terhadap cuaca atau gangguan hewan	9	9	9	10
Prinsip kerja	Kemudahan kurir memasukkan paket (*Drop & Go*)	9	8	8	10
Prinsip kerja	Keamanan mekanisme pintu (tangan tidak bisa merogoh)	9	8	7	10
Embodiment	Estetika bentuk yang sesuai dengan hunian	9	8	7	10
Keamanan	Kekuatan material terhadap ancaman cuaca	8	8	8	10
Keamanan	Keamanan unit terhadap upaya pembobolan paksa	8	7	9	10
Ergonomis	Kemudahan pemilik rumah saat mengambil paket	9	8	8	10
Ergonomis	Kemudahan melihat keberadaan paket di dalam	9	8	9	10
Produksi	Kemudahan proses manufaktur	9	7	7	10
Perakitan	Kemudahan instalasi unit di lokasi	9	8	7	10
Pengiriman	Kemudahan mobilisasi (pengiriman ke konsumen)	8	7	7	10
Operasi	Ketahanan mekanisme pintu untuk jangka panjang	8	8	9	10
Perawatan	Kemudahan dibersihkan dan ketahanan terhadap karat	8	8	9	10
	Jumlah	121	111	113	140
	Nilai teknis (X)	**0,86***	0,80	0,81	1,00

Tabel 4 Penilaian ekonomis

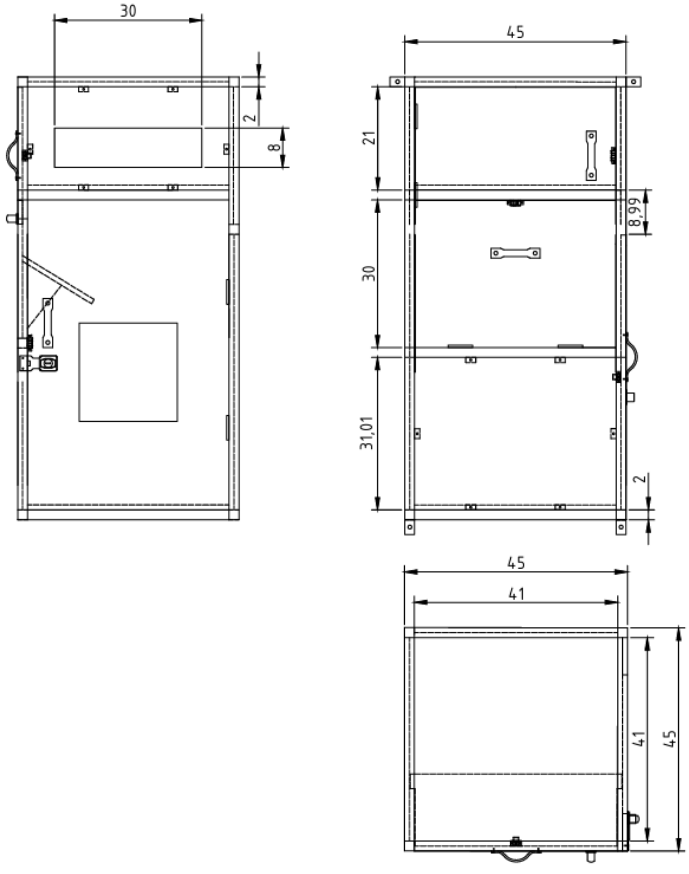
Topik utama	Fitur evaluasi ekonomis sistem (Kriteria evaluasi ekonomis)	Nilai/Scor varian			
		Var. 1	Var. 2	Var. 3	Ideal
Material	Biaya bahan baku material	9	7	8	10
Produksi	Biaya pemesinan	8	8	8	10
Produksi	Biaya perakitan	8	8	7	10
Produksi	Biaya komponen standar	9	9	8	10
	Jumlah	34	32	31	40
	Nilai ekonomis (Y)	**0,85***	0,78	0,80	1,00



Gambar 3 Penilaian teknis-ekonomis untuk variasi 1, variasi 2, dan variasi 3

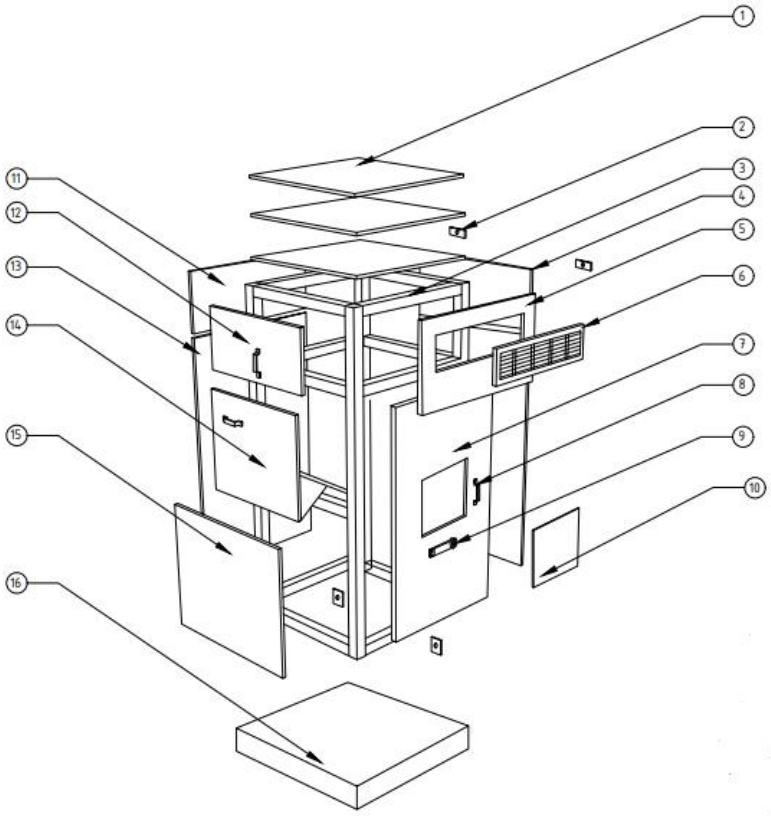
3.2. Perwujudan Desain (*Embodiment Design*)

Komponen dan mekanisme pada variasi 1 selanjutnya digunakan dalam proses perancangan produk *Safe Drop Box*. Gambar kerja 2 dimensi disajikan dalam Gambar 4. Produk *Safe Drop Box* berbentuk kotak dan memiliki dimensi keseluruhan 90 cm × 45 cm × 45 cm. Material rangka menggunakan pipa kotak (*hollow pipe*) berukuran 20 mm x 20 mm dengan ketebalan 1,2 mm. Material sisi menggunakan papan kayu dengan tebal 12 mm. *Safe Drop Box* dirancang terbagi menjadi 2 ruang utama. Ruang pertama berada di sisi atas *Safe Drop Box*, merupakan area loker yang khusus digunakan untuk meletakkan dan menyimpan paket makanan-minuman. Alas loker ini menggunakan plat seng sehingga tahan terhadap air serta mudah dibersihkan. Loker ini memiliki 1 buah pintu yang dibuka ke arah samping, dan dilengkapi pula dengan panel untuk sirkulasi udara. Loker ini memiliki ketinggian 21 cm, menyesuaikan dengan tinggi gelas plastik minuman ukuran L. Ruangan kedua mencakup 2/3 bagian *Safe Drop Box* (dengan tinggi 65 cm), merupakan area loker yang digunakan untuk menyimpan paket barang. Area loker ini memiliki 2 buah pintu. Pintu pertama merupakan pintu akses memasukkan paket oleh kurir. Pintu ini mengadopsi sistem one-way entry dengan menggunakan mekanisme gerak putar pada sudut terbatas sebesar 50º, dan dilengkapi dengan papan kedua sebagai penghalang agar paket yang sudah masuk ke dalam *Safe Drop Box* tidak dapat diambil. Pintu kedua berada di sisi samping kiri *Safe Drop Box*, merupakan akses untuk pengambilan paket oleh konsumen. Pintu ini dibuka ke samping dan dilengkapi dengan kunci manual sebagai pengaman. Pada bagian bawah *Safe Drop Box* dilengkapi dengan lubang akrilik yang dapat digunakan konsumen untuk melihat apakah ada paket atau tidak di dalam *Safe Drop Box*, tanpa perlu membuka pintu akses keluar.



Gambar 4 Gambar rakitan produk *Safe Drop Box*: tampak samping, tampak depan, dan tampak atas

Gambar 5 menyajikan gambar kerja ungkah (*exploded view drawing*) yang menunjukkan komponen-komponen penyusun produk *Safe Drop Box*, beserta nama dan bahan materialnya. Gambar ungkah adalah gambar teknis yang memperlihatkan bagian-bagian dari sebuah objek yang dipisahkan secara teratur untuk menunjukkan hubungan antar komponen dan urutan perakitannya.



NO. BAG	JML.	NAMA	BAHAN
16	1	BANTAL	BUSA
15	1	COVER BAWAH	KAYU
14	1	PINTU MASUK PAKET	KAYU
13	1	PINTU MAKANAN	BESI
12	1	COVER POLOS	KAYU
11	1	COVER KIRI	KAYU
10	1	AKRILIK TRANSPARAN	AKRILIK
9	1	KUNCI	BESI
8	3	GAGANG PINTU	BESI
7	1	PINTU KELUAR PAKET	KAYU
6	1	VENTILASI	BESI
5	1	COVER VENTILASI	KAYU
4	2	COVER PAKET MAKANAN POLOS	KAYU
3	1	RANGKA	BESI HOLLOW
2	4	KUPING	BESI
1	3	ALAS	KAYU

Gambar 5 Gambar kerja ungkah produk Safe Drop Box dan Engineering-Bill of Material

Rancangan 3 dimensi produk Safe Drop Box ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7. Tahap akhir adalah melakukan proses manufaktur produk *Safe Drop Box* sesuai dengan rancangan dan gambar kerja yang telah dibuat. Hasil perwujudan produk *Safe Drop Box* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6 Visualisasi 3 dimensi produk *Safe Drop Box*: tampak isometri (kiri) dan tampak samping (kanan)



Gambar 7 Visualisasi 3 dimensi produk *Safe Drop Box* dan keterangan fitur



Gambar 8 Produk *Safe Drop Box*

3.3. Evaluasi Produk



Gambar 9 Uji coba produk *Safe Drop Box*

Produk *Safe Drop Box* selanjutnya di-ujicoba-kan pada pengguna (kurir dan konsumen) untuk menilai fungsionalitas, keandalan, kegunaan, efisiensi, keamanan, kemampuan pemeliharaan [7], serta mengevaluasi kemungkinan perbaikan atau pengembangan yang dapat dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwasannya produk berfungsi sesuai tuntutan dalam tabel permintaan. Dimensi luar produk adalah 90 cm x 45 cm x 45 cm, dengan volume area paket barang 100 liter dan volume area

paket makanan 32 liter. Hasil uji coba menunjukkan bahwa pintu keamanan mekanis yang dirancang untuk area paket barang dapat memenuhi fungsi *one-way entry* (memasukkan barang dan keamanan). Pada saat pintu akses memasukkan paket dibuka, tangan tidak dapat menjangkau barang yang telah berada di dalam *box*. Penggunaan mekanisme *one-way entry* pada *Safe Drop Box* yang mencegah pengambilan paket oleh kurir setelah paket masuk sejalan dengan penelitian Muhamad dkk. (2025) [9], yang menekankan pentingnya sistem keamanan pada *parcel box* untuk memberikan pengalaman pengiriman yang lebih aman. Berdasarkan pengujian, proses memasukkan paket hingga paket berada di dalam *box* dengan aman membutuhkan waktu 6 detik hingga 9 detik. Hal ini memenuhi target waktu *Drop & Go* oleh kurir dalam waktu kurang dari 20 detik, sekaligus sejalan dengan temuan Soemphol dkk. (2026) [3], yang menunjukkan bahwa sistem operasional *smart parcel box* di semua ukuran paket membutuhkan waktu rata-rata 8-10 detik. Evaluasi menunjukkan perlu dilakukan penambahan bantalan busa pada alas bagian dalam untuk mencegah kerusakan paket saat menggelinding dari pintu masuk. Konsumen dapat dengan mudah membuka dan menutup pintu keluar dengan kunci manual, untuk pengambilan paket. Akrilik bening memenuhi fungsi visibilitas paket yang ada di dalam *box*, sehingga konsumen tidak perlu membuka pintu keluar paket untuk sekedar memeriksa ada tidaknya paket di dalam *box*. Fitur visibilitas paket pada *Safe Drop Box* mendukung temuan Poras dkk. (2026) [7], yang menyatakan bahwa bukti visual pengiriman dapat menyelesaikan sengketa dan meningkatkan kepercayaan pengguna. Semua kriteria dalam evaluasi *Scenario Based Design* (standar, butuh perhatian lebih, darurat) telah terpenuhi dengan hasil "Ya". Pemenuhan kriteria ini menjadikan *Safe Drop Box* pilihan alternatif untuk mengurangi kebutuhan kehadiran pelanggan serta memberikan pengalaman penerimaan paket yang lebih aman dan fleksibel [9]. Penggunaan kombinasi material besi *hollow* dan kayu terbukti mampu mempertahankan biaya produksi dalam batas ekonomis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efektif, andal, dan ramah pengguna, memberikan solusi yang aman dan efisien untuk pengiriman paket LMD [3,7]. Keterbatasan *Safe Drop Box* terletak pada kapasitas penyimpanan yang lebih kecil dan ketiadaan sistem notifikasi otomatis sehingga konsumen perlu memeriksa keberadaan paket secara manual melalui lubang akrilik.

3.4. Perhitungan Biaya

Tahap akhir dalam proses perancangan dengan pendekatan VDI 2221 adalah perhitungan biaya. Tabel 5 berikut menyajikan perhitungan biaya HPP untuk produk *Safe Drop Box*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya yang diperlukan untuk memproduksi adalah Rp.1.177.200.

Tabel 5 Harga pokok penjualan produk *Safe Drop Box*

No.	Nama bahan / Item	Spesifikasi	Kebutuhan	Biaya (Rp)
1.	Besi hollow	6000 x 20 x 20 mm	2 batang	86.000
2.	Kayu pinus	2000 x 20 mm	7 lembar	280.000
3.	Engsel	50 mm	6 pcs	60.000
4.	Gagang pintu	100 x 20 mm	3 pcs	30.000
5.	Ventilasi makanan	80 x 300 mm	1 pcs	19.500
6.	Kunci manual	20 x 94 mm	1 pcs	29.500
7.	Papan informasi akrilik	250 x 60 mm	2 lembar	50.000
8.	Akrilik transparan	200 x 200 mm	1 lembar	35.000
9.	Bantalan alas	400 x 400 mm	1 pcs	35.000
10.	Baut	M4 x 20	36 pcs	14.400
11.	Fisher + baut	M8 x 50	4 pcs	4.800
12.	Pilox 150 ml	Hitam	1 kaleng	18.000
13.	Potong dan las rangka besi	Jasa	-	250.000
14.	Potong dan rakit cover kayu	Jasa	-	150.000
15.	Finishing cover kayu	Jasa	-	150.000
	Total HPP Safe Drop Box			**1.177.200**

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mewujudkan produk *Safe Drop Box* sebagai solusi inovatif untuk permasalahan penerimaan paket mandiri di lingkungan urban, khususnya di Kota Yogyakarta. Produk ini menjawab tantangan LMD dengan mengeliminasi ketergantungan pada kehadiran penerima melalui sistem mekanisme mekanis yang mandiri, di mana mekanisme pintu *one-way entry* terbukti mampu menjawab tantangan keamanan paket dari risiko pencurian dan kerusakan akibat cuaca. Penggabungan metode VDI 2221 dengan *Scenario Based Design* menghasilkan produk yang kuat secara teknis-ekonomis dengan harga pokok produksi (HPP) sebesar Rp1.177.200. Perancangan dengan pendekatan mekanikal ini menjadi alternatif yang lebih ekonomis dibandingkan solusi berbasis IoT yang mendominasi penelitian terdahulu. Dimensi produk 90 cm × 45 cm × 45 cm telah divalidasi sesuai preferensi 59% responden dan mampu mengakomodasi paket barang (volume 100 liter) serta paket makanan-minuman (volume 32 liter) secara bersamaan. Fitur akrilik transparan untuk visibilitas dan celah ventilasi yang mendukung higienitas serta kemudahan pengecekan. Secara keseluruhan, *Safe Drop Box* terbukti menjadi solusi penerimaan paket mandiri yang efektif, aman, dan ekonomis, serta relevan dengan kebutuhan masyarakat urban akan sistem pengiriman yang fleksibel dan andal. Keterbatasan penelitian ini meliputi ruang lingkup uji coba yang terbatas di Kota Yogyakarta serta durasi pengujian fungsional yang belum mencakup ketahanan produk dalam jangka panjang. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan memperluas cakupan uji coba pada wilayah geografis yang lebih beragam dengan karakteristik cuaca berbeda, serta melakukan penambahan sistem alarm mekanis menggunakan pegas atau suara, tanpa menghilangkan nilai ekonomis yang telah menjadi keunggulan utama rancangan ini.

Daftar Pustaka

[1] L. Lesmini, P. Ricardianto, Nofrisel, Y. Tatiana, E. Abdurachman, Determinants of parcel locker adoption in last-mile delivery with emphasis on logistics value, consumer orientation, value co-creation, and green awareness, Jurnal Manajemen Industri dan Logistik (JMIL), 10 (1) (2026) 21-39. http://doi.org/10.30988/jmil.v10i1.1759

[2] S. Liu, A. Malhotra, E. Hassini, A parcel locker sharing system to enhance accessibility and equity, Journal of Transport Geography, 130 (2026). https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2025.104504

[3] C. Soemphol, C. Photong, P. Panmuang, A smart parcel locker system with parcel status and image notifications via LINE application, Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 15 (1) (2026) 161-170. doi: 10.11591/eei.v15i1.10683

[4] E.D. Febriyanti, Alimuddin, H.M. Putra, Rancang bangun penerimaan box paket berbasis Internet of Things (IoT), Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika dan Komputer, 2 (1) (2024) 37-45. doi: 10.29408/jprinter.v2i1.23825

[5] I. Rachmawati, A.S.W. Utama, N. Ruhana, Preferensi pelaku usaha pada e-commerce terhadap layanan last mile delivery, Jurnal Maneksi (Management Ekonomi Dan Akuntansi), 14 (4) (2025) 2411-2429. doi: https://doi.org/10.31959/jm.v14i4. 3633

[6] J. Melinda, I. Pujihastuti, Pengaruh kualitas pelayanan dan pengalaman belanja terhadap keputusan pembelian pada situs belanja online Bukalapak, J. Manifest, 4 (1) (2024) 149-166.

[7] R.O. Poras, A.T. Infantado, C.J.O. Sending, J.M. Vapor, J.T. Vapor, W.D. Amin, Bilinbox: a solar-powered smart home parcel receiver box, 5th MDP Student Conference (MSC), 5 (2) (2026) 1008-1015. doi: https://doi.org/10.35957/mdp-sc.v5i2.15213

[8] C.T. Trung, T.P.T. Xuan, H.T. Than, The impact of last-mile delivery logistics service quality factors on customer loyalty: the case of online shopping in the mekong delta region, International Journal of Business and Society, 26 (2) (2025) 793-805.

[9] W.N.W. Muhamad, A.A. Zulkepli, N.F. Naim, S.S. Sarnin, R.S.S.A. Kadir, M.N.M. Tan, Solar powered smart parcel box system: energy efficient solution for modern deliveries, Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics, 30 (2025) 34-39. doi: 10.5954/ICAROB.2025.OS1-4

[10] M. Meliaresti, Nahry, The externality of parcel locker service, 3rd International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries, IOP Conf. Series: Earth and Environmental

Science, 1000 (2022). doi:10.1088/1755-1315/1000/1/012005
[11] R.D. Handayani, Z. Jamal, L. Rosmalia, M. Alkahfiansyah, R. Herwanto, Smart box package berbasis Internet of Things, Jupiter J. Penelit. Ilmu dan Teknol. Komput., 17 (1) (2025) 769-780.
[12] I.K. Hurida, Husaini, Safriadi, Implementasi Internet of Things pada paket box penerima barang menggunakan barcode reader, JAISE Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering, 2 (2) (2022) 1-9. doi: http://dx.doi.org/10.30811/jaise.v2i2.3877
[13] F. Risha, S.W. Dari, T.A.T. Nasution, Prototype smart packet box cash on delivery menggunakan ESP-32 Cam, Maj. Iptek Politek. Negeri Medan Polimedia, 26 (3) (2023) 1-10.
[14] R. Ahmad, A. Wagyana, P.D. Junianto, Perancangan dan implementasi sistem smart locker dengan face recognition berbasis Internet of Things: penerapan teknologi pengenal wajah dalam sistem smart locker, Spektral, 5 (1) (2024) 239-245.
[15] K. Ismartaya, T.G. Wijaya, R. Purnomo, G.B. Karyadi, Design and manufacture of automatic collet clamping systems for sprocket-cam handling on CNC lathes, Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 18 (2) (2024) 99-112. doi: 10.24853/sintek.18.2.99-112