Analisis Dinamik Model Matematika Belanja Online di Shopee dan Tokopedia

Dewi Oktaviana Situmeang[1*], Hamidah Nasution[2]
[1,2] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Coresponding Author: dewisitumeang@mhs.unimed.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi digital mendorong terjadinya perubahan perilaku konsumsi masyarakat, salah satunya adalah meningkatnya kecenderungan belanja online pada platform e-commerce seperti Shopee dan Tokopedia. Perilaku ini, meskipun memberikan kemudahan, juga menimbulkan dampak negatif berupa kecenderungan belanja yang dapat memengaruhi kondisi sosial dan ekonomi individu. Untuk menganalisis dinamika penyebaran perilaku tersebut, penelitian ini memodifikasi model matematika SIR menjadi model $\mathrm{SI_SI_TTR}$ dengan menambahkan variabel treatment. Metode yang digunakan meliputi penentuan titik kesetimbangan bebas belanja online dan endemik, perhitungan bilangan reproduksi dasar, menggunakan metode Next Generation Matrix, serta analisis kestabilan dengan matriks Jacobian dan kriteria Routh-Hurwitz. Simulasi numerik dilakukan dengan metode Runge-Kutta orde 4 menggunakan perangkat lunak matlab untuk menggambarkan dinamika perubahan populasi pada setiap kompartemen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa titik kesetimbangan bebas belanja online dan titik kesetimbangan endemik sama-sama stabil secara lokal, yang berarti perilaku belanja online dapat menyebar namun tetap terkendali dalam populasi. Selain itu, faktor treatmentterbukti efektif menurunkan jumlah individu yang terinfeksi belanja online dan meningkatkan jumlah individu yang pulih, sehingga semakin tinggi laju treatmentmaka semakin kecil kemungkinan perilaku belanja online menjadi endemik. Dengan demikian, treatment dapat dijadikan strategi pengendalian yang tepat dalam upaya meminimalkan dampak negatif belanja online di kalangan masyarakat, khususnya mahasiswa.
Kata kunci: Belanja online, Model SI_SI_TTR, Treatment, Analisis Kesetabilan, Simulasi Numerik.

Abstract

The rapid development of digital technology has significantly changed consumer behavior, particularly the increasing trend of online shopping through e-commerce platforms such as Shopee and Tokopedia. While offering convenience, this behavior also raises negative impacts in the form of shopping addiction that may affect individuals' social and economic conditions. To analyze the dynamics of this phenomenon, this research modifies the SIR mathematical model into the SI_SI_TTR model by adding an treatment compartment as an intervention. The methods employed include determining the disease-free equilibrium and endemic equilibrium points, calculating the basic reproduction number using the Next Generation Matrix method, and conducting stability analysis through the Jacobian matrix and Routh-Hurwitz criteria. Numerical simulations were performed using the fourth-order Runge-Kutta method in MATLAB to illustrate the population dynamics in each compartment. The results show that both the disease-free equilibrium and the endemic equilibrium are locally stable, indicating that online shopping behavior can spread within the population but remains under control. Furthermore, the education intervention is proven to be effective in reducing the number of individuals infected by online shopping and increasing the number of recovered individuals. The higher the education rate, the smaller the possibility of online shopping behavior becoming endemic. Therefore, education can be considered as an appropriate control strategy to minimize the negative impacts of online shopping, particularly among students.
Keywords: Online shopping, SI_SI_TTR model, Treatment, Stability analysis, Numerical simulation.

Citation: Situmeang, D. O., & Nasution, H. (2025). Analisis Dinamik Model Matematika Belanja Online di Shopee dan Tokopedia. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 804 – 812.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat telah membawa dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan masyarakat, salah satunya dalam dunia perdagangan dan konsumsi. *E-commerce* menjadi salah satu inovasi yang mampu merevolusi cara masyarakat berbelanja seperti belanja *online*. Belanja *online* telah menjadi fenomena yang semakin mendominasi di era digital saat ini. *Platform e-commerce* seperti Shopee dan Tokopedia menawarkan berbagai produk yang dapat dibeli dengan hanya beberapa klik, memberikan kemudahan dan kenyamanan yang belum pernah ada sebelumnya. Kemajuan teknologi, akses internet yang luas, dan penggunaan *smartphone* yang meningkat telah mendorong perubahan besar dalam cara masyarakat berbelanja. Menurut (Ummah, 2019), kemudahan akses internet telah melahirkan fenomena online shop yang kini bertransformasi menjadi sebuah alternatif preferensi dalam aktivitas perdagangan. Realitas ini membuktikan bahwa teknologi telah mengukuhkan peran yang fundamental dan signifikan dalam dinamika kehidupan masyarakat.

Dijelaskan bahwa selama pandemi Covid-19, terjadi peningkatan signifikan dalam berbelanja *online*. Survei Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020 menunjukan bahwa 9 dari 10 responden aktif melakukan belanja *online*, dengan 31% mengalami peningkatan frekuensi belanja *online*. Survei *snapcart* juga menunjukan bahwa 65% pelaku belanja *online*

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

adalah perempuan, dengan dominasi usia 15-24 tahun (31%) dan kelompok usia 35-44 tahun (16%). Data ini mengindikasi perubahan pola perilaku konsumtif yang mungkin menimbulkan keresahan, terutama terkait pengeluaran yang tidak terkontrol. Keresahan ini juga tercermin dari pernyataan bahwa konsumerisme dianggap sebagai "penyakit kronis" yang telah mengakar dalam kehidupan sehari-hari (Rochmansyah et al., 2023).

Hal ini menunjukan bahwa jika aktivitas ini terjadi terus menerus dan berkesinambungan maka akan menurunkan tingkat kesejahteraan dan stabilitas masyarakat. Menurut (Ronzani, 2021) seorang dikatakan kecandua belanja *online* bila mengabisakan waktu lebih dari 2-3 jam per hari untuk ativitas belanja online dan menunnjukan gelaja ketergantungan seperti, sulit berhenti meskipun sadar berlebihan, gelisah bila tidak membuka aplikasi, mengabiakan tanggung jawab lain karena belanja, dan menimbun barang yang tidak dibutuhkan. Sedangkan menurut penelitian yang dialakukan oleh (Muhamad Tri Utama, 2022) mengatakan jika menggunakan Shopee rata-rata 30-40 menit per hari dan menggunakan Tokopedia 10-15 menit per hari menunjukan bahwa mahasiswa itu aktif dan terpengaruh. Meskipun dampak negatif yang ditimbulkan tidak cukup besar, tetapi efeknya bisa dirasakan oleh masing-masing individu tentunya. Berbelanja *online* secara terus menerus akan mendorong perilaku konsumtif yang inefisien, dimana pembelian didasarkan pada keinginan (*want*) bukan kebutuhan (*need*). Akar permasalahannya terletak pada lemahnya pengendalian diri, yang pada akhirnya berimplikasi negatif terhadap kesehatan finansial individu (Naitili Adriana et al., 2023).

Platform Shopee sebagai salah satu pemain utama dalam industri *e-commerce* di Asia Tenggara, telah menarik perhatian banyak pengguna dalam promosi besar-besaran, diskon, dan kemudahan akses yang ditawarkan. Menurut data yang dilansir dari CNN Indonesia, aplikasi Shopee merupakan aplikasi *e-commerce* yang paling unggul diantara aplikasi *e-commerce* lainnya, pada pertengahan tahun 2023 Shopee dikunjungi oleh 161 juta pengunjung, kemudian sepanjang tahun 2022 Shopee adalah aplikasi dengan jumlah unduhan terbanyak di *Google Play* dan *Apple Store* serta memiliki pengguna aktif bulanan tertinggi, Shopee adalah *platform* belanja *online* terbaik di Indonesia (Melan Kristian et al., 2024). Selain Shopee, ada juga salah satu *marketplace* yang paling banyak dikunjungi yaitu Tokopedia.Tokopedia merupakan salah satu *marketplace* yang dapat menjadi jawaban bagi pelaku UMKM dalam meningkatkan penjualan (Sakka & Winarso, 2022). Tercatat jumlah pengguna aktif bullan Tokopedia pada September 2020 lebih dari 100 juta pengguna, yang mengalami peningkatan sekitar 10 juta pengguna dibandingkan Januari 2020 (Wulandari & Anwar US, 2021).

Promosi besar-besaran, gratis ongkos kirim, diskon harian, serta kampanye seperti "11.11" dan "12.12" membuat Shopee menjadi *platform favorit* dikalangan masyarakat, khususnya generasi muda. Namun Shopee disini berkomitmen sebagai *platform* yang menggelar promo "tanggal kembar" secara rutin sejak 2019 berhasil menciptakan gejolak antusiasme di kalangan konsumen. *Event* tersebut bahkan mampu mengonversi ketidaktertarikan awal sebagian konsumen terhadap belanja daring menjadi minat yang muncul. Namun, terdapat pula persepsi dari beberapa konsumen bahwa promo ini memiliki pengaruh yang terbatas terhadap proses pengambilan keputusan pembelian mereka. Sementara itu, realitas lain yang muncul adalah potensi peningkatan perilaku konsumtif di tengah masyarakat akibat penawaran tersebut.(Maharani et al., 2022). Tokopedia sendiri selain memberikan promosi dan iklan ada salah satu faktor yang mempengaruhi keputusan konsumen berbelanja di Tokopedia yaitu kualitas layanan. Pada rentang tahun 2015 sampai 2017, Tokopedia berhasil menduduki peringkat ketiga dalam *Top Brand Award*. Data tersebut memperlihatkan tren peningkatan yang berkelanjutan (*continuous improvement*) yang dialami oleh Tokopedia dibandingkan persentase dari pada merek lainnya (Lestari & Widyastuti, 2019). Industri *e-commerce* atau perdagangan elektronik di Indonesia mengalami pertumbuhan yang sangat dinamis. Kondisi ini memicu persaingan yang semakin ketat di antara para pelaku bisnis daring. Oleh sebab itu, penyediaan layanan terbaik menjadi suatu strategi krusial yang diterapkan situs belanja *online* untuk membangun dan mempertahankan kepuasan pelanggan (Halim et al., 2024). Hingga, dari uraian di atas akan dibuat suatu penelitian yang dimana penelitian akan melakukan pemodelan matematika yang dimodifikasi untuk menganalisis dinamika penyebaran belanja *online*.

METODE PENELITIAN

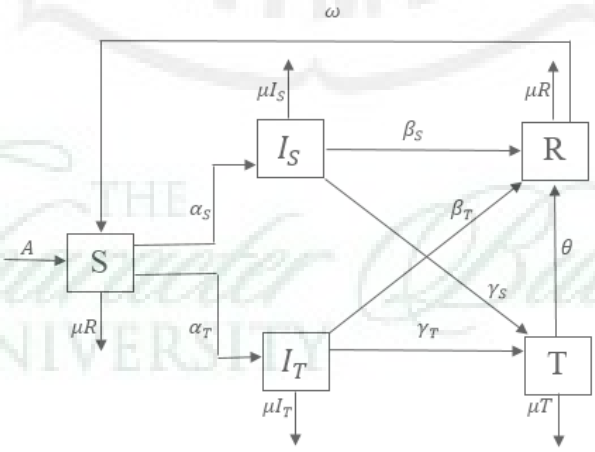
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Matematika, Universitas Negeri Medan, dengan durasi pelaksanaan penelitian selama dua bulan. Jenis penelitian yang digunakan adalah studi literatur atau penelitian kepustakaan. Dalam metode ini, peneliti melakukan eksplorasi dan telaah kritis terhadap sejumlah karya tulis yang relevan dengan tema yang dibahas. Sumber data penelitian diperoleh dari buku referensi, publikasi jurnal, dan dokumen-dokumen lain yang terkait dengan subjek penelitian. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian terapan. Prosesnya dilakukan dengan mengumpulkan literatur terkait pemodelan matematika guna menyusun konsep-konsep yang diperlukan untuk

memecahkan suatu masalah. Data yang dimanfaatkan merupakan data sekunder yang bersumber dari jurnal ilmiah, skripsi, serta laporan yang relevan dengan topik penelitian.

Berdasarkan referensi dari jurnal mengenai dinamika penyebaran, maka prosedur yang akan dilakukan dalam peneilian ini dimulai; (1) mengumpulkan teori-teori pendukung dalam penelitian berupa buku, skripsi, jurnal, dan artikel; (2) erekonstruksi model belanja *online* di Shopee dan Tokopedia menjadi model SI_SI_TTR; (3) menentukan R_0 (bilangan reproduksi dasar) dengan menggunakan metode NGM (N*ext Generation Matrix*); (4) menentukan titik keseimbangan bebas belanja *online* dan endemik dari model SI_SI_TTR; (5) menganalisis kestabilan titik kesetimbangan dilakukan dengan langkah sebagai berikut; (a) melakukan linearisasi pada sistem menggunakan matriks Jacobian; (b) membentuk persamaan karakteristik dari matriks Jacobian dari sistem; (c) menentukan nilai-nilai eigen dengan menggunakan definisi persamaan karakteristik. Nilai-nilai eigen dapat ditentukan dengan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz; (d) menentukan sifat kestabilan berdasarkan nilai eigen; (6) membuat simulasi numerik pada titik kesetimbangan model SI_SI_TTR menggunakan *software* Matlab; dan (7) menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembentukan model matematika dilakukan berdasarkan model dari peneliti terdahulu. Dari penelitian tersebut model matematika belanja *online* kemudian dikembangkan menggunakan prinsip-prinsip dasar dari model SIR. Dimana model sebelumnya terdiri dari (S) individu yang rentan, ($I_S \; dan \; I_T$) individu yang kecanduan atau gemar belanja *online* yang aktif melakukan pembelian karena tertarik oleh promosi, diskon, kemudahan aplikasi, atau ulasan produk yang dilakuan berulang, (R) untuk individu yang berhenti berbelanja online secara alami, dan (R_M) adalah individu yang berhenti karena keterbatasan finansial (uang habis, ingin menghemat dan lain sebagainya). Model ini lah yang nantinya akan dimodifikasi oleh penulis dengan menambahkan satu kompartemen (variabel) *T* (*Treatment*) dimana variabel treatment sendiri ditambahkan agar dapat memberi penjelasan tentang dampak negatif dan pembatasan dalam berbelanja *online* itu sendiri Adapun asumsi-asumsi yang dipakai dalam membangun pendekatan model SI_SI_TTR ini; (1) populasi konstan; (2) individu akan mengalami candu ketika telah berinteraksi dengan individu yang telah kecanduan; (3) ika ada individu yang kecanduan ($I_S \; dan \; I_T$) dapat masuk ke kompartemen (*R*) dengan variabel treatmeant; (4) aju treatment adalah proses linear dan tidak menyebabkan *relaps* atau kembali ke terinfeksi; (5) individu yang kecanduan (belanja *online* ekstrem) menghadapi risiko kematian lebih tinggi dibanding populasi umum, misalnya melalui komplikasi psikologis atau bunuh diri; dan (5) individu yang sudah sembuh bisa kembali lagi pada populasi rentan. Berdasarkan asumsi-asumsi, maka secara skematis skema matematika belanja *online* di Shopee dan Tokopedia dengan variabel treatment sebagai gambar 1.



Gambar 1. Sekma Belanja Online Shopee dan Tokopedia.

Dari Gambar model matematika yang dihasilkan bisa dilihat pada sistem persamaan- persamaan di bawah ini

$$\frac{dS}{dt} = A + \omega - \alpha_S S\frac{I_S}{N} - \alpha_T S\frac{I_T}{N} - \mu S \quad (1)$$

$$\frac{dI_S}{dt} = \alpha_S S\frac{I_S}{N} - \beta_S I_S - \gamma_S I_S - \mu I_S \quad (2)$$

$$\frac{dI_T}{dt} = \alpha_T S\frac{I_T}{N} - \beta_T I_T - \gamma_T I_T - \mu I_T \quad (3)$$

$$\frac{dT}{dt} = \gamma_S I_S + \gamma_T I_T - (\mu + \theta)T \quad (4)$$

$$\frac{dR}{dt} = \beta_S I_S + \beta_T I_T + \theta T - \omega R - \mu R \quad (5)$$

Tabel 1. Variabel dan Parameter Penelitian

Variabel dan Parameter	Keterangan	Syarat
S	Populasi individu yang rentan belanja *online* pada waktu t	$S \geq 0$
I_S	Populasi individu yang kecanduan belanja *online* di aplikasi Shopee	$I_S \geq 0$
I_T	Populasi individu yang kecanduan belanja *online* di aplikasi Tokopedia	$I_T \geq 0$
T	Populasi individu yang yang sedang mendapatkan treatment pada waktu t	$D \geq 0$
R	Populasi yang berhenti belanja di Shopee dan Tokopedia	$R \geq 0$
A	Laju masuknya populasi yang rentan belanja *online*	$\pi > 0$
μ	Laju populasi kematian akibat belanja online	$\mu > 0$
α_S	Laju ketertarikan belanja *online* di Shopee	$\alpha_S > 0$
α_T	Laju ketertarikan belanja *online* di Tokopedia	$\alpha_T > 0$
γ_S	Laju perpindahan dari individu yang candu belanja *online* di Shopee menuju populasi yang akan di treatment	$\gamma_S > 0$
γ_T	Laju perpindahan dari individu yang candu belanja *online* di Tokopedia menuju populasi yang akan di treatment	$\gamma_T > 0$
β_S	Laju populasi yang sembuh dari berbelanja *online* pada aplikasi Shopee karena adanya kontrol diri yang baik	$\beta_S > 0$
β_T	Laju populasi yang sembuh dari berbelanja *online* pada aplikasi Tokopedia karena adanya kontrol diri yang baik	$\beta_T > 0$
θ	Laju perpindahan populasi yang sembuh dari faktor treatment	$\theta > 0$
ω	Laju populasi yang kembali rentan untuk berbelanja *online* pada aplikasi Shopee dan Tokopedia	$\omega > 0$

Titik kesetimbangan endemik merupakan kondisi dimana terjadi penyebaran belanja *online* di dalam populasi sehingga $I_S \neq 0$ dan $I_T \neq 0$ atau $I_S > 0 \; dan \; I_T > 0$. Dengan kata lain didalam populasi selalu terdapat individu terinfeksi. Pada titik kesetimbangan endemik belanja *online* terdapat dua kondisi, dari persamaan 1 untuk $I_S \neq 0$ akan diperoleh persamaan 6, dari persamaan 4 akan diperoleh persamaan 7, dari persamaan 5 akan diperoleh persamaan 8 dan dari persamaan 7 dan persamaan 8 akan diperoleh persamaan 9.

$$S^* = \frac{N(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S} \quad (6)$$

$$T = \frac{\gamma_S I_S^* + \gamma_T I_T^*}{\mu + \theta} \quad (7)$$

$$R = \frac{\beta_S I_S^* + \beta_T I_T^* + \theta T}{\omega + \mu} \quad (8)$$

$$R = \frac{\beta_S I_S^* + \beta_T I_T^* + \theta \left(\frac{\gamma_S I_S + \gamma_T I_T}{\mu + \theta}\right)}{\omega + \mu} \quad (9)$$

$$D^* = \frac{(\gamma_S + k\gamma_T) I_S^*}{\mu + \theta} \quad (10)$$

Kemudian dari persamaan 1 dengan mensubtitusikan S dan R dan memisalkan $k = \frac{I_S}{I_T}$ makan akan diperoleh persamaan 10. Selanjutkan dari persamaan 8 dan persamaan 3dan $I_T = kI_S$ persamaan 1 akan diperoleh

Selanjutnya substitusi persamaan (4.12) ke persamaan (4.11):

$$A + \omega \left(\frac{\left(\left(\beta_S + \frac{\theta\gamma_S}{\mu+\theta} + k\beta_T + \frac{k\theta\gamma_T}{\mu+\theta} \right) I_S \right)}{\omega + \mu} \right) - \left(\beta_S + \gamma_S + \mu + k\frac{\alpha_S(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S} \right) I_S - \frac{\mu N(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S} = 0$$

Didapat untuk I_S adalah:

$$I_S^* = \frac{A - \frac{\mu N(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S}}{\left(\beta_S + \gamma_S + \mu + k\frac{\alpha_S(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S} \right) - \frac{\omega \left(\beta_S + \frac{\theta\gamma_S}{\mu+\theta} + k\beta_T + \frac{k\theta\gamma_T}{\mu+\theta} \right)}{\omega + \mu}}$$

Dari hasil tersebut diketahui dalam keadaan endemik $E_1 = (S^*, I_S^*, I_T^*, T^*, R^*)$ seperti berikut

$$S^* = \frac{N(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S} \quad (11)$$

$$I_S^* = \frac{A - \frac{\mu N(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S}}{\left(\beta_S + \gamma_S + \mu + k\frac{\alpha_S(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{\alpha_S}\right) - \frac{\omega\left(\beta_S + \frac{\theta\gamma_S}{\mu+\theta} + k\beta_T + \frac{k\theta\gamma_T}{\mu+\theta}\right)}{\omega + \mu}} \quad (12)$$

$$I_T^* = kI_S \quad (13)$$

$$T^* = \frac{(\gamma_S + k\gamma_T)I_S}{\mu + \theta} \quad (14)$$

$$R^* = \frac{\left(\beta_S + \frac{\theta\gamma_S}{\mu+\theta} + k\beta_T + \frac{k\theta\gamma_T}{\mu+\theta}\right)I_S}{\omega + \mu} \quad (15)$$

Analisis Titik Kesetimbangan dengan melakukan substitusi titik kesetimbangan endemik belanja *online* di Shopee $E_1 = (S^*, I_S^*, I_T^*, T^*, R^*)$ dengan mensubtitusi persamaan 11 – 15 pada matrisk J.

$$J = \begin{pmatrix} -\frac{\alpha_S I_S^* + \alpha_T k I_S^*}{N} - \mu & -(\beta_S + \gamma_S + \mu) & -\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} & 0 & \omega \\ \frac{\alpha_S I_S^*}{N} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\alpha_T k I_S^*}{N} & 0 & \alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - \beta_S - \gamma_S - \mu & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_S & \gamma_T & -(\mu + \theta) & 0 \\ 0 & \beta_S & \beta_T & \theta & -(\omega + \mu) \end{pmatrix}$$

Selanjutnya dilakukan ekspansi kofaktor untuk mendapatkan persamaan karakteristiknya dengan

$$\det(J - \lambda I) = (-1)^{1+1}.m_{11}.\det(M_{11}) + (-1)^{1+2}.m_{12}\det(M_{12}) + (-1)^{1+3}.m_{13}.\det(M_{13}) + (-1)^{1+4}.m_{14}.\det(M_{14}) + (-1)^{1+5}.m_{15}.\det(M_{15})$$

Sehingga dari hasil ekspansi kofaktor, didapatkan persamaan karakteristik dalam bentuk: $\lambda^5 + A\lambda^4 + B\lambda^3 + C\lambda^2 + D\lambda + E = 0$, dimana:

$$A = \left(\frac{(\alpha_S + \alpha_T k)I_S^*}{N} + \mu\right) + \left(\beta_S + \gamma_S + \mu - \alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S}\right) + (\mu + \theta) + (\omega + \mu)$$

$$B = \frac{(\beta_S + \gamma_S + \mu)\alpha_S I_S^*}{N} + \left(\frac{(\alpha_S + \alpha_T k)I_S^*}{N} + \mu\right)\left(\beta_S + \gamma_S + \mu - \alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S}\right) + \frac{\alpha_T^2 k I_S^*(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{N\alpha_S} + \left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - \beta_S - \gamma_S - \mu\right)(\mu + \theta + \omega + \mu) + (\mu + \theta) + (\omega + \mu)$$

$$C = \frac{(\beta_S + \gamma_S + \mu)\alpha_S I_S^*}{N}\left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - -\beta_S - \gamma_S - \mu + \mu + \theta + \omega + \mu\right) + \left(\frac{(\alpha_S + \alpha_T k)I_S^*}{N} + \mu\right)\left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - \beta_S - \gamma_S - \mu\right)(\mu + \theta + \omega + \mu) + \frac{\alpha_T^2 k I_S^*(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{N\alpha_S}(\mu + \theta + \omega + \mu) - \frac{\omega}{N}(\gamma_S\alpha_S I_S^* + \gamma_T\alpha_T k I_S^*)$$

$$D = \frac{(\beta_S + \gamma_S + \mu)\alpha_S I_S^*}{N}\left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - -\beta_S - \gamma_S - \mu\right)(\mu + \theta + \omega + \mu) + \left(\frac{(\alpha_S + \alpha_T k)I_S^*}{N} + \mu\right)\left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - \beta_S - \gamma_S - \mu\right)(\mu + \theta)(\omega + \mu) + \frac{\alpha_T^2 k I_S^*(\beta_S + \gamma_S + \mu)}{N\alpha_S}(\mu + \theta)(\omega + \mu) - \frac{\omega}{N}\left(\gamma_S\alpha_S I_S^*(\mu + \theta) + \gamma_T\alpha_T k I_S^*(\mu + \theta)\right)$$

$$E = -(\mu + \theta)\frac{(\beta_S + \gamma_S + \mu)\alpha_S I_S^*}{N}(\omega + \mu)\left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - \beta_S - \gamma_S - \mu\right) - \theta\omega\frac{(\gamma_S\alpha_S - \gamma_T\alpha_T k)I_S^*}{N}\left(\alpha_T\frac{\beta_S + \gamma_S + \mu}{\alpha_S} - \beta_S - \gamma_S - \mu\right)$$

Dengan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, untuk Memastikan semua akar memiliki bagian real negatif harus dipenuhi.

Tabel 2. Kriteria Routh-Hurwitz Endemik

Variabel	Koefisien		
λ^5	1	b	d
λ^4	A	c	e

λ^3	$\frac{ab-c}{a}$	$\frac{ad-e}{a}$	0
λ^2	$\frac{(ab-c)c-a(ad-e)}{ab-c}$	e	0
λ^1	$\frac{[(ab-c)c-a(ad-e)]e-(ab-c)^2}{(ab-c)c-a(ad-e)}$	0	0
λ^0	E	0	0

Dapat dilihat bahwa semua syarat untuk kriteria terpenuhi, karena semua nilai pada kolom pertama tabel Routh Hurwitz memiliki tanda yang sama yaitu bernilai positif. Maka dapat disimpulkan bahwa titik kesetimbangan endemik stabil. Bilangan reproduksi dasar dilambangkan R_0 mendefenisikan jumlah rata-rata infeksi sekunder yang disebabkan oleh seorang individu dalam populasi yang sepenuhnya rentan. Angka ini menunjukkan apakah infeksi akan menyebar melalui populasi atau tidak. R_0 dapat dicari dengan mengkonstruksi *The Next Generation Matrix* (NGM) pada kelompok yang terpengaruh ($I_S \; dan \; I_T$) yaitu $\frac{dI_S}{dt} = \alpha_S SI_S - \beta_S I_S - \gamma_S I_S - \mu I_S$dan $\frac{dI_T}{dt} = \alpha_T SI_T - \beta_T I_T - \gamma_T I_T - \mu I_T$. Dari persamaan ini dibentuk vektor transmisi $(\vec{F})$ sebagai laju bertambahnya pengaruh belanja *online* dengan subtitusi $S_0 = \frac{A}{\mu}$: dan vektor transisi $(\vec{\mathrm{V}})$ sebagai laju berkurangnya pengaruh belanja *online*, ditulis sebagi berikut

$$F = \begin{bmatrix} \alpha_S SI_S \\ \alpha_T SI_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial I_S} & \frac{\partial f_1}{\partial I_T} \\ \frac{\partial f_2}{\partial I_S} & \frac{\partial f_2}{\partial I_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_S S_0 & 0 \\ 0 & \alpha_T S_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_S \frac{A}{\mu} & 0 \\ 0 & \alpha_T \frac{A}{\mu} \end{bmatrix}$$

$$\mathrm{V} = \begin{bmatrix} (\beta_S - \gamma_S - \mu)I_S \\ (\beta_T - \gamma_T - \mu)I_T \end{bmatrix}$$

Selanjutnya akan ditentukan hasil dari V^{-1}, dimana didapatkan sebagai berikut:

$$\mathrm{V}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\beta_S + \gamma_S + \mu} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\beta_T + \gamma_T + \mu} \end{bmatrix}$$

Hitung $F\mathrm{V}^{-1}$:

$$F\mathrm{V}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)} \end{bmatrix}$$

Nilai eigen dari matriks *next generation* dapat dicari dengan menggunakan rumus $\det|NGM - \lambda I| = 0$, sehingga diperoleh:

$$|NGM - \lambda I| = \begin{bmatrix} \frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)} \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}$$

$$|NGM - \lambda I| = \begin{bmatrix} \frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)} - \lambda & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)} - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

Kemudian dicari λ yang memenuhi

$$\left(\frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)} - \lambda\right)\left(\frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)} - \lambda\right) = 0$$

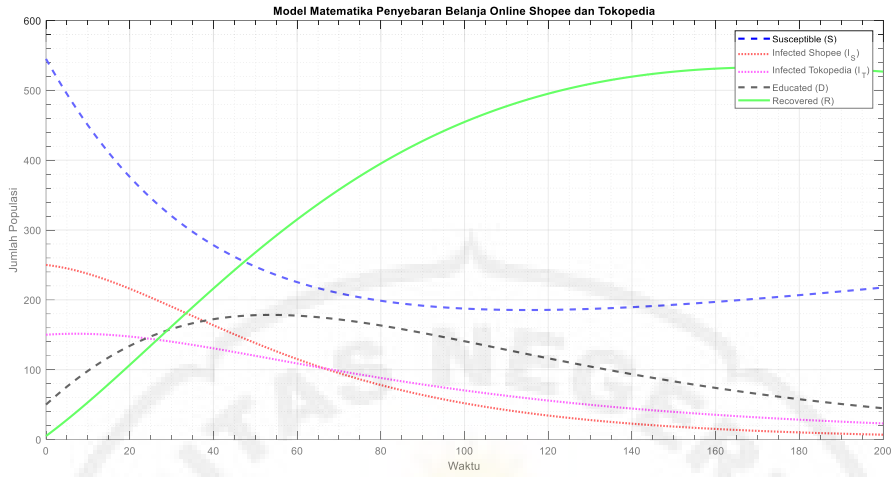
Diperoleh,

$$\lambda_1 = \frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)} \text{ dan } \lambda_2 = \frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)}$$

Jadi, R_0 dari model yaitu:

$$R_0 = \left(\frac{\alpha_S A}{\mu(\beta_S + \gamma_S + \mu)}, \frac{\alpha_T A}{\mu(\beta_T + \gamma_T + \mu)}\right)$$

Berikut Simulasi dari Model



Gambar 2. Hasil Simulasi Model

Berdasarkan simulasi model SI_SI_TTR dengan treatment, penyebaran belanja *online* pada *platform* Shopee dan Tokopedia, dapat diinterpretasikan bahwa dinamika populasi menunjukkan siklus yang menarik dimana populasi rentan (S) mengalami penurunan signifikan di awal periode akibat tingginya laju paparan dan adopsi belanja *online*, sebelum akhirnya stabil pada level tertentu seiring berkurangnya tekanan infeksi, populasi kecanduan Shopee (I_S) dan Tokopedia (I_S) sama-sama menunjukkan pola klasik wabah dengan peningkatan pesat yang mencapai puncak sebelum akhirnya menurun secara bertahap berkat efektivitas mekanisme kontrol diri dan program treatment yang berhasil mengalihkan individu terinfeksi ke variabel *treatment* (T), populasi *treatment* sendiri awalnya mengalami kenaikan sebagai dampak langsung dari intervensi aktif terhadap pengguna terinfeksi, namun kemudian menunjukkan penurunan yang justru mengindikasikan keberhasilan program dimana sebagian besar individu telah menyelesaikan proses treatment dan bermigrasi ke kompartemen *recovered* (R), sementara populasi *recovered* menunjukkan tren pertumbuhan yang stabil, mantap, dan berkelanjutan, mencerminkan proses pemulihan yang permanen dengan tingkat kekambuhan sangat rendah akibat kekuatan fondasi treatment yang diterima, yang kesemuanya terjadi dalam konteks nilai R_0 yang menunjukkan bahwa meskipun secara inherent penyebaran belanja *online* bersifat endemik ($R_0 > 1$) treatment yang konsisten dan terstruktur terbukti efektif dalam meredam gelombang infeksi serta membangun kekebalan populasi terhadap perilaku belanja *online* kompulsif dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Dari hasil pengembangan model dengan menambahkan faktor treatmentyang menggambarkan penyebaran belanja *online* di shopee dan Tokopedia, dihasilkan model SI_SI_TTR(*Susceptible, Infected* Shopee*, Infected* Tokopedia*, Treatment,* dan *Recovered)* yang merupakan persamaan diferensial nonlinear 5 variabel. Model ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proses penyebaran belanja *online* serta bagaimana treatment dapat berfungsi sebagai salah satu upaya pengendalian. Berdasarkan analisis kestabilan, didapat bahwa kestabilan bebas belanja *online* bersifat stabil asimtotik lokal, yang mengidentifikasi bahwa sistem akan secara bertahap menuju keadaan bebas belanja *online* yang stabil seiring waktu, yang sama hal nya dengan kestabilan endemik belanja *online* yang mengindikasikan bahwa sistem akan secara bertahap menuju keadaan endemik yang stabil seiring waktu. Hal ini menunjukan bahwa belanja *online* akan tetap ada dalam populasi dalam jumlah waktu tertentu, meskipun terdapat upaya intervensi seperti dilakukannya treatment, sehingga strategi pengendalian jangka panjang tetap diperlukan untuk menekan angka kecanduan secara berkelanjutan. Hasil simulasi yang dilakukan menggunakan MATLAB menampilkan berbagai bentuk grafik yang dapat disimpulkan, bahwa laju treatment terbukti sangat efektif dalam mengendalikan dinamika penyebaran belanja *online* di Shopee dan Tokopedia. Dengan adanya faktor treatment, populasi candu (I_S dan I_T) turun drastis, sementara populasi yang pulih (R) meningkat signifikan. Faktor treatment berhasil menjangkau banyak individu sebelum akhirnya mereka berpindah ke kategori pulih. Sebaliknya, tanpa treatment, dinamika penyebaran menunjukkan kondisi yang sangat berbeda, penurunan populasi kecanduan berjalan sangat lambat, populasi rentan (S) melonjak pesat, dan proses pemulihan hampir tidak efektif. Simulasi dengan peningkatan intensitas treatment memberikan hasil yang lebih optimal, hampir menghilangkan kecanduan dan memaksimalkan pemulihan.

DAFTAR PUSTAKA

Alamin, Z., Missouri, R., Sutriawan, S., Fathir, F., & Khairunnas, K. (2023). Perkembangan E-commerce: Analisis Dominasi Shopee sebagai Primadona Marketplace di Indonesia. *J-ESA (Jurnal Ekonomi Syariah)*, *6*(2), 120–131. https://doi.org/10.52266/jesa.v6i2.2484

Alemneh, H. T., & Alemu, N. Y. (2021). Mathematical modeling with optimal control analysis of social media addiction. *Infectious Disease Modelling*, *6*, 405–419. https://doi.org/10.1016/j.idm.2021.01.011

Febrianti, T., & Harahap, E. (2021). Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear. *Jurnal Matematika*, *20*(1), 1–7.

Finizio, N., & Ladas, G. (1982). Introduction to Differential Equations. In *Elementary Differential Equations with Linear Algebra*. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-573945-0.50004-7

Gotama, G., & Rindrayani, S. R. (2022). Pengaruh Literasi Digital Dan Literasi Ekonomi Terhadap Perilaku Pembelian Impulsif Melalui Online Shop Pada Mahasiswa Progam Studi Pendidikan Ekonomi Universitas Bhinneka Pgri Tulungagung. *Jurnal Economina*, *1*(4), 690–701. https://doi.org/10.55681/economina.v1i4.69

Halim, S. F., Doloksaribu, W. S. A., Lienedy, C., & Sudirman, A. (2024). Analisis Faktor - Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Keputusan Pembelian Konsumen E-Commerce Tokopedia Pada Mahasiswa Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Prima Indonesia. *Journal of Economic, Bussines and Accounting (COSTING)*, *7*(3), 4536–4542. https://doi.org/10.31539/costing.v7i3.7721

Indah, A. P., & Maulana, D. A. (2022). Model Dinamika Kecanduan Media Sosial : Studi Kasus Kecanduan Tiktok Pada Mahasiswa Fmipa Unesa. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, *10*(1), 131–139. https://doi.org/10.26740/mathunesa.v10n1.p131-139

Kaya', K., Darmawati, & Ekawati, D. (2021). Model Matematika Pada Penyakit Diabetes Melitus Dengan Faktor Genetik Dan Faktor Sosial. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, *3*(1), 23–30. https://doi.org/10.31605/jomta.v3i1.1366

Kuperczko, D., Kenyeres, P., Darnai, G., Kovacs, N., & Janszky, J. (2022). Sudden gamer death: non-violent death cases linked to playing video games. *BMC Psychiatry*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/s12888-022-04373-5

Lestari, I. T., & Widyastuti, W. (2019). Pengaruh Kepercayaan Dan Kemudahan Terhadap Keputusan Belanja Online (Studi Pada Pengguna Tokopedia). *Jurnal Ilmu Manajemen*, *7*, 1–2.

Maharani, T. R., Alif Dartanala, M., Maharani, A. D., Aisatou, H., & Jallow, R. (2022). Keputusan Pembelian Pada Promo Tanggal Kembar Platform E-Commerce Shopee. *Universitas Negeri Surabaya 2022 |*, *01*, 674–684.

Mathews, J. H., & Fink, K. D. (2002). *Numerical Methods Using MATLAB*. Pearson prentice hall.

Melan Kristian, G., Delvi, Y., Aang, N., & Bagus, Y. (2024). Pemodelan matematika kecanduan masyarakat terhadap perilaku belanja online di shopee. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika*, *08*(02), 168–177.

Mufidah, A., & Savitri, D. (2023). Analisis Kestabilan Model Mangsa Pemangsa Dengan Makanan Tambahan Pada Pemangsa Menggunakan Fungsi Respon Holling Tipe Iv. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, *7*(1), 80–94. https://doi.org/10.26740/jram.v7n1.p80-94

Muhamad Tri Utama, A. (2022). *Analisis Dinamik Model Matematika Belanja online* (Vol. 9). Universitas Nusa Cendana.

Mustajibah, T. (2021). Dinamika E-Commerce Di Indonesia Tahun 1999-2015. *E-Journal Pendidikan Sejarah*, *10*(3), 3–11.

Naitili Adriana, Fremgky Obe Leonardus, & Naikteas Bano Eelinora. (2023). Pemodelan Matematika dan Simulasi Kecanduan Berbelanja Online pada Aplikasi Shopee Tipe SEIR. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, *6*(2), 1–4. https://doi.org/10.32938/slk.v6i2.2408

Ndii, M. Z. (2020). PEMODELAN MATEMATIKA DINAMIKA POPULASI DAN PENYEBARAN PENYAKIT. *Jurnal Deepublish*, *7*(2).

Prastiwi, I. E., & Fitria, T. N. (2020). Budaya Hedonisme dan Konsumtif dalam Berbelanja Online Ditinjau dari Perpektif Ekonomi Syariah. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, *6*(3), 731. https://doi.org/10.29040/jiei.v6i3.1486

Puspita, L., & Arnellis, A. (2023). Model Matematika Penyebaran Online Compulsive Buying Disorder. *Journal of Mathematics UNP*, *8*(2), 62. https://doi.org/10.24036/unpjomath.v8i2.14338

Rochmansyah, E., Putri, D., Ikrom, M., & Sopiyan, W. (2023). *621-Article Text-1052-1-10-20230913*. *3*(1), 11–28.

Rohmah, F. T., Silviahana, F., Titasyfa, A., Ibrahim, Z., & Hidayat, W. (2024). The Influence of Lifestyle and Consumptive Behavior on Online Shopping on Teenagers. *Jiic: Jurnal Intelek Insan Cendikia*, *1*(4), 1199–1210. https://jicnusantara.com/index.php/jiic/article/view/619

Ronzani, T. M. (2021). Mental Health and Addiction: New Times and Challenges. *International Journal of Mental Health and Addiction*, *19*(3), 595–597. https://doi.org/10.1007/s11469-021-00537-8

Sakka, U. F., & Winarso, B. S. (2022). Pengaruh Promosi dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Pada Marketplace Tokopedia dengan Kepercayaan Sebagai Variabel Mediasi. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, *11 no 2*(2654-5837), 489–492. https://stiemuttaqien.ac.id/ojs/index.php/OJS/article/view/937

Sthapen L, C., Haberman, & Richard. (2011). *Introduction to Differential Equations with Dynamical Systems*.

Supriadi, N. (2017). Pemodelan Matematika Premi Tunggal Bersih Asuransi Unit Link Syariah. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*, *8*(2), 165. https://doi.org/10.24042/ajpm.v8i2.1883

Ummah, M. S. (2019). Fenomena Perilaku Belanja Online Sebagai Alternatif Pilihan Konsumsi Di Kalangan Mahasiswa Universitas Universitas Negeri Surabaya. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(1), 1–14.

Wulandari, A., & Anwar US, K. (2021). Analisis Manajemen Pemasaran Pada Aplikasi Shopee Dan Tokopedia. *Transekonomika: Akuntansi, Bisnis Dan Keuangan*, *1*(3), 295–301. https://doi.org/10.55047/transekonomika.v1i3.49