



MODEL SIMULASI RISIKO KURIR DALAM PENGIRIMAN *CASH ON DELIVERY* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *RE-ATTEMPT DELIVERY* PADA *LAST MILE DELIVERY*

Saskia Marsa Safira¹, Pipit Sari Puspitorini², Rakhmad Wahyudi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit,
Jl. Raya Jabon Km 07, Tambak Rejo, Kec. Mojoanyar, Kota Mojokerto, Jawa Timur 61364
Email: smsafira@unim.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan *e-commerce* mendorong peningkatan aktivitas *Last Mile Delivery*, khususnya pada sistem pembayaran *Cash On Delivery* (COD) yang memiliki tingkat risiko tinggi bagi kurir. Studi ini bertujuan untuk membangun model simulasi guna menganalisis risiko kurir serta mengevaluasi dampak kebijakan *Re-attempt Delivery* dalam pengiriman COD. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan simulasi *System Dynamics*. Data diperoleh melalui observasi dan wawancara selama periode September 2025 hingga Februari 2026. Model dikembangkan menggunakan *Causal Loop Diagram* dan *Stock Flow Diagram*, kemudian disimulasikan dalam dua skenario, yaitu tanpa dan dengan penerapan *Re-attempt Delivery*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan volume pengiriman COD menyebabkan kenaikan jumlah paket bermasalah. Pada skenario tanpa kebijakan, paket bermasalah meningkat signifikan. Sementara itu, penerapan *Re-attempt Delivery* mampu menurunkan jumlah paket bermasalah, dari 9.570 menjadi 6.699 pada awal periode dan dari 20.440 menjadi 14.308 pada akhir periode simulasi. Selain itu, jumlah paket yang berhasil dikirim ulang bisa meningkat secara konsisten.

Kata kunci: *Last Mile Delivery*, *Cash On Delivery*, Risiko Kurir, Simulasi Sistem Dinamis.

ABSTRACT

The growth of *e-commerce* has driven an increase in last-mile delivery activities, particularly in *Cash on Delivery* (COD) systems, which pose a high level of risk to couriers. This study aims to develop a simulation model to analyze courier risks and evaluate the impact of the *Re-attempt Delivery* policy on COD deliveries. The method used is a quantitative approach employing *System Dynamics* simulation. Data was collected through observations and interviews during the period from September 2025 to February 2026. The model was developed using *Causal Loop Diagrams* and *Stock-Flow Diagrams*, then simulated under two scenarios: one without and one with the implementation of the *Re-attempt Delivery* policy. Simulation results indicate that an increase in COD shipment volume leads to a rise in the number of problematic packages. In the scenario without the policy, the number of problematic packages increased significantly. Meanwhile, the implementation of *Re-attempt Delivery* was able to reduce the number of problematic packages, from 9,570 to 6,699 at the beginning of the period and from 20,440 to 14,308 at the end of the simulation period. In addition, the number of packages successfully redelivered increased consistently.

Keywords: *Last Mile Delivery*, *Cash On Delivery*, Courier Risk, System Dynamics Simulation





PENDAHULUAN

Perkembangan pesat perdagangan elektronik (*e-commerce*) dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong peningkatan signifikan dalam aktivitas logistik dan distribusi barang. Salah satu tahapan yang paling krusial dalam rantai distribusi adalah *Last Mile Delivery*. *Last Mile Delivery* merupakan tahap akhir dalam proses pengiriman barang kepada konsumen dan mengalami pertumbuhan signifikan seiring meningkatnya aktivitas belanja online (Puspitorini, Suparno, et al., 2025b) atau era *e-commerce* yang berkembang pesat. Tahap ini mencakup seluruh aktivitas dan proses logistik terakhir, mulai dari titik transit atau gudang distribusi akhir seperti hub regional hingga pengiriman langsung ke lokasi penerima akhir, seperti rumah atau kantor pelanggan. (Firdhausa et al., 2021). Pada tahap ini, interaksi langsung antara kurir dan konsumen menjadi sangat krusial karena berkaitan erat dengan penerimaan barang secara tepat waktu serta metode pembayaran yang dipilih, seperti COD yang populer di Indonesia. Hal ini didukung oleh berbagai riset terkini yang dilakukan oleh Sutandi et al., (2021). Optimasi dalam sistem pengiriman *Last Mile Delivery* diperlukan untuk meningkatkan efisiensi waktu, kualitas layanan, serta kepuasan pelanggan dalam proses distribusi logistik (Puspitorini, Suparno, et al., 2025a)

Di Indonesia, metode pembayaran *Cash On Delivery* (COD) menjadi salah satu pilihan utama konsumen *e-commerce*. Metode ini menawarkan kemudahan bagi mereka yang belum memiliki akses pembayaran digital atau masih ragu dengan transaksi online (Jureid, 2024). Menurut BPS (2025), jumlah pelaku usaha *e-commerce* di 2024 mencapai 4,40 juta unit, naik 15,3% dari tahun sebelumnya. Secara keseluruhan, 42,02% usaha nasional telah menjalankan penjualan online, dengan 99,07% transaksi berfokus pada pasar domestik dan

pengiriman terbanyak ke Pulau Jawa (66,87%). Menurut studi yang dilakukan oleh Simatupang et al., (2023) menyebutkan *Cash On Delivery* tercatat sebagai metode pembayaran paling diminati oleh konsumen muda di Indonesia dalam transaksi *e-commerce*. Hasil studi tersebut mengindikasikan bahwa sekitar 90% responden lebih memilih COD saat berbelanja online, mencerminkan preferensi kuat terhadap pembayaran tunai saat barang tiba. Saat ini di era digital, perusahaan *e-commerce* sangat mengandalkan jasa ekspedisi agar produk sampai ke konsumen secara cepat dan aman. Bisnis jasa pengiriman di Indonesia pun semakin berkembang pesat, menjadikannya elemen krusial dalam rantai pasok *e-commerce* yang kompetitif (Fajar Zidane et al., 2023).

Kurir tidak hanya bertugas mengantarkan barang secara aman dan tepat waktu, tetapi juga memegang peran krusial dalam keberhasilan keseluruhan transaksi karena berfungsi sebagai penghubung langsung antara penjual dan pembeli, termasuk menangani pembayaran COD serta memastikan kepuasan pelanggan (Aqil et al., 2022). Oleh karena itu, dalam praktiknya, pengiriman dengan sistem COD memiliki tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan metode pembayaran non-COD. Masalah umum yang sering muncul meliputi pelanggan tidak berada di lokasi saat pengiriman, penolakan paket akibat perubahan keputusan belanja, ketidaksesuaian alamat, serta keterbatasan kemampuan pembayaran tunai saat barang tiba. Akibatnya, pengiriman sering gagal pada percobaan pertama, yang membebani kurir lebih lanjut (Wiryawan, 2021).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas optimasi *Last Mile Delivery* dan perilaku konsumen dalam penggunaan COD, terdapat beberapa celah penelitian (*research gap*) yang masih belum terjawab secara komprehensif. Pertama, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada efisiensi rute atau



waktu pengiriman, namun belum banyak yang mengkaji secara mendalam dampak ketidakpastian operasional khususnya pada skenario COD terhadap kinerja sistem distribusi secara keseluruhan. Kedua, sebagian besar studi masih bersifat statis atau berbasis optimasi deterministik, sehingga belum mampu menangkap dinamika interaksi antar variabel seperti tingkat kegagalan pengiriman dalam jangka waktu tertentu.

Salah satu metode efektif adalah model simulasi. Melalui simulasi, beragam skenario dapat diuji untuk mengukur pengaruhnya terhadap performa sistem secara keseluruhan, termasuk risiko yang dialami kurir. Simulasi digunakan untuk menguji berbagai skenario kebijakan guna melihat dampaknya terhadap kinerja sistem (Puspitorini, Sholikha, et al., 2025). Model simulasi adalah representasi matematis atau komputerisasi dari sistem nyata yang memungkinkan pengujian berbagai skenario operasional secara virtual untuk memprediksi perilaku sistem tanpa mengganggu proses actual (Purnomo et al., 2022). Dalam konteks ini, pendekatan System Dynamics menjadi relevan karena mampu merepresentasikan hubungan sebab-akibat yang kompleks antar variabel dalam sistem logistik melalui Causal Loop Diagram (CLD) dan stock-flow diagram.

Model simulasi sistem dinamis adalah pendekatan pemodelan yang menggunakan diagram alir kausal (*Causal Loop Diagram/CLD*) dan stock-flow untuk merepresentasikan interaksi kompleks antar variabel dalam sistem logistik secara dinamis sepanjang waktu, sehingga bisa membuat berbagai skenario operasional dan membandingkan dampaknya (Trenggonowari et al., 2020). Dengan demikian, System Dynamics dinilai cocok untuk menganalisis permasalahan Last Mile Delivery berbasis COD yang memiliki karakteristik kompleks, dinamis, dan penuh ketidakpastian.

Penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan mengembangkan model simulasi berbasis System Dynamics untuk menganalisis dampak ketidakpastian dalam pengiriman COD pada Last Mile Delivery. Penelitian ini secara khusus mengkaji pengaruh kebijakan re-attempt delivery terhadap kinerja sistem distribusi, termasuk efisiensi waktu, tingkat keberhasilan pengiriman, dan beban kerja kurir. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan strategis bagi perusahaan logistik dalam merancang kebijakan operasional yang lebih optimal dan adaptif terhadap kondisi lapangan.

METODE PENELITIAN

Studi ini menerapkan pendekatan kuantitatif melalui simulasi system dinamis guna memetakan dinamika risiko kurir pada pengiriman Cash On Delivery (COD) tahap last-mile delivery. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam memodelkan sistem yang kompleks dan dinamis, serta memvisualisasikan keterkaitan kausal antarvariabel dalam sistem. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode triangulasi, yang mengintegrasikan observasi partisipan, wawancara mendalam dengan informan kunci seperti kurir yang pernah melakukan pengiriman paket COD dan admin ekspedisi. Data kualitatif yang diperoleh diolah secara induktif untuk memahami fenomena yang terjadi, mengidentifikasi pola risiko, serta membangun interpretasi yang digunakan sebagai dasar dalam pengembangan model simulasi.

Studi ini dilakukan pada aktivitas pengiriman paket Cash On Delivery (COD) pada layanan last-mile delivery di perusahaan ekspedisi X yang berlokasi di Kecamatan Z. Pengambilan data dilakukan selama periode enam bulan, yaitu dari September 2025 hingga Februari 2026, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam pembangunan model



simulasi. Studi ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu:

1. Identifikasi masalah dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses pengiriman paket *Cash On Delivery* (COD), khususnya terkait risiko yang dialami oleh kurir pada proses pengantaran paket kepada konsumen. Adapun variabel utama yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada faktor-faktor risiko yang memengaruhi keberhasilan pengiriman COD, yaitu:
 - 1) Alamat Fiktif
 - 2) Penolakan Pembayaran,
 - 3) Kehilangan Uang Cod,
 - 4) Ancaman Kekerasan
 - 5) Reputasi Kurir
 - 6) *Re-attempt Delivery* sebagai variabel risiko dan kebijakan yang merepresentasikan upaya pengiriman ulang terhadap paket yang gagal terkirim
2. Pengumpulan data dilakukan langsung kepada kurir yang pernah melakukan pengiriman paket COD. Ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai bentuk-bentuk risiko yang dialami kurir selama proses pengiriman paket kepada konsumen
3. Pengolahan data meliputi analisis pola data, penyusunan *Causal Loop Diagram* (CLD), pembuatan *Stock Flow Diagram* (SFD) dengan software *Anylogic*, perancangan skenario, serta validasi dan verifikasi model
4. Validasi Model dilakukan untuk menguji tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dengan data aktual, sehingga dapat diketahui apakah model yang dikembangkan telah cukup representatif dalam menggambarkan sistem pengiriman Cash On Delivery.
 - 1) Error Mean (E1)

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (1)$$

Keterangan:

S = rata-rata hasil simulasi

A = rata-rata data actual

- 2) Error Variansi

$$E2 = \left| \frac{Ss - Sa}{Sa} \right| \quad (2)$$

Keterangan:

Ss = standar deviasi simulasi

Sa = standar deviasi actual

Setelah model sistem *System Dynamics* selesai dibangun, tahap berikutnya melibatkan perancangan skenario simulasi guna mengobservasi perilaku sistem di bawah kondisi yang berbeda-beda. Studi ini menerapkan dua skenario utama, yaitu Skenario 1 (tanpa *Re-attempt Delivery*) setiap paket COD hanya dikirim satu kali. Jika pengiriman gagal akibat risiko atau kendala pengiriman, maka paket langsung dikategorikan sebagai paket bermasalah dan diretur tanpa pengiriman ulang. Skenario 2 (mempertimbangkan *Re-attempt Delivery*) paket yang gagal kirim tidak langsung diretur, tetapi dilakukan pengiriman ulang hingga batas maksimum percobaan. Jika berhasil, paket tidak masuk kategori bermasalah; jika tetap gagal, maka diproses sebagai retur.

HASIL DAN PEMBAHASAN:

Studi ini menggunakan data yang diperoleh dari perusahaan ekspedisi X pada cabang Kecamatan X. Pada cabang tersebut terdapat 33 kurir yang bertugas melakukan pengiriman paket kepada konsumen, dengan rata-rata pengiriman 30–60 paket COD per kurir setiap hari. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses analisis dan pemodelan sistem

Gambar 1. Causal Loop Diagram

Berdasarkan Causal Loop Diagram (CLD), peningkatan total paket COD tidak hanya meningkatkan jumlah paket bermasalah secara linear, tetapi juga memperkuat hubungan antarvariabel risiko melalui mekanisme reinforcing loop. Semakin tinggi volume pengiriman, semakin besar kemungkinan terjadinya kendala seperti alamat tidak valid, penolakan pembayaran, dan customer tidak responsif. Kondisi ini kemudian meningkatkan jumlah paket bermasalah yang pada akhirnya berdampak pada meningkatnya beban kerja kurir. Beban kerja yang meningkat memicu potensi kelalaian kurir, yang selanjutnya dapat memperburuk reputasi kurir. Penurunan reputasi ini dapat memperbesar kemungkinan konflik dengan pelanggan, termasuk ancaman kekerasan. Dengan demikian, sistem tidak hanya dipengaruhi oleh satu risiko dominan, tetapi oleh interaksi antarvariabel yang saling memperkuat. Adapun identifikasi variabel yang digunakan dalam studi ini berdasarkan diagram causal loop yang telah dibuat dapat dilihat pada tabel berikut.

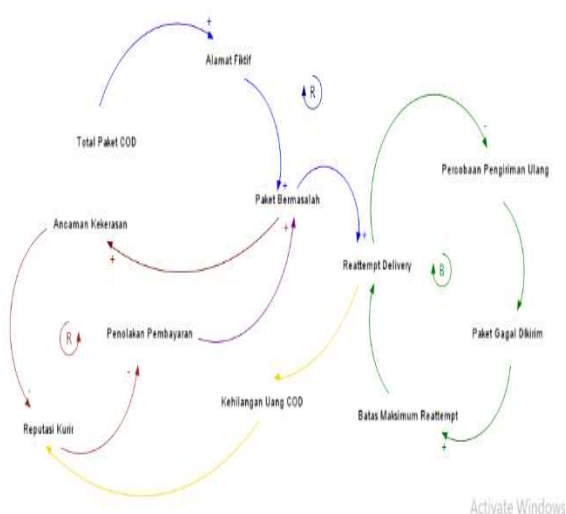
Tabel 2. Variabel Causal Loop Diagram

No	Variabel	Keterangan
1	Total Paket COD	Jumlah paket dengan metode COD
2	Paket Bermasalah	Paket COD yang mengalami kendala
3	Alamat Fiktif	Alamat penerima tidak valid
4	Penolakan Pembayaran	Penerima menolak membayar paket
5	Kehilangan Uang	Kerugian akibat paket COD
6	Ancaman Kekerasan	Risiko ancaman terhadap kurir
7	Reputasi Kurir	Citra atau penilaian terhadap kurir

Tabel 1. Data Paket Cash On Delivery

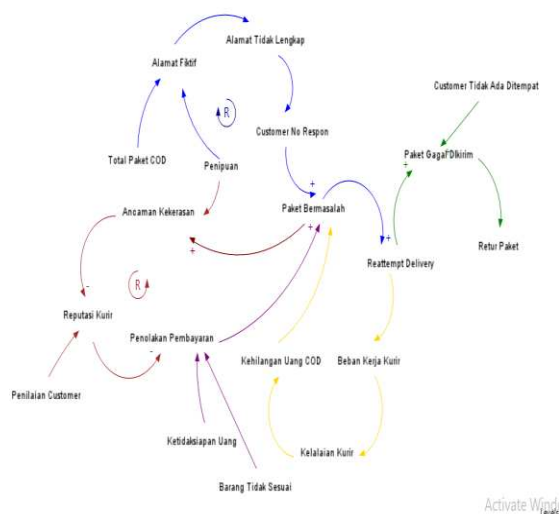
Bulan	Tahun	Rata-rata Paket (Hari)	Total Paket (Bulan)
September	2025	1.030	30.900
Oktober	2025	1.145	34.350
November	2025	1.233	37.000
Desember	2025	1.325	39.750
Januari	2026	1.465	43.950
Februari	2026	1.604	48.130

Data pada Tabel 1 menunjukkan adanya tren peningkatan volume pengiriman COD dari 30.900 paket pada September 2025 menjadi 48.130 paket pada Februari 2026. Peningkatan ini menjadi variabel pendorong utama dalam sistem, karena secara langsung memperbesar eksposur terhadap berbagai risiko operasional. Tahapan selanjutnya adalah menyusun *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel dalam sistem pengiriman paket COD. Adapun hasil adalah sebagai berikut:



8	<i>Re-attempt Delivery</i>	Pengiriman ulang paket
---	----------------------------	------------------------

Dalam simulasi ini digunakan paket perangkat lunak *Anylogic* untuk membangun model *Causal Loop Diagram* dan *Stock and Flow Diagram*. Simulasi dilakukan dengan dua skenario. Pada skenario pertama, model dibuat tanpa mempertimbangkan proses *Re-attempt Delivery*. Tahap awal dalam pemodelan adalah pembuatan *Causal Loop Diagram* untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel yang mempengaruhi permasalahan pengiriman paket COD. Berikut merupakan *Causal Loop Diagram* yang dihasilkan:



Gambar 2. *Causal Loop Diagram* Skenario Pertama

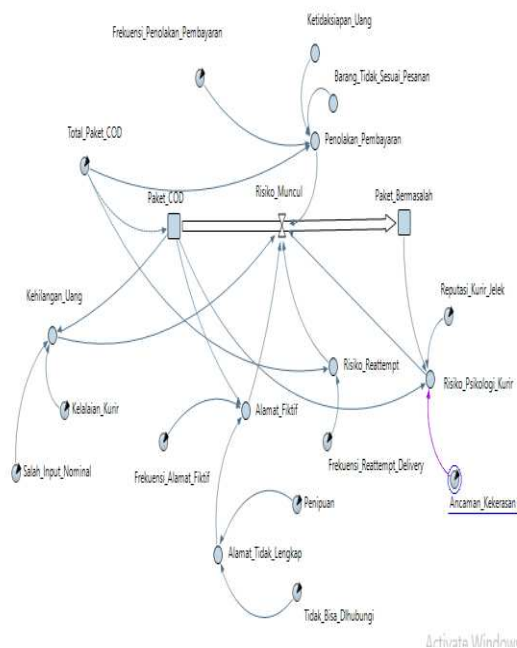
Berdasarkan hasil *Causal Loop Diagram* pada skenario pertama, terdapat penambahan beberapa variabel dalam system, sebagai berikut:

Tabel 3. Variabel *Causal Loop Diagram* Skenario Pertama

No	Variabel	Keterangan
1	Total Paket COD	Jumlah paket dengan metode COD

2	Paket Bermasalah	Paket COD yang mengalami kendala
3	Alamat Fiktif	Alamat penerima tidak valid
4	Alamat Tidak Lengkap	Alamat penerima kurang jelas
5	Penolakan Pembayaran	Penerima menolak membayar paket
6	Ketidaksiapan Uang	Penerima tidak menyiapkan uang COD
7	Customer No Respon	Penerima tidak merespon kurir
8	Barang Tidak Sesuai	Barang tidak sesuai pesanan
9	Retur Paket	Paket dikembalikan ke pengirim
10	<i>Re-attempt Delivery</i>	Pengiriman ulang paket
11	Kehilangan Uang	Kerugian akibat paket COD
12	Ancaman Kekerasan	Risiko ancaman terhadap kurir
13	Beban Kerja Kurir	Jumlah tugas pengiriman kurir
14	Kelalaian Kurir	Kesalahan atau kelalaian kurir
15	Reputasi Kurir	Citra atau penilaian terhadap kurir

Tahap selanjutnya adalah pembuatan *Stock Flow Diagram* skenario 1 yang merupakan pengembangan dari *Causal Loop Diagram*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan pengelompokan variabel ke dalam variabel level, rate, auxiliary, dan parameter untuk menggambarkan hubungan antar variabel dalam sistem secara lebih terstruktur.



Gambar 3. Stock and Flow Diagram Skenario Pertama

Berdasarkan *Stock Flow Diagram* (SFD) pada skenario pertama, terdapat enam risiko utama yang menyebabkan munculnya paket bermasalah dalam proses pengiriman paket COD. Risiko tersebut yaitu alamat fiktif, penolakan pembayaran, kehilangan uang cod, ancaman kekerasan, reputasi, re-attempt. Keenam risiko ini meningkatkan kemungkinan terjadinya paket bermasalah pada proses pengantaran paket COD. Pada skenario pertama ini, sistem masih belum mempertimbangkan adanya proses *Re-attempt Delivery* atau pengiriman ulang. Oleh karena itu, ketika paket mengalami kendala akibat risiko-risiko tersebut, paket langsung dikategorikan sebagai paket bermasalah dan langsung dilakukan retur barang. Dari *Stock Flow Diagram* tersebut menghasilkan hasil simulasi sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Simulasi Skenario Pertama

No	Periode	Total COD	Paket Bermasalah
1	September, 2025	30.900	9.570
2	Oktober, 2025	35.109	10.720
3	November, 2025	40.330	12.160
4	Desember, 2025	40.330	12.790
5	Januari, 2026	45.530	14.310
6	Februari, 2026	45.880	15.060
7	Maret, 2026	46.520	15.960
8	April, 2026	47.180	16.730
9	Mei, 2026	47.950	17.640
10	Juni, 2026	48.720	18.470
11	Juli, 2026	49.610	19.430
12	Agustus, 2026	50.540	20.440

Pada skenario pertama, simulasi dilakukan tanpa mempertimbangkan kebijakan *Re-attempt Delivery*, sehingga paket yang mengalami kendala langsung dikategorikan sebagai paket bermasalah dan diretur ke pengirim. Hasil simulasi pada bulan pertama menunjukkan 30.900 paket, sehingga model dinilai cukup merepresentasikan kondisi sistem aktual. Berdasarkan prediksi selama 12 bulan, jumlah pengiriman COD terus meningkat yang diikuti dengan peningkatan jumlah paket bermasalah, dari 9.570 paket menjadi 20.440 paket. Peningkatan ini tidak hanya disebabkan oleh bertambahnya volume pengiriman, tetapi juga karena tidak adanya mekanisme penyelesaian ulang terhadap paket gagal. Setiap kegagalan pengiriman secara langsung menambah akumulasi paket bermasalah dalam sistem. Tanpa adanya intervensi, kondisi ini membentuk reinforcing loop, dimana peningkatan paket bermasalah akan terus berulang dan terakumulasi dari waktu ke waktu. Dengan demikian, kenaikan jumlah paket bermasalah pada skenario pertama tidak

hanya bersifat linier terhadap volume pengiriman, tetapi juga dipengaruhi oleh tidak adanya mekanisme yang mampu menahan atau mengurangi dampak kegagalan pengiriman dalam sistem.

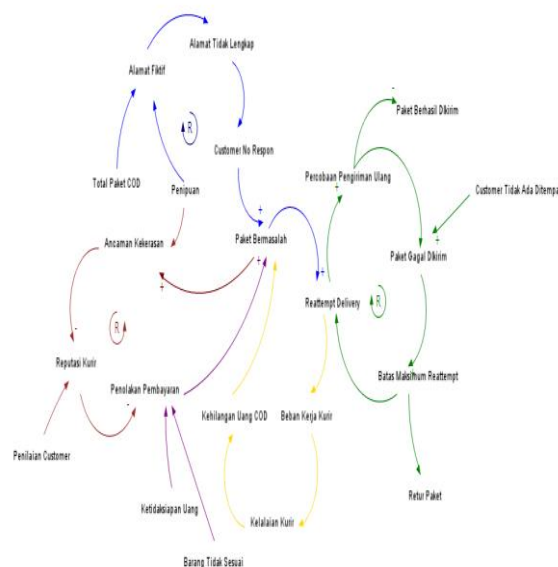
Tabel 5. Prediksi Paket Bermasalah

Total Paket Bermasalah	Risiko					
	1	2	3	4	5	6
9.570	3.254	2.297	287	191	670	2.871
10.720	3.645	2.573	322	214	750	3.216
12.160	4.134	2.918	365	243	851	3.649
12.790	4.349	3.07	384	256	895	3.836
14.310	4.865	3.434	429	286	1.002	4.294
15.060	5.12	3.614	452	301	1.054	4.519
15.960	5.426	3.83	479	319	1.117	4.789
16.730	5.688	4.015	502	335	1.171	5.019
17.640	5.998	4.234	529	353	1.235	5.291
18.470	6.28	4.433	554	369	1.293	5.541
19.430	6.606	4.663	583	389	1.36	5.829
20.440	6.95	4.906	613	409	1.431	6.131

Berdasarkan Tabel 5, risiko yang paling dominan adalah Risiko 1 (alamat fiktif), karena memiliki nilai tertinggi dibandingkan komponen risiko lainnya, dengan peningkatan dari 3.254 menjadi 6.950. Hal ini menunjukkan bahwa alamat fiktif merupakan faktor utama yang paling sering menyebabkan terjadinya permasalahan dalam pengiriman COD. Dominasi risiko ini terjadi karena alamat yang tidak valid secara langsung menghambat proses pengantaran, sehingga paket tidak dapat diselesaikan pada percobaan pertama. Kondisi tersebut kemudian memicu risiko lain, terutama *Re-attempt Delivery* (Risiko 6), serta berkontribusi pada penolakan pembayaran (Risiko 2). Dengan demikian, alamat fiktif tidak hanya berdampak secara langsung, tetapi juga menjadi penyebab munculnya risiko-risiko operasional lainnya. Dapat disimpulkan bahwa

risiko alamat fiktif merupakan faktor paling dominan karena frekuensinya paling tinggi da. Dengan kata lain, jumlah paket bermasalah menjadi faktor pendorong utama dalam peningkatan risiko operasional pada sistem pengiriman COD.

Selanjutnya dilakukan perancangan skenario kedua, yaitu dengan mempertimbangkan penerapan *Re-attempt Delivery* pada proses pengiriman paket COD. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyusun *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel dalam sistem.



Gambar 4. Causal Loop Diagram Skenario Kedua

Pada CLD skenario kedua, hubungan antarvariabel menunjukkan bahwa sistem tidak lagi hanya didominasi oleh reinforcing loop yang meningkatkan jumlah paket bermasalah. Penambahan variabel *Re-attempt Delivery* dan batas maksimum pengiriman ulang membentuk balancing loop yang berperan dalam menekan akumulasi paket bermasalah. Mekanisme ini bekerja dengan memberikan peluang

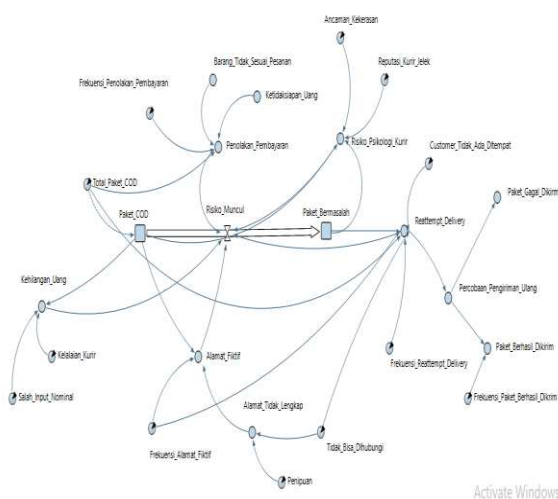


penyelesaian pada paket yang gagal dikirim, sehingga hubungan antarvariabel yang sebelumnya memperkuat peningkatan paket bermasalah menjadi lebih terkendali. Dengan demikian, interaksi variabel pada skenario kedua mampu melemahkan dampak risiko dan mengubah perilaku sistem menjadi lebih stabil.

Tabel 5. Penambahan Variabel Causal Loop Diagram Skenario Kedua

No	Variabel	Keterangan
1	Percobaan Pengiriman Ulang	upaya pengiriman ulang paket COD setelah gagal kirim
2	Batas Maksimum Re-Attempt	Batas maksimal percobaan pengiriman ulang terhadap paket COD yang gagal terkirim

Selanjutnya dilakukan pembuatan *Stock Flow Diagram* untuk skenario kedua yang bertujuan untuk melihat pengaruh kebijakan pembatasan pengiriman ulang terhadap paket COD bermasalah. Berikut adalah *Stock Flow Diagram* pada skenario kedua:



Gambar 5. Stock and Flow Diagram Skenario Kedua

Pada skenario ini terdapat beberapa variabel tambahan, yaitu percobaan pengiriman ulang dan yang digunakan untuk mengatur upaya pengiriman ulang yang dapat dilakukan kurir terhadap paket yang gagal terkirim. Penambahan variabel tersebut bertujuan untuk mensimulasikan kebijakan pembatasan percobaan pengiriman ulang sehingga paket yang melebihi batas percobaan dapat langsung diproses untuk pengembalian.

Tabel 6. Hasil Simulasi Skenario Kedua

No	Periode	Paket Bermasalah	Re-attempt Delivery Berhasil
1	September, 2025	9.570	2.871
2	Oktober, 2025	10.720	3.216
3	November, 2025	12.160	3.648
4	Desember, 2025	12.790	3.837
5	Januari, 2026	14.310	4.293
6	Februari, 2026	15.060	4.518
7	Maret, 2026	15.960	4.788
8	April, 2026	16.730	5.019
9	Mei, 2026	17.640	5.292
10	Juni, 2026	18.470	5.541
11	Juli, 2026	19.430	5.829
12	Agustus, 2026	20.440	6.132

Hasil simulasi pada skenario 2 yang mempertimbangkan adanya *Re-attempt Delivery* menunjukkan bahwa sebagian paket bermasalah masih dapat diselesaikan melalui proses pengiriman ulang. Hal ini terlihat dari jumlah *Re-attempt Delivery* berhasil yang meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah paket bermasalah pada setiap periode simulasi. Pada periode awal, yaitu September 2025 dan terus berlanjut hingga Agustus 2026, dimana paket bermasalah mencapai 20.440 paket dan sebanyak 6.132 paket berhasil dikirim kembali kepada pelanggan.

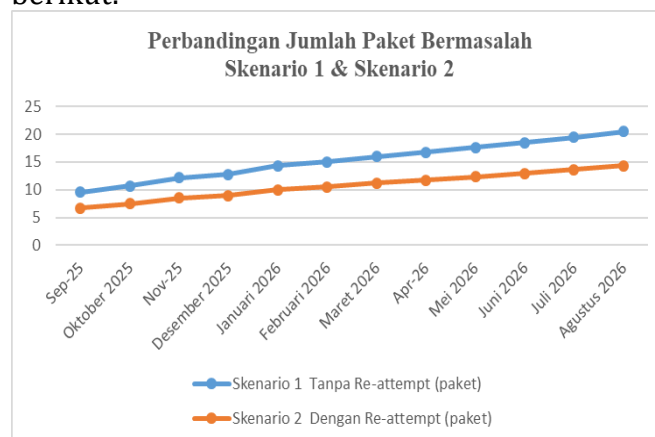
Peningkatan jumlah *Re-attempt Delivery* yang berhasil menunjukkan bahwa mekanisme pengiriman ulang berperan dalam mengurangi dampak paket bermasalah, karena paket yang gagal pada percobaan pertama masih memiliki peluang untuk diselesaikan pada percobaan berikutnya. Namun demikian, efektivitas kebijakan ini juga perlu dilihat dari sisi efisiensi operasional, seperti penggunaan waktu, kapasitas kurir, dan potensi biaya tambahan akibat pengiriman ulang, sehingga implementasinya perlu mempertimbangkan keseimbangan antara tingkat keberhasilan pengiriman dan penggunaan sumber daya.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Paket Bermasalah Skenario 1 dan 2

No	Periode	Hasil Skenario 1	Hasil Skenario 2
1	September, 2025	9.570	6.699
2	Oktober, 2025	10.720	7.504
3	November, 2025	12.160	8.512
4	Desember, 2025	12.790	8.953
5	Januari, 2026	14.310	10.017
6	Februari, 2026	15.060	10.542
7	Maret, 2026	15.960	11.172
8	April, 2026	16.730	11.711
9	Mei, 2026	17.640	12.348
10	Juni, 2026	18.470	12.929
11	Juli, 2026	19.430	13.601
12	Agustus, 2026	20.440	14.308

Berdasarkan tabel perbandingan hasil simulasi antara skenario 1 dan skenario 2, terlihat bahwa kedua skenario sama-sama menunjukkan adanya peningkatan jumlah paket bermasalah pada setiap periode simulasi.

Peningkatan pada kedua hasil skenario tersebut menunjukkan bahwa paket bermasalah dalam pengiriman COD cenderung terus bertambah, yang disebabkan oleh berbagai risiko yang dihadapi kurir dalam proses pengiriman, Kondisi ini menunjukkan bahwa risiko dalam pengiriman COD merupakan permasalahan yang perlu ditangani agar tidak terus meningkatkan jumlah paket bermasalah. Perbedaan hasil juga terlihat cukup jelas antara skenario pertama dan skenario kedua, terlihat adanya perbedaan hasil simulasi yang ditunjukkan melalui grafik perbandingan berikut:



Gambar 6. Grafik Perbandingan Skenario Pertama dan Skenario Kedua

Berdasarkan tabel hasil perbandingan antara skenario pertama dan skenario kedua, terlihat adanya perbedaan hasil simulasi yang signifikan. Nilai pada skenario kedua secara konsisten lebih rendah dibandingkan skenario pertama pada setiap periode. Penerapan *Re-attempt Delivery* terbukti menurunkan jumlah paket bermasalah dan risiko operasional kurir, namun tidak sepenuhnya menghilangkan risiko, melainkan sebagian bersifat menunda atau memindahkan risiko ke percobaan berikutnya. Hasil ini mengindikasikan bahwa mekanisme pengiriman ulang mampu mengurangi risiko yang dihadapi kurir dengan



memberikan peluang penyelesaian pada paket yang sebelumnya gagal dikirim. Namun demikian, penerapan kebijakan ini juga berimplikasi pada peningkatan aktivitas pengiriman ulang, yang berpotensi menambah beban kerja kurir. Oleh karena itu, meskipun terbukti efektif dalam menekan paket bermasalah, implementasi *Re-attempt Delivery* perlu diimbangi dengan pengelolaan kapasitas kerja kurir agar tetap optimal.

Tabel 8. Hasil Validasi Model

Periode	Data Aktual	Hasil Simulasi
September, 2025	30.900	30,90
Oktober, 2025	34.350	35.109
November, 2025	37.000	40.330
Desember, 2025	39.750	40.330
Januari, 2026	43.950	45.530
Februari, 2026	48.130	45.880
Rata-rata	39.013	39.68
Standar Deviasi	6.319	5.856
E1		1.71%
E2		7.33%

Berdasarkan tabel hasil validasi model, diperoleh nilai E1 sebesar 1,71%, dimana nilai tersebut $\leq 5\%$. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan antara rata-rata data aktual dan rata-rata hasil simulasi relatif kecil dan masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Selanjutnya, diperoleh nilai E2 sebesar 7,33%, dimana nilai tersebut juga $\leq 30\%$. Nilai ini menunjukkan bahwa perbedaan variasi data (standar deviasi) antara data aktual dan hasil simulasi masih berada dalam batas yang diperbolehkan.

KESIMPULAN:

Berdasarkan hasil studi, pengiriman paket Cash On Delivery (COD) pada tahap Last Mile Delivery menunjukkan kecenderungan peningkatan paket bermasalah seiring meningkatnya volume pengiriman.

Perbandingan kedua skenario menunjukkan bahwa kebijakan tersebut mampu menurunkan jumlah paket bermasalah dari 9.570 menjadi 6.699 pada awal periode dan dari 20.440 menjadi 14.308 pada akhir periode simulasi. Hasil validasi model menunjukkan nilai E1 sebesar 1,71% dan E2 sebesar 7,33%, sehingga model dinilai cukup representatif. Risiko yang paling dominan adalah alamat fiktif karena memiliki kontribusi terbesar terhadap paket bermasalah dan secara langsung menghambat proses pengantaran. *Re-attempt Delivery* awalnya memang risiko, namun dapat dipertimbangkan karena membantu mengurangi paket bermasalah melalui pengiriman ulang. Penerapan *Re-attempt Delivery* terbukti menurunkan jumlah paket bermasalah dan risiko operasional kurir, namun tidak sepenuhnya menghilangkan risiko, melainkan sebagian bersifat menunda atau memindahkan risiko ke percobaan berikutnya. Selain itu, kebijakan ini berimplikasi pada peningkatan beban kerja, durasi pengiriman, dan potensi biaya operasional. Dengan demikian, meskipun efektif dalam menekan paket bermasalah, penerapan *Re-attempt Delivery* perlu mempertimbangkan keseimbangan antara penurunan risiko dan efisiensi dari sisi waktu, biaya, serta kapasitas kerja kurir.

UCAPAN TERIMA KASIH:

Penulis mengucapkan terima kasih selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses studi dan penulisan artikel ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada pihak kurir dan admin ekspedisi yang telah membantu dalam proses pengumpulan data sehingga studi ini dapat terlaksana dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Aqil, N. A., Putri, C. M., Yunisa, D., Utara, U. S., Utara, U. S., & Utara, U. S. (2022). *Evaluasi Sistem Cash On Delivery Demi Meningkatkan Kepastian Hukum Dalam Perkembangan Transaksi Elektronik di Indonesia Evaluation of Cash On Delivery System For Improving Legal Certainty In The Development of Eletronic In Indonesia*. 2(2), 251–264.
- BPS. (2025). *Statistik E-Commerce 2024*. BPS-Statistic Indonesia.
- Fajar Zidane, M., Purbasari, R., & Ray Rizaldy, M. (2023). Tinjauan Terhadap Metode Pembayaran Cash On Delivery(COD) dalam Pengiriman Paket Pada Ekspedisi Sicepat EkspresMenggunakan Metode User Journey Mapping. *Jurnal Organisasi Dan Manajemen Bisnis Logistik*, 01(01), 19–37.
- Firdhausa, R. M., Baihaqi, I., & Ardiantono, S. (2021). *Evaluasi Kualitas Pelayanan Last-Mile Logistic pada JNE Express*. 10(1).
- Jureid. (2024). Cash On Delivery Sebagai Pengaruh Minat Belanja Online Di E-Commerce. *PROFJES: Profetik Jurnal Ekonomi Syariah*, 03(02).
- Purnomo, C., Dekanawati, V., Astriawati, N., & Syahputra, G. (2022). *Analisis Simulasi Distribusi Logistik Menggunakan Metode Transportasi*. 6(2), 84–90.
- Puspitorini, P. S., Sholikha, N. K., Efendi, I. B., Engineering, I., Program, S., & Majapahit, U. I. (2025). *Agent-Based Simulation Approach For Managing Loss Rate In The Agrosupply Chains Under The Government*. 8, 108–116.
- Puspitorini, P. S., Suparno, & Arvitrida, N. I. (2025a). *Crowd agent Rostering Optimization of Package Delivery Based on Rendezvous Points Clustering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/icts67612.2025.11369527>
- Puspitorini, P. S., Suparno, & Arvitrida, N. I. (2025b). *Crowdsourcing Technology Innovation for Last Mile Delivery Based on Routing Clusters and Flight Ranges Using Simulated Annealing*. *Management Science and Industrial Engineering*, 136–145. <https://doi.org/10.3233/ATDE250526>
- Simatupang, S., Susanti, D., Butarbutar, M., Indajang, K., & Girsang, R. M. (2023). Sistem Pembayaran Cash on Delivery Terhadap Keputusan Pembelian di Shopee. *Edunomika*, 8(1), 109–122. <https://doi.org/10.47435/al-ahkam.v6i1.2653>
- Sutandi, S., Evitha, Y., & Purnaya, I. N. (2021). *Last Mile Delivery Collaboration Proposal to Achieve Delivery Cost Efficiency in E-Commerce*. *Jurnal Logistik Indonesia*, 5(2), 130–137. <https://doi.org/10.31334/logistik.v5i2.1884>
- Trenggonowari, D. L., Imam, S., & Umyati, A. (2020). Pemodelan Sistem Dinamis Dalam Menentukan Supplier Menggunakan Simulasi Powersim. *Journal Industrial Servicess*, 5(2).
- Wiryawan, I. W. G. (2021). Urgensi Perlindungan Kurir Dalam Transaksi E-Commerce Dengan Sistem COD (Cash On Delivery). *Jurnal Ilmu Hukum : Fakultas Hukum & Ilmu Sosial UNDIKNAS*, 4(2), 187–202.