

ANALISIS KESTABILAN MODEL MATEMATIKA KECANDUAN BELANJA ONLINE PADA MASYARAKAT INDONESIA

Mochamad Naufal Mubarok

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

*e-mail : mochamad.19052@mhs.unesa.ac.id

Dimas Avian Maulana

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : dimasmaulana@unesa.ac.id*

Abstrak

Penggunaan Perkembangan teknologi digital telah mengubah perilaku konsumsi masyarakat secara drastis, termasuk meningkatnya intensitas belanja online yang mengarah pada potensi kecanduan. Penelitian ini membangun model matematika berbasis SEAR (*Susceptible, Exposed, Addicted, Recovered*) untuk menganalisis dinamika kecanduan belanja online pada masyarakat Indonesia usia 18 tahun ke atas. Model dikembangkan melalui pendekatan sistem persamaan diferensial nonlinier dengan estimasi parameter berdasarkan data survei dan literatur. Nilai bilangan reproduksi dasar R_0 dihitung menggunakan metode *Next Generation Matrix* (NGM) untuk menentukan titik kesetimbangan dan kestabilan sistem. Hasil analisis menunjukkan dua titik kesetimbangan: bebas kecanduan (stabil saat $R_0 < 1$) dan endemik (stabil saat $R_0 > 1$). Dalam kondisi awal simulasi, diperoleh nilai $R_0 = 2,2$ yang menunjukkan bahwa kecanduan berpotensi menyebar secara endemik. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa parameter sensitif seperti banyaknya individu rekrutmen yang berusia mulai dari 18 tahun dan mengakses internet (π), Laju individu yang mempunyai akun di *e-commerce* (β), dan Laju individu sembuh dari kecanduan belanja online (σ) memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai R_0 . Melalui simulasi numerik dengan berbagai asumsi parameter, diperoleh bahwa perubahan nilai parameter-parameter tersebut dapat menurunkan nilai R_0 dan mendorong sistem menuju titik kestabilan bebas kecanduan.

Kata Kunci: model matematika, kecanduan belanja online, bilangan reproduksi dasar, kestabilan titik kesetimbangan, analisis sensitivitas, SEAR.

Abstract

The advancement of digital technology has drastically transformed consumer behavior, including the increasing intensity of online shopping, which may lead to potential addiction. This study develops a mathematical model based on the SEAR framework (*Susceptible, Exposed, Addicted, Recovered*) to analyze the dynamics of online shopping addiction among Indonesian individuals aged 18 and above. The model is constructed using a nonlinear differential equation system, with parameter estimations derived from survey data and relevant literature. The basic reproduction number R_0 is calculated using the *Next Generation Matrix* (NGM) method to determine the system's equilibrium points and their stability. The analysis reveals two equilibrium points: addiction-free (stable when $R_0 < 1$) and endemic (stable when $R_0 > 1$). Under initial simulation conditions, the calculated value $R_0 = 2,2$ indicating a strong potential for the addiction to become endemic. Sensitivity analysis shows that several parameters – such as the number of recruited individuals aged 18 and above with internet access (π), the rate of individuals who have *e-commerce* accounts (β), and the recovery rate from shopping addiction (σ) – significantly influence the value of R_0 . Numerical simulations under various parameter assumptions indicate that modifying these parameters can reduce R_0 and steer the system toward an addiction-free equilibrium.

Keywords: mathematical modeling, online shopping addiction, basic reproduction number, equilibrium stability, sensitivity analysis, SEAR model.

PENDAHULUAN

Sebelum adanya internet, kegiatan perekonomian dijalankan secara tradisional dengan bertatap muka. Pembeli dapat melihat langsung barang yang akan dibeli, sementara para pedagang membuat strategi pemasaran seperti membagi

brosur di jalan, berteriak menawarkan dagangan, memberikan berbagai penawaran yang menarik bagi para pembeli, dan hal lain yang dapat membuat pelanggan tertarik. Dengan adanya internet terciptalah teknologi perdagangan yang membuat berdagang menjadi lebih mudah melalui media sosial dan aplikasi pada *smartphone*. Media sosial

adalah penghubung antara pembeli dengan penjual secara tidak langsung menggunakan berbagai foto dan video yang menampilkan produk yang ditawarkan (Barodi, 2022). Beberapa tahun terakhir, masyarakat Indonesia lebih menyukai belanja *online* melalui berbagai *e-commerce*.

Perdagangan elektronik atau *e-commerce* adalah perusahaan yang berkolaborasi dengan beberapa relasi bisnis yang menjual barang dan jasa pelayanan pelanggan menggunakan internet berbasis elektronik dengan sistem *Information and communication* (ICT) untuk mempermudah transaksi antara penjual dan pembeli (Prasetya et al., 2023). Masyarakat lebih memilih belanja *online* melalui *e-commerce* karena mudah dan cepat dalam menemukan barang yang diinginkan serta pembayaran yang digunakan juga beragam tidak hanya itu produk yang ditawarkan memiliki harga yang relatif lebih murah daripada membeli di toko *offline*.

Penggunaan internet saat ini akan berpengaruh terhadap penyebaran berbagai informasi dan dapat berperan dalam peningkatan gaya hidup. Berdasarkan data yang diambil dari apji.or.id, (2022) penggunaan internet di Indonesia meningkat sebesar 73, 70% dari tahun 2019-2020, Indonesia menempati urutan ke-8 dari seluruh dunia untuk penggunaan internet. Peningkatan secara drastis pengguna internet di Indonesia pada tahun 2019, mengakibatkan pula penggunaan *e-commerce* yang meningkat. Dari data kominfo.go.id, (2019) nilai pertumbuhan *e-commerce* di Indonesia mencapai angka 78% berada di peringkat pertama di seluruh dunia. Peningkatan *e-commerce* sejalan dengan peningkatan masyarakat Indonesia yang berbelanja secara *online*.

Kegiatan belanja *online* dapat dilakukan oleh berbagai kalangan. Berdasarkan data dari BMI research menyatakan ada beberapa kelompok yang sering melakukan belanja *online*, kelompok pertama berada pada usia 24-30 tahun yang sering berbelanja *online* dengan presentase 33% kelompok ini merupakan kelompok pekerja pemula dengan penghasilan yang akan terus meningkat, kelompok yang kedua berada pada usia 18-23 tahun sebanyak 28% melakukan belanja *online* kelompok ini terdiri dari para murid SMA dan mahasiswa, kelompok yang terakhir berada pada usia tertua dengan rentan usia antara 41-45 tahun yang paling jarang melakukan belanja *online* persentasenya hanya 8%. Hal ini menunjukkan partisipasi generasi muda dalam melakukan belanja secara *online*, dengan berbagai fasilitas yang disediakan seperti penghematan biaya karena harga lebih terjangkau, pengiriman barang langsung ke rumah tanpa perlu pergi ke toko, pembayaran secara digital, dan pilihan

toko yang beragam. Perubahan gaya hidup ini memungkinkan masyarakat untuk belanja tanpa perlu pergi ke pasar atau mall tanpa menunggu waktu senggang atau liburan (Nisa et al., 2020).

Belanja *online* ini dinilai lebih praktis dan cepat di kalangan generasi muda untuk membeli barang seperti sepatu, tas, topi, makanan, alat elektronik, pakaian, dan lainnya. Pernyataan dari Kurniawan (2017) menyatakan bahwa pembelian barang dan jasa yang dipakai untuk memenuhi kebutuhan konsumen disebut dengan kegiatan konsumsi. Perilaku berbelanja generasi muda yang membeli barang dengan mengedepankan keinginan daripada kebutuhan, perilaku ini didasari oleh kepraktisan untuk berbelanja *online* dikarenakan hal tersebut generasi muda lupa akan kontrol diri untuk tidak membeli barang secara berlebihan atau boros, tidak lagi fokus pada seberapa penting produk yang dibeli. Perilaku tersebut menunjukkan adanya potensi kecanduan belanja *online* (Kurniawan, 2017).

Kecanduan belanja *online* adalah kondisi di mana seseorang merasa tidak dapat mengendalikan keinginannya untuk berbelanja secara *online*, sehingga dapat berdampak buruk pada kehidupan pribadinya. Hal ini seringkali terjadi karena kemudahan yang ditawarkan oleh platform belanja *online*, seperti mudahnya mencari produk, melakukan transaksi, dan pengiriman cepat (Sharif & Khanekharab, 2017).

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan seseorang mengalami kecanduan belanja *online* Azizah & Aswad (2022) antara lain : kemudahan dan kenyamanan saat belanja *online*, promosi dan diskon yang diberikan di *e-commerce*, akses ke produk yang tidak tersedia di toko fisik, serta harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan toko fisik. Gaya hidup juga dapat mempengaruhi pengambilan keputusan seseorang untuk menggunakan barang dan jasa, sehingga jika seseorang terlalu meninggikan gaya hidup, akan terjadi penggunaan barang dan jasa secara berlebihan yang berbanding lurus dengan keinginan.

Berdasarkan fenomena sosial tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai perilaku kecanduan terhadap kecanduan belanja *online* dengan menggunakan pendekatan pemodelan matematika. Selain digunakan untuk memodelkan penyebaran penyakit menular di bidang kesehatan, model epidemiologi ini juga dapat diterapkan untuk memodelkan fenomena sosial, salah satunya adalah prevalensi kecanduan terhadap belanja *online*.

Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan pemodelan terhadap penyebaran perilaku adiktif, dan penulis ingin melanjutkan penelitian tersebut dengan fokus pada kecanduan belanja *online*. Seperti

penelitian yang dilakukan oleh Suratna dkk. (2023), mereka melakukan penelitian tentang analisis model SEIRS terhadap kecanduan gadget pada anak usia dini dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde 5. Hasil penelitian mereka memberikan wawasan mengenai dinamika penyebaran kecanduan gadget pada anak usia dini menggunakan metode Runge-Kutta orde 5 dengan melibatkan 50 individu dan percobaan berlangsung selama 3 bulan. Setiap bulan, data baru diambil dari individu yang sama. Hasil percobaan membuktikan terjadinya kenaikan dan penurunan setiap bulannya, dan metode Runge-Kutta orde 5 ini menghasilkan galat yang mendekati 0, menunjukkan bahwa metode ini efektif.

Penelitian yang ditulis oleh Agus dkk. (2020) membahas model epidemi SIR dalam konteks kecanduan permainan mobile pada mahasiswa. Penelitian ini memberikan wawasan mengenai dinamika penyebaran kecanduan permainan mobile games dengan mengumpulkan data dari mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Sulawesi Barat. Dalam penelitian ini, mereka menggunakan model epidemi SIR dengan tingkat kesembuhan α . Hasil pembahasan menunjukkan bahwa terdapat suatu titik keseimbangan yang stabil di mana individu yang terinfeksi akan sembuh dan individu yang sembuh tidak akan kembali terinfeksi. Oleh karena itu, seiring berjalannya waktu, kecanduan permainan mobile games pada mahasiswa akan hilang secara total.

Penelitian tentang model epidemi SIEDR kecanduan drama Korea yang ditulis oleh Fadhilah dkk (2022) memberikan wawasan mengenai dinamika penyebaran perilaku fanatik terhadap drama Korea. Populasi yang didefinisikan dalam penelitian ini adalah individu yang berusia di atas 12 tahun dan aktif menonton drama Korea. Kecanduan drama Korea diidentifikasi melalui frekuensi menonton drama Korea dan jumlah episode yang telah ditonton. Dalam penelitiannya, Nurul Fadhila menggunakan model SEIDR. Ia berasumsi bahwa beberapa individu telah menerima treatment yang diberikan, sehingga parameter-parameter yang relevan telah ditemukan. Dengan menggunakan simulasi, didapatkan hasil penambahan individu yang telah sembuh dikarenakan adanya faktor edukasi treatment serta penonton pemula dan penonton aktif yang sembuh secara alami. Penelitian yang dilakukan oleh Side dkk. (2020), mereka melakukan penelitian tentang model matematika SIR sebagai solusi kecanduan media sosial. dalam penelitian ini mereka memberikan wawasan dinamika penyebaran kecanduan penggunaan media sosial dan solusi untuk

mengatasi kecanduan media sosial dengan memberikan rekomendasi yang tepat untuk mahasiswa yang terinfeksi. Menggunakan metode sier didapatkan model matematika yang disimulasi menggunakan aplikasi maple didapatkan hasil jika penyebaran media sosial akan berkurang seiring berjalannya waktu dikarenakan mahasiswa mempunyai kontrol diri yang tinggi.

Berdasarkan hal tersebut fenomena kecanduan belanja *online* merupakan masalah kesehatan mental menurut Jannah dkk. (2021) model matematika epidemiologi merupakan model matematika suatu alat yang dapat berperan dalam mempelajari penyebaran penyakit dikarenakan hal itu penulis ingin menjadikanya sebuah model matematika yang menggambarkan dan memprediksi perilaku dari kecanduan belanja *online* dengan menggunakan metode SIER (*Susceptible Exposed Infected Recovery*). Pada model sier ini Populasi manusia dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok yang rentan (*susceptible*), yang belum terinfeksi tetapi memiliki kemungkinan untuk tertular penyakit. Kelompok ini dapat menjadi terinfeksi. Kelompok Terpapar (*Exposed*) adalah kelompok yang sudah terpapar dan rentan menjadi kelompok terinfeksi. Kelompok terinfeksi (*infected*) adalah individu yang dapat menyebarkan penyakit kepada individu rentan. Terdapat periode penyakit yang diperlukan oleh penderita untuk pulih. Setelah periode tersebut, individu dapat pindah ke kelompok sembuh atau pulih (*recovered*), yang artinya mereka telah sembuh atau kebal terhadap penyakit tersebut (Rangkuti & Side, 2015).

KAJIAN TEORI

Kecanduan Belanja Online

Kecanduan belanja, atau perilaku konsumtif, adalah pembelian barang atau jasa secara berlebihan yang didorong oleh keinginan, bukan kebutuhan, dan dapat menyebabkan pemborosan finansial (Mardiah, 2017). Kecanduan belanja *online*, dikenal sebagai *buying shopping disorder* (BSD), ditandai oleh dorongan kronis dan tak terkendali untuk berbelanja, yang berpotensi menimbulkan masalah finansial dan mental, termasuk depresi (Rahmatin et al., 2023). Pecandu belanja cenderung impulsif, sulit membedakan antara kebutuhan dan keinginan, serta sering berbelanja di luar kemampuan meskipun terjerat hutang. Kecanduan ini berkaitan dengan sifat impulsif dan ketidakpuasan yang tidak terpenuhi, serta dapat dikategorikan sebagai gangguan psikologis seperti *Obsessive Compulsive Disorder* (OCD) (Natasya, 2022).

Pemodelan Matematika

Pemodelan matematika adalah proses penggunaan konsep matematis untuk menggambarkan, menganalisis, dan memprediksi fenomena dunia nyata dengan menentukan variabel, parameter, dan fungsi yang relevan, serta mengabaikan elemen yang tidak signifikan (Hidayatika & Asih, 2021). Dalam konteks kecanduan belanja *online*, pemodelan ini bertujuan memahami dan memprediksi perilaku sosial terkait dengan identifikasi variabel yang mempengaruhi kecanduan tersebut, serta membangun model matematis yang menggambarkan hubungan antar variabel. Pendekatan ini telah diterapkan dalam berbagai penelitian, seperti model SEIR yang digunakan untuk menganalisis perilaku mahasiswa yang kecanduan belanja *online* di *e-commerce*, dan model SEIRS untuk mempelajari penyebaran perilaku pembelian kompulsif *online*.

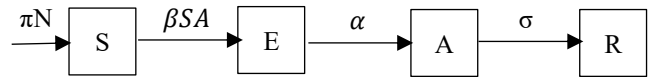
Model Kecanduan

Model matematika epidemiologi, seperti model SEAR (*Susceptible, Exposed, Addicted, Recovery*), merupakan alat penting untuk menganalisis penyebaran penyakit atau perilaku adiktif dalam populasi. Model SEAR, yang merupakan pengembangan dari model SEIR (*Susceptible, Exposed, Infected, Recovery*), membagi populasi menjadi empat kelompok: rentan (*susceptible*), terpapar (*exposed*), kecanduan (*addicted*), dan pulih (*recovery*) (Jannah et al., 2021). Dalam konteks kecanduan belanja *online*, kelompok rentan terdiri dari individu yang familiar dengan belanja *online*; kelompok terpapar mencakup mereka yang memiliki akun *e-commerce* dan rentan menjadi pecandu; kelompok kecanduan adalah individu yang telah mengalami kecanduan belanja *online* dan dapat mempengaruhi kelompok terpapar; sedangkan kelompok pulih mencakup individu yang telah melewati periode kecanduan dan berhasil pulih. Pendekatan ini membantu dalam memahami dinamika penyebaran perilaku konsumtif dan merancang strategi intervensi yang efektif. Contoh model SEAR secara umum dengan asumsi berikut:

1. Populasi tertutup
2. Jumlah Populasi $N = S + E + A + R$
3. Diasumsikan individu yang kecanduan belanja *online* dapat langsung sembuh

4. Diasumsikan individu yang terpapar belanja *online* adalah individu yang telah berbelanja *online* dengan intensitas 3 sampai 7 kali dalam waktu satu bulan.
5. Diasumsikan individu yang mengalami kecanduan belanja *online* adalah individu
6. yang telah melakukan belanja *online* dengan frekuensi lebih dari sama dengan 7 kali dalam satu bulan. (Rosmeli et al., 2024).

Berdasarkan asumsi tersebut maka dapat diperoleh model SEAR sebagai berikut:



Gambar 1. Pemodelan Matematika

Berdasarkan gambar 1 diperoleh persamaan :

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= \pi N - \beta SA \\
 \frac{dE}{dt} &= \beta SA - \alpha E \\
 \vdots \quad \frac{dA}{dt} &= \alpha E - \sigma A \\
 \frac{dR}{dt} &= \sigma A
 \end{aligned}$$

Persamaan Diferensial

Suatu sistem yang memuat n buah persamaan diferensial dengan n buah fungsi yang tidak diketahui disebut dengan sistem persamaan diferensial, yang mana n tersebut ialah bilangan positif lebih besar sama dengan dua. Berbagai persamaan diferensial yang ada saling berkaitan dan konsisten. Bentuk umum dari sistem persamaan diferensial adalah (Rangkuti & Side, 2015):

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= f_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\
 \frac{dx_2}{dt} &= f_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n)
 \end{aligned}$$

$$\frac{dx_n}{dt} = f_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

dengan x_1, x_2, \dots, x_n adalah variabel bebas dan t adalah variabel terikat, maka diperoleh $x_1 = x_1(t)$, $x_2 = x_2(t), \dots, x_n = x_n(t)$, dimana $\frac{dx}{dt}$ merupakan sebuah derivatif fungsi x_i terhadap t untuk $i =$

$1, 2, 3, \dots, n$ dan f_1 adalah fungsi yang bergantung pada x_i dan t

Titik Kestimbangan (Ekuilibrium)

Misalkan suatu sistem persamaan diferensial dinyatakan sebagai berikut.

$$\dot{x} = f(x), x \in \mathbb{R}^n$$

Dengan $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)^T \in E \subseteq \mathbb{R}_n, f = (f_1, f_2, f_3, \dots, f_n)^T$, maka f fungsi merupakan nonlinear dan kontinu.

Linierisasi

Linearisasi digunakan untuk memudahkan menentukan titik kestimbangan menggunakan sebuah metode yaitu deret Taylor pada sistem linearisasi. Dasar linearisasi adalah fungsi $\bar{f}(x)$ yang terletak dekat pada titik setimbang, dengan $\bar{f}(x) = 0$ kemudian disusun sistem persamaan disekitar titik kestimbangan x^* (Anwar, 2018).

Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Jika A adalah matriks $n \times n$, maka vektor tak nol x didalam \mathbb{R}^n dinamakan vektor eigen (eigenvector) dari A jika Ax adalah kelipatan skalar dari x yakni

$$Ax = \lambda x$$

untuk suatu skalar λ . Skalar λ dinamakan nilai eigen (eigenvalue) dari A , dan x disebut sebagai vektor eigen yang bersesuaian dengan λ .

Untuk mencari nilai eigen matriks A yang berukuran $n \times n$, maka kita menuliskan kembali persamaan $Ax = \lambda x$ sebagai

$$Ax = \lambda Ix$$

Atau secara ekuivalen,

$$(A - \lambda I)x = 0$$

Supaya λ menjadi nilai eigen, maka harus menggunakan teorema ekivalensi matriks agar terdapat pemecahan tak nol dari persamaan ini jika dan hanya jika

$$|\lambda I - A| = 0$$

Pada matriks A dengan ukuran $n \times n$, maka polinomial karakteristik A harus memenuhi n dan koefisien λ^n adalah 1. Jadi, polinom karakteristik dari matriks $n \times n$ mempunyai bentuk (Howard & Rorres, 2004)

$$|\lambda I - A| = \lambda^n + c_1 \lambda^{n-1} + \dots + c_n$$

Kriteria Kestabilan Routh Hurwitz

Nilai eigen dapat diperoleh dengan menentukan akar-akar persamaan karakteristik $p(\gamma) = |A - \gamma I| =$

$$\gamma^n + p_1 \gamma^{n-1} + p_2 \gamma^{n-2} + \dots + p_{n-1} \gamma + p_n$$

Diperlukan suatu kriteria untuk menjamin akar-akar persamaan yang bernilai negatif atau positif agar memudahkan untuk menentukan sifat kestabilan dari titik kestimbangan. Diberikan suatu teorema-teorema mengenai kriteria Routh-Hurwitz sebagai berikut (Handayani et al., 2017). Memunyai bagian real yang negatif, maka

$$\frac{p_1}{p_0} > 0, \frac{p_2}{p_0} > 0, \dots, \frac{p_n}{p_0} > 0$$

mempunyai bilangan riil negatif jika dan hanya jika determinannya

$$\Delta_k = \begin{vmatrix} p_1 & p_3 & p_5 & \dots & p_{2k-1} \\ p_0 & p_2 & p_4 & \dots & p_{2k-2} \\ 0 & p_1 & p_3 & \dots & p_{2k-3} \\ 0 & p_0 & p_2 & \dots & p_{2k-4} \\ 0 & 0 & p_1 & \dots & p_{2k-5} \\ 0 & 0 & p_0 & \dots & p_{2k-6} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & p_{2k} \end{vmatrix}$$

Untuk setiap $k = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ bernilai positif

Bilangan Reproduksi (R_0)

Menurut Guo et al. (2022), pendekatan Van den Driessche dan Watmough digunakan untuk menghitung angka reproduksi dasar (R_0) melalui matriks generasi berikutnya (Next Generation Matrix). Langkah-langkahnya meliputi: (1) membagi kompartemen menjadi terinfeksi dan tidak terinfeksi, (2) menuliskan persamaan diferensial dan memisahkan vektor turunan menjadi laju infeksi baru (F) dan laju transisi (V), (3) menghitung matriks Jacobi F dan V , (4) mengalikan matriks FV^{-1} serta mencari nilai eigen utama $\lambda_{\max}(FV^{-1})$, dan (5) menggantikan keseimbangan bebas penyakit ke dalam nilai eigen utama untuk memperoleh R_0 . Bilangan reproduksi dasar (R_0) menggambarkan rata-rata jumlah individu yang terinfeksi akibat penularan dari satu individu terinfeksi. Nilai R_0 menentukan dinamika penyebaran penyakit: jika $R_0 < 1$, setiap individu yang terinfeksi menularkan penyakit ke kurang dari satu individu rentan, sehingga penyebaran penyakit cenderung menurun; jika $R_0 > 1$, setiap individu yang terinfeksi menularkan penyakit ke lebih dari satu individu rentan, sehingga penyakit akan menyebar lebih luas.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas bertujuan mengidentifikasi parameter-parameter yang signifikan dalam model

epidemiologi, khususnya terkait bilangan reproduksi dasar (R_0). Analisis ini dilakukan dengan menghitung indeks sensitivitas setiap parameter terhadap R_0 , sehingga dapat ditentukan langkah-langkah pengendalian penyebaran penyakit yang efektif. index sensitivitas normalisasi diperoleh dari variabel V , terdeferensialkan oleh parameter p , didefinisikan sebagai berikut :

$$C_p^v = \frac{\partial V}{\partial p} \times \frac{p}{V}$$

Dimana :

p = nilai dari parameter

V = variabel yang akan di analisis

$\frac{\partial V}{\partial p}$ = turunan parsial variabel yang akan dianalisis

METODE PENELITIAN

Pada dasarnya bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian itu dilakukan. Materi pokok bagian ini adalah: (1) rancangan penelitian; (2) populasi dan sampel (sasaran penelitian); (3) teknik pengumpulan data dan penyebaran angket; (4) dan teknik analisis data. Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka untuk menganalisis model kecanduan belanja *online*, dengan fokus pada analisis stabilitas dan simulasi sistem. Penelitian dilakukan di Universitas Negeri Surabaya dengan populasi yang mencakup masyarakat Indonesia berusia 18 tahun ke atas, dipilih berdasarkan karakteristik tertentu yang relevan dengan penelitian. Variabel yang digunakan terdiri dari variabel independen berupa model matematika untuk memodelkan kecanduan, dan variabel dependen berupa tingkat penyebaran kecanduan belanja *online*.

Data dikumpulkan melalui angket yang berisi pertanyaan terkait belanja *online*, kemudian digunakan sebagai parameter dalam pembuatan model matematika. Proses analisis data dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahap: studi literatur, penyusunan asumsi dan batasan masalah, pengumpulan data melalui angket, pengolahan data menjadi parameter untuk membangun model, perhitungan titik kesetimbangan menggunakan matriks Jacobian, analisis kestabilan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, simulasi model untuk menggambarkan pola penyebaran, dan akhirnya penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

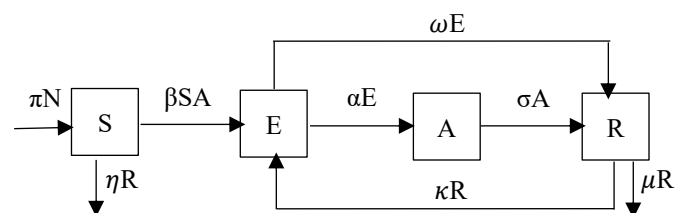
HASIL DAN PEMBAHASAN

KONTRUKSI MODEL SEIR MENJADI MODEL SEAR

Model SEAR adalah modifikasi dari model SEIR yang digunakan untuk memodelkan penyebaran kecanduan belanja online. Asumsi-asumsi yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Memiliki populasi yang tertutup. $N(t) = S(t) + E(t) + A(t) + R(t)$. Dimana S adalah Susceptible yaitu individu yang rentan kecanduan belanja online, E adalah Exposed yaitu individu yang terpapar belanja online, A adalah Addiction yaitu individu yang sudah kecanduan belanja online, dan R adalah Recovered yaitu individu yang sudah sembuh dari kecanduan belanja online.
2. Diasumsikan individu yang kecanduan belanja online dapat langsung sembuh
3. Diasumsikan individu yang terpapar belanja online adalah individu yang telah berbelanja online dengan intensitas 3 sampai 7 kali dalam waktu satu bulan.
4. Diasumsikan individu yang mengalami kecanduan belanja online adalah individu yang telah melakukan belanja online dengan frekuensi lebih dari sama dengan 7 kali dalam satu bulan. (Rosmeli et al., 2024).
5. . terdapat individu yang tidak mengetahui belanja online sama sekali
6. diasumsikan individu yang terpapar dapat langsung sembuh .
7. diasumsikan individu yang sembuh dapat kembali terpapar
8. Semua parameter bernilai positif.

Berdasarkan beberapa uraian asumsi diatas, maka terbentuklah diagram kompartemen kecanduan belanja online dengan model SEAR



Gambar 2. Diagram Kompartemen Kecanduan Belanja Online

Berikut adalah sistem persamaan diferensial yang menggambarkan dinamika kompartemen dalam model SEAR untuk kecanduan belanja online :

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= \pi - (\beta a + \eta)s \\ \frac{de}{dt} &= \beta sa + \kappa r - (\omega + \alpha)e \\ \frac{da}{dt} &= \alpha e - \sigma a\end{aligned}$$

$$\frac{dr}{dt} = \sigma a + \omega e - (\mu + (1 - \kappa))r$$

dengan $s = \frac{S}{N}$, $e = \frac{E}{N}$, $a = \frac{A}{N}$, $r = \frac{R}{N}$ di mana S , E , A , dan R masing-masing mewakili jumlah individu dalam kompartemen rentan, terpapar, kecanduan, dan pulih, serta N adalah total populasi. Model ini mengasumsikan bahwa populasi total N konstan, sehingga $s + e + a + r = 1$

Tabel 1. Keterangan Variabel/Parameter

Variabel /Parameter	Keterangan
S	Individu yang rentan terhadap belanja online
E	Individu yang terpapar belanja online
A	Individu yang sudah kecanduan belanja online
R	Individu yang sudah sembuh dari kecanduan belanja online
π	Banyaknya individu rekrutmen yang berusia mulai dari 18 tahun dan mengakses internet
β	Laju individu yang mempunyai akun di e-commerce
η	Laju individu yang tidak mengetahui belanja online
α	Laju individu kecanduan belanja online
ω	Laju individu sembuh dari terpapar belanja online
κ	Laju individu yang terpapar kembali dari sembuh belanja online
σ	Laju individu sembuh dari kecanduan belanja online
μ	Laju individu yang memiliki kontrol diri yang sangat tinggi

TITIK KESTIMBANGAN

Terdapat 2 titik kestimbangan pada model SEAR yaitu titik kestimbangan bebas kecanduan dan titik kestimbangan endemik. Pada titik kesetimbangan bebas kecanduan belanja online yang dinotasikan

dengan $Z_0 = (s_0, e_0, a_0, r_0)$ dan dengan diasumsikan $s = 0, e = 0$, $a = 0$, dan $r = 0$, sehingga didapatkan titik kestimbangan bebas penyakit $Z_0 = (\frac{\pi}{\eta}, 0, 0, 0)$ (1)

Pada titik kestimbangan endemik yang dinotasikan dengan $Z_1 = (s_1, e_1, a_1, r_1)$ dan dengan diasumsikan $s_0 \geq 0, e_0 \geq 0, a_0 \geq 0$ dan $r_0 \geq 0$ sehingga didapatkan titik kestimbangan endemik

$$\begin{aligned}s_1 &= \frac{\mu\sigma(\alpha + \omega)}{\alpha\beta(\kappa + \mu)} \\ e_1 &= \frac{\alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma}{\alpha\beta\mu(\alpha + \omega)} \\ a_1 &= \frac{\alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma}{\beta\mu(\alpha + \omega)\sigma} \\ r_1 &= \frac{\alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma}{\alpha\beta\mu(\kappa + \mu)}\end{aligned}$$

(2)

BILANGAN REPRODUKSI DASAR (R_0)

. Untuk menghitung nilai R_0 , langkah pertama adalah menghitung nilai eigen dari matriks Jacobian yang berasal dari titik kesetimbangan bebas kecanduan dan titik kesetimbangan endemik. Dalam konteks ini, untuk perhitungan R_0 menggunakan *Next Generation Matrix* (NGM) digunakan titik kestimbangan bebas kecanduan dan memperhatikan persamaan populasi terpapar atau kecanduan yang direpresentasikan dengan variabel A dan E

$$\begin{aligned}\frac{de}{dt} &= \beta sa + \kappa r - (\omega + \alpha)e \\ \frac{da}{dt} &= \alpha e - \sigma a\end{aligned}$$

Dalam model SEAR, matriks f merepresentasikan laju infeksi baru dalam populasi, sementara matriks v menggambarkan laju transisi individu yang keluar dari populasi terinfeksi dikurangi dengan yang masuk. Berikut yang termasuk ke dalam matriks f dan matriks v

$$f = \begin{bmatrix} \beta sa \\ 0 \end{bmatrix}, v = \begin{bmatrix} -(\kappa)r + (\omega + \alpha)e \\ \sigma a - \alpha e \end{bmatrix}$$

Matriks $F1$ dan $V1$ merupakan matriks Jacobian dari matriks f dan v

$$F1 = \begin{bmatrix} \beta sa \\ 0 \end{bmatrix}, V1 = \begin{bmatrix} -(\kappa)r & (\omega + \alpha)e \\ \sigma a & \alpha e \end{bmatrix}$$

Kemudian akan dilakukan linearisasi sehingga diperoleh matriks F dan V

$$F = \begin{bmatrix} 0 & \beta s_0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, V1 = \begin{bmatrix} \omega + \alpha & 0 \\ -\alpha & \sigma \end{bmatrix}$$

Setelah itu subsitusikan s_0 kedalam matriks F selanjutnya akan dihitung matriks $K = F x V^{-1}$ sebagai berikut.

$$K = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\beta\pi}{\eta} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{\omega + \alpha} & 0 \\ \frac{1}{(\alpha + \omega)\sigma} & \frac{1}{\sigma} \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} \frac{\beta\pi\alpha}{\eta(\alpha + \omega)\sigma} & \frac{\beta\pi}{\eta\sigma} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya mencari nilai persamaan karakteristik dari matriks K untuk mendapat nilai eigennya dengan menggunakan rumus $|K - \lambda I|$. Untuk perhitungannya sebagai berikut

$$|K - \lambda I| = \begin{vmatrix} \frac{\beta\pi\alpha}{\eta(\alpha + \omega)\sigma} - \lambda & \frac{\beta\pi}{\eta\sigma} - \lambda \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$|K - \lambda I| = \lambda \left[\frac{\beta\pi\alpha}{\eta(\alpha + \omega)\sigma} - \lambda \right] = 0$$

$$\lambda_1 = 0, \lambda_2 = \frac{\beta\pi\alpha}{\eta(\alpha + \omega)\sigma}$$

Karena nilai R_0 merupakan radius spektral atau nilai eigen yang dominan dari matriks FV^{-1} , sehingga diperoleh nilai R_0 sebagai berikut

$$R_0 = \frac{\beta\pi\alpha}{\eta(\alpha + \omega)\sigma} \quad (3)$$

ANALISIS KESTABILAN

Analisis kestabilan digunakan untuk mengidentifikasi tingkat perubahan dalam model kecanduan belanja online. diperlukan linearisasi menggunakan matriks Jacobian. Berikut ini adalah persamaan-persamaan yang akan diubah menjadi linear:

$$T_1 = \pi - (\beta a + \eta)s$$

$$T_2 = \beta s a + \kappa r - (\omega + \alpha)e$$

$$T_3 = a e - \sigma a$$

$$T_4 = \sigma a + \omega e - (\mu + (1 - \kappa))r$$

Matriks Jacobian sebagai berikut :

$$J = \begin{bmatrix} \frac{d(T_1)}{ds} & \frac{d(T_1)}{de} & \frac{d(T_1)}{da} & \frac{d(T_1)}{dr} \\ \frac{d(T_2)}{ds} & \frac{d(T_2)}{de} & \frac{d(T_2)}{da} & \frac{d(T_2)}{dr} \\ \frac{d(T_3)}{ds} & \frac{d(T_3)}{de} & \frac{d(T_3)}{da} & \frac{d(T_3)}{dr} \\ \frac{d(T_4)}{ds} & \frac{d(T_4)}{de} & \frac{d(T_4)}{da} & \frac{d(T_4)}{dr} \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} -\beta a - \eta & 0 & -\beta s & 0 \\ \beta a & -\omega - \alpha & \beta s & \kappa \\ 0 & \alpha & -\sigma & 0 \\ 0 & \omega & \sigma & -\mu - \kappa \end{bmatrix} \quad (4)$$

Terdapat 2 titik kestabilan pada kecanduan belanja online, titik kestabilan bebas kecanduan dan titik kestabilan endemik.

Pada titik kestabilan bebas kecanduan dilakukan substitusi persamaan (1) dengan persamaan (4) maka didapatkan matriks jacobian sebagai berikut :

$$J(Z_0) = \begin{bmatrix} -\eta & 0 & \frac{-\beta\pi}{\eta} & 0 \\ 0 & -\omega - \alpha & \frac{-\beta\pi}{\eta} & \kappa \\ 0 & \alpha & -\sigma & 0 \\ 0 & \omega & \sigma & -\mu - \kappa \end{bmatrix}$$

untuk mendapatkan nilai eigen dengan menggunakan rumus $|J(Z_0) - \lambda I|$.

$$\begin{vmatrix} -\eta - \lambda & 0 & \frac{-\beta\pi}{\eta} & 0 \\ 0 & -\omega - \alpha - \lambda & \frac{-\beta\pi}{\eta} & \kappa \\ 0 & \alpha & -\sigma - \lambda & 0 \\ 0 & \omega & \sigma & -\mu - \kappa - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

Hasil determinan dari matriks sebagai berikut

$$\left(-1 - \frac{\lambda}{\eta}\right)(-\eta\lambda^3 + (-\alpha\eta - \eta\kappa - \mu - \eta\omega - \eta\sigma)\lambda^2 + (\alpha\beta\pi - \alpha\eta\kappa - \alpha\eta\mu - \alpha\eta\sigma - \eta\kappa\sigma - \eta\mu\omega - \eta\mu\sigma - \eta\omega\sigma)\lambda + \alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma) = 0$$

Dari hasil determinan didapatkan hasil $\lambda_1 = -\eta$ untuk mendapatkan $\lambda_{2,3,4}$ dilakukan dengan asumsi $a_3 = -\eta, a_2 = -\alpha\eta - \eta\kappa - \mu - \eta\omega - \eta\sigma, a_1 = \alpha\beta\pi - \alpha\eta\kappa - \alpha\eta\mu - \alpha\eta\sigma - \eta\kappa\sigma - \eta\mu\omega - \eta\mu\sigma - \eta\omega\sigma, a_0 = \alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma$ maka didapatkan polinomial sebagai berikut :

$$P(\lambda) = a_3\lambda^3 + a_2\lambda^2 + a_1\lambda + a_0\lambda^0 = 0$$

Untuk menghitung kestabilan bebas kecanduan maka digunakan rumus kriteria Routh-Huwirtz berikut merupakan tabel RouthHuwirtz dari polynomial

$$\begin{array}{c} \lambda^3 \\ \lambda^2 \\ \lambda^1 \\ \lambda^0 \end{array} \left| \begin{array}{cc} a_3 & a_1 \\ a_2 & a_0 \\ (a_1)(a_2) - (a_3)(a_0) & 0 \\ a_2 & 0 \\ a_0 & 0 \end{array} \right.$$

Berdasarkan kasus pertama yaitu a_3 bernilai negatif dan a_2 bernilai negatif, kasus kedua yaitu $\frac{(a_1)(a_2) - (a_3)(a_0)}{a_2}$ bernilai negatif dan kasus ketiga yaitu a_0 bernilai negatif juga f maka didapatkan hasil $R_0 <$

1 maka pada titik kestimbangan bebas kecanduan pada kecanduan belanja online akan stabil asimtotik lokal jika hasil $R_0 < 1$.

Pada titik kestabilan endemik dilakukan substitusi persamaan (2) dengan persamaan (4) dengan diasumsikan a_1 sebagai A^* dan s_1 sebagai S^* maka didapatkan matriks jacobian sebagai berikut :

$$J(Z_1) = \begin{bmatrix} -\beta A^* - \eta & 0 & -\beta S^* & 0 \\ \beta A^* & -\omega - \alpha & \beta S^* & \kappa \\ 0 & \alpha & -\sigma & 0 \\ 0 & \omega & \sigma & -\mu - \kappa \end{bmatrix}$$

untuk mendapatkan nilai eigen dengan menggunakan rumus $|J(Z_1) - \lambda I|$.

$$\begin{bmatrix} -\beta A^* - \eta - \lambda & 0 & -\beta S^* & 0 \\ \beta A^* & -\omega - \alpha - \lambda & \beta S^* & \kappa \\ 0 & \alpha & -\sigma - \lambda & 0 \\ 0 & \omega & \sigma & -\mu - \kappa - \lambda \end{bmatrix} = 0$$

Hasil dari determinan dari matriks sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \lambda^4 + (A^* \beta + \alpha + \eta + \kappa + \mu + \omega + \sigma) \lambda^3 + \\ & (A^* \alpha \beta + A^* \beta \kappa + A^* \beta \mu + A^* \beta \omega + A^* \beta \sigma - \\ & \alpha \beta S^* + \alpha \eta + \alpha \kappa + \alpha \mu + \alpha \sigma + \eta \kappa + \eta \mu + \eta \omega + \\ & \eta \sigma + \kappa \sigma + \mu \omega + \mu \sigma + \omega \sigma) \lambda^2 + (A^* \alpha \beta \kappa + \\ & A^* \alpha \beta \mu + A^* \alpha \beta \sigma + A^* \beta \kappa \sigma + A^* \beta \mu \omega + \\ & A^* \beta \mu \sigma + A^* \beta \omega \sigma - \alpha \beta \eta S^* - \alpha \beta \kappa S^* - \alpha \beta \mu S^* + \\ & \alpha \eta \kappa + \alpha \eta \mu + \alpha \eta \sigma + \alpha \mu \sigma + \eta \kappa \sigma + \eta \mu \omega + \eta \mu \sigma + \\ & \eta \omega \sigma + \mu \omega \sigma) \lambda + A^* \alpha \beta \mu \sigma + A^* \beta \mu \omega \sigma - \alpha \beta \eta \kappa S^* - \\ & \alpha \beta \eta \mu S^* + \eta \mu \sigma \alpha + \eta \mu \sigma \omega \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari determinan matriks maka akan disederhanakan dan diasumsikan $a_4 = \lambda^4$, $a_3 = \lambda^3$, $a_2 = \lambda^2$, $a_1 = \lambda^1$, $a_0 = \lambda^0$ maka akan didapatkan polinomial sebagai berikut :

$$P(\lambda) = a_4 \lambda^4 + a_3 \lambda^3 + a_2 \lambda^2 + a_1 \lambda^1 + a_0 \lambda^0 = 0$$

Untuk menghitung kestabilan endemic maka digunakan rumus kriteria Routh-Hurwitz berikut merupakan tabel Routh-Hurwitz dari polynomial

$$\begin{array}{c|cc} & a_4 & a_2 & a_0 \\ \lambda^4 & a_4 & a_2 & a_0 \\ \lambda^3 & a_3 & a_1 & 0 \\ \lambda^2 & a_3 a_2 - a_4 a_1 & a_1 & 0 \\ \lambda^1 & a_3 & a_0 & 0 \\ \lambda^0 & a_1 a_2 a_3 - a_1^2 a_4 - a_3^2 a_0 & 0 & 0 \\ & a_3 a_2 - a_4 a_1 & 0 & 0 \end{array}$$

Pada Kriteria Routh-Hurwitz terdapat beberapa kasus untuk memenuhi nilai kestabilan. pada kasus pertama terdapat $a_4 > 0$ dan $a_3 > 0$ pada kasus kedua $a_3 a_2 - a_4 a_1 > 0$ dan kasus ketiga $a_1 a_2 a_3 - a_1^2 a_4 - a_3^2 a_0 > 0$ Pada kasus pertama, kasus kedua, dan kasus ketiga terdapat A^* , maka harus dibuktikan $A^* > 0$ dan agar kasus pertama, kasus kedua, dan

kasus ketiga bernilai positif perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha \beta \kappa \pi + \alpha \beta \mu \pi - \alpha \eta \mu \sigma - \eta \mu \omega \sigma}{\beta \mu (\alpha + \omega) \sigma} > 0 \\ & \frac{\alpha \beta \pi (\kappa + \mu) - \eta \mu \sigma (\alpha + \omega)}{\beta \mu (\alpha + \omega) \sigma} > 0 \\ & \frac{\alpha \beta \pi (\kappa + \mu)}{\beta \mu (\alpha + \omega) \sigma} > \frac{\eta}{\beta} \\ & \frac{\alpha \beta \pi (\kappa + \mu)}{\eta \mu (\alpha + \omega) \sigma} > 1 \end{aligned}$$

Pada persamaan diatas dibuktikan $A^* > 0$ maka $R_0 > 1$. Jadi pada titik kestimbangan endemik kecanduan belanja online stabil asimtotik jika $R_0 > 1$

ANALISIS SENSITIVITAS

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengevaluasi pengaruh parameter terhadap ambang batas kecanduan belanja online. Metode yang umum digunakan dalam analisis sensitivitas adalah dengan menghitung nilai $X_{Parameter}^{R_0}$ dalam hubungan parameter R_0 .

Tabel 2. Nilai Parameter Model Kecanduan Belanja Online

Parameter	Keterangan	Nilai	Literasi
π	Banyaknya individu rekrutmen yang berusia mulai dari 18 tahun dan mengakses internet	0.795	(apjii.or.id, 2022)
β	Laju individu yang mempunyai akun di e-commerce	0.71	(dataindonesia.com, 2023)
α	Laju individu kecanduan belanja online	0.15	(Rosmeli et al., 2024))
σ	Laju individu sembuh dari kecanduan belanja online	0.226	(AGUSTINE, 2021)
ω	Laju individu sembuh dari terpapar belanja online	0.66	(Amelia, 2019)
η	Laju individu yang tidak mengetahui belanja online	0.21	(datareportal.com, 2023)
μ	Laju individu yang memiliki kontrol diri	0.09	(Amelia, 2019)

	tinggi terhadap berbelanja online		
κ	Laju individu yang kembali terpapar setelah sembuh	0.47	(Granero et al., 2017)

Dan di asumsikan

$$\eta(\alpha + \omega)\sigma$$

jadi perhitungan analisis sensitivitas sebagai berikut

1. Untuk sensitivitas (π)

$$X_{\pi}^{R_0} = \frac{\beta\alpha}{C} \times \frac{\pi(C)}{\beta\pi\alpha} = 1$$

2. Untuk sensitivitas (β)

$$X_{\beta}^{R_0} = \frac{\pi\alpha}{C} \times \frac{\beta(C)}{\beta\pi\alpha} = 1$$

3. Untuk sensitivitas (α)

$$X_{\alpha}^{R_0} = \frac{\beta\pi\omega(\eta\sigma)}{C} \times \frac{\alpha(C)}{\beta\pi\alpha} = \frac{\omega\eta\sigma}{C} = 0.814$$

4. Untuk sensitivitas (σ)

$$X_{\sigma}^{R_0} = -\frac{\beta\pi\alpha\eta(\alpha + \omega)}{C^2} \times \frac{\sigma(C)}{\beta\pi\alpha} = -1$$

5. Untuk sensitivitas (ω)

$$X_{\omega}^{R_0} = -\frac{\beta\pi\alpha(\eta\sigma)}{C^2} \times \frac{\omega(C)}{\beta\pi\alpha} = \frac{-(\eta\sigma)\omega}{C} = -0.814$$

6. Untuk sensitivitas (η)

$$X_{\eta}^{R_0} = \frac{\beta\pi\alpha(\alpha + \omega(\sigma))}{C^2} \times \frac{\eta(C)}{\beta\pi\alpha} = 1$$

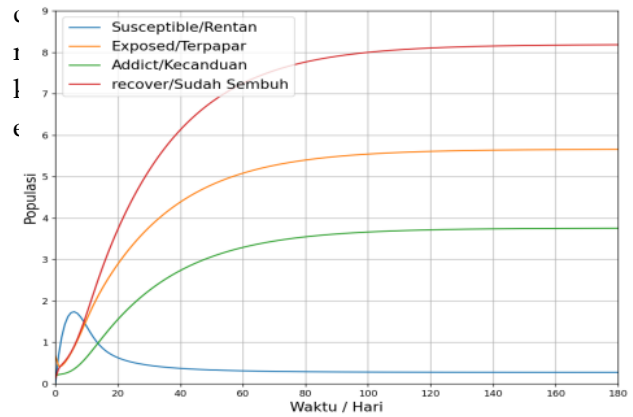
maka didapat nilai index parameter sebagai berikut Berdasarkan Tabel , terdapat dua jenis hasil

Tabel 3. Index Sensitivitas

Parameter	π	β	α	σ	ω	η
Index Sensitivitas	1	1	0.814	-1	-0.814	-1

SIMULASI NUMERIK

Simulasi dilakukan menggunakan software Python dengan asumsi populasi awal (s, e, a, r) = (0.0174, 0.6696, 0.1913, 0.1218). Nilai parameter yang digunakan dalam simulasi numerik disajikan dalam tabel berikut. Setelah mensubstitusi persamaan (3) ke



Gambar 1. Hasil dari Simulasi Model SEAR Mengenai Kecanduan Belanja Online

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa populasi s mengalami kenaikan sejak hari pertama hingga hari ke-6 sebesar 1,738 satuan akibat peningkatan jumlah individu yang menggunakan internet (π) berbanding terbalik dengan laju individu yang tidak mengetahui belanja online (η). Populasi e menurun 0,43 satuan pada hari pertama hingga hari ke-1 karena nilai (ω) dan (α) lebih besar dari β , tetapi meningkat signifikan hingga hari ke-100 akibat putaran (κ) dan kemudian melandai. Populasi a naik 0,62 satuan pada hari pertama hingga hari ke-10, lalu meningkat lebih besar sebesar 3,722 satuan hingga hari ke-125 sebelum stabil. Sementara itu, populasi r mengalami kenaikan tertinggi sebesar 8,11 satuan hingga hari ke-140 karena pengaruh nilai ω dan tambahan σ , kemudian melandai dan stabil.

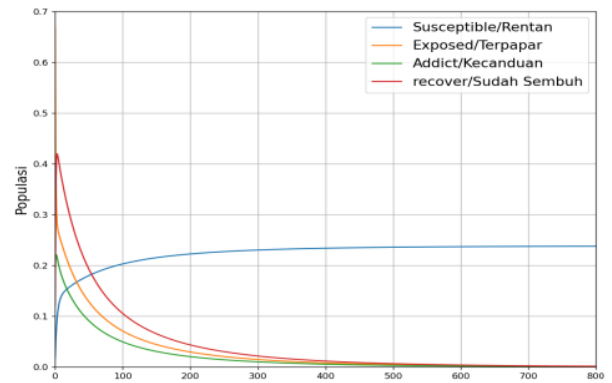
Titik kestabilan untuk model ini didapatkan dari nilai parameter pada Tabel (2) yang disubstitusikan pada persamaan (2) lalu didapatkan titik-titik seperti berikut : $s = 0.2762$, $e = 5.6614$, $a = 3.7575$, dan $r = 8.1888$ titik-titik kestabilan tersebut telah sesuai dengan titik-titik di grafik pada hari ke-180.

Untuk simulasi numerik kedua, akan dilakukan simulasi berdasarkan hasil analisis sensitivitas pada Tabel (2) di mana parameter yang paling sensitif untuk menurunkan R_0 adalah π, β, σ, η . Dari parameter yang sensitif akan dipilih π . Dengan asumsi nilai π di awal 0.795 diturunkan menjadi 0.05

karena π adalah parameter yang positif. Sehingga didapatkan nilai $R_0 = 0.139$ yang diperoleh dari substitusi persamaan (3) ke Tabel (2) dikarenakan $R_0 < 1$ maka model yang diperoleh menuju ke titik kestabilan bebas kecanduan. Berikut ini adalah simulasi yang menggunakan nilai parameter terbaru

Tabel 4. Nilai Parameter Model Kecanduan Belanja Online berdasarkan asumsi pertama

Parameter	Keterangan	Nilai	Literasi
π	Banyaknya individu rekrutmen yang berusia mulai dari 18 tahun dan mengakses internet	0.05	Asumsi
β	Laju individu yang mempunyai akun di e-commerce	0.71	(dataindonesia.com, 2023)
α	Laju individu kecanduan belanja online	0.15	(Rosmeli et al., 2024)
σ	Laju individu sembuh dari kecanduan belanja online	0.226	(AGUSTINE, 2021)
ω	Laju individu sembuh dari terpapar belanja online	0.66	(Amelia, 2019)
η	Laju individu yang tidak mengetahui belanja online	0.21	(datareportal.com, 2023)
μ	Laju individu yang memiliki kontrol diri tinggi terhadap berbelanja online	0.09	(Amelia, 2019)
κ	Laju individu yang kembali terpapar setelah sembuh	0.47	(Granero et al., 2017)



Gambar 2. Hasil dari Simulasi Model SEAR Mengenai Kecanduan Belanja Online berdasarkan Tabel 4

Dari Gambar 4.3 menunjukkan bahwa populasi s mengalami kenaikan sejak hari pertama sampai hari ke-200 dengan nilai s yang meningkat sebesar 0.22 satuan, Hal ini terjadi karena nilai π yang sangat kecil. Untuk populasi e pada hari pertama hingga hari ke-4 mengalami penurunan sebesar 0,27 satuan dan terus menurun di hari ke-800 nilai sudah 0. Hal ini dipengaruhi oleh nilai ω dan α yang lebih besar daripada nilai β dan κ . Untuk populasi a mengalami kenaikan sebesar 0.222 satuan hingga hari ke-2 hal ini disebabkan oleh besarnya nilai σ dan kecilnya nilai α hari selanjutnya populasi a mengalami penurunan hingga 0 pada hari ke-800. Untuk populasi r mengalami kenaikan sebesar 0.4 pada hari ke-3 yang disebabkan oleh ω lalu hari berikutnya hingga ke-800 mengalami kenaikan hingga 0 satuan

Titik kestabilan untuk model ini didapatkan dari nilai parameter pada Tabel 4 yang disubstitusikan pada persamaan (2) lalu didapatkan titik-titik seperti berikut : $s = 0.2762$, $e = 0$, $a = 0$, dan $r = 0$ titik-titik kestabilan tersebut telah sesuai dengan titik-titik di grafik pada hari ke-800.

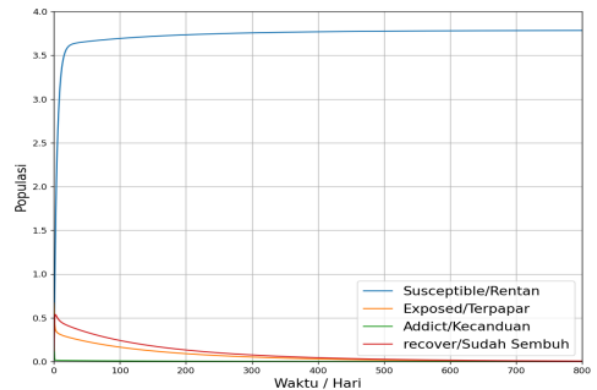
Berdasarkan analisis $R_0 = 0.139$, dimana $R_0 < 1$ serta hasil simulasi yang menunjukkan adanya kesetimbangan pada titik bebas kecanduan, dapat disimpulkan bahwa tidak akan terjadi endemik kecanduan belanja online. Hal ini disebabkan oleh penurunan laju individu rekrutmen π

Untuk simulasi numerik ketiga, parameter yang dipilih yang negatif akan dipilih σ Dengan asumsi nilai σ di awal 0.226 dinaikan menjadi 3.4, Dengan asumsi nilai σ di awal 0.226 dinaikan menjadi 3.4, nilai parameter yang tercantum pada Tabel 3, kecuali nilai σ lalu dimasukkan ke dalam persamaan pada ketiga dari analisis titik kestabilan bebas kecanduan, didapatkan batasan yaitu σ harus lebih dari 3.097.

Tabel 5. Nilai Parameter Model Kecanduan Belanja Online berdasarkan asumsi kedua

Parameter	Keterangan	Nilai	Literasi
π	Banyaknya individu rekrutmen yang berusia mulai dari 18 tahun dan mengakses internet	0.795	(apjii.or.id, 2022)
β	Laju individu yang mempunyai akun di e-commerce	0.71	(dataindonesia.com, 2023)
α	Laju individu kecanduan belanja online	0.15	(Rosmeli et al., 2024)
σ	Laju individu sembuh dari kecanduan belanja online	3.4	Asumsi
ω	Laju individu sembuh dari terpapar belanja online	0.66	(Amelia, 2019)
η	Laju individu yang tidak mengetahui belanja online	0.21	(datareportal.com, 2023)
μ	Laju individu yang memiliki kontrol diri tinggi terhadap berbelanja online	0.09	(Amelia, 2019)
κ	Laju individu yang kembali terpapar setelah sembuh	0.47	(Granero et al., 2017)

Sehingga didapatkan nilai $R_0 = 0.146$ yang diperoleh dari mensubstitusikan persamaan (3) ke Tabel (5) dikarenakan $R_0 < 1$ maka model yang diperoleh menuju ke titik kestabilan bebas kecanduan. Berikut ini adalah simulasi yang menggunakan nilai parameter terbaru.



Gambar 5. Hasil dari Simulasi Model SEAR Mengenai Kecanduan Belanja Online berdasarkan Tabel 5

Dari Gambar 5 Populasi s awalnya meningkat tajam, mencapai puncak pada hari ke-45 dengan jumlah lebih dari 3.6 satuan, namun kemudian hari mulai melandai. Populasi e menurun pada hari ke-2 0.373 secara bertahap menurun dan mencapai nol pada hari ke-800. Sementara itu, populasi a menunjukkan penurunan lebih cepat pada hari ke-2 turun 0.0174 satuan setelah hari ke-800 populasi menunjukan nilai 0. Populasi r mengalami peningkatan pada hari ke-2 sebesar 0.537 satuan, lalu menurun mendekati angka 0 pada hari ke-800, hal ini dipengaruhi oleh nilai σ dan ω yang lebih besar dari nilai α . Titik kestabilan untuk model ini didapatkan dari nilai parameter pada Tabel 4.5 yang disubstitusikan pada persamaan 4.15 lalu didapatkan titik-titik seperti berikut : $s = 0.3816$, $e = 0$, $a = 0$, dan $r = 0.53$ titik-titik kestabilan tersebut telah sesuai dengan titik-titik di grafik pada hari ke-800.

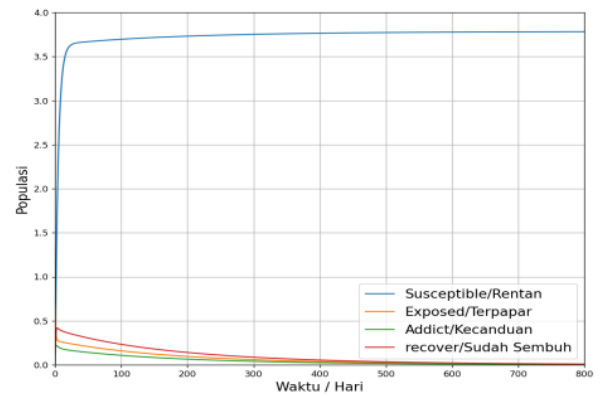
Berdasarkan analisis $R_0 = 0.146$, dimana $R_0 < 1$ serta hasil simulasi yang menunjukkan adanya kesetimbangan pada titik bebas kecanduan, dapat disimpulkan bahwa tidak akan terjadi endemik kecanduan belanja online di generasi muda. Hal ini disebabkan oleh peningkatan Laju individu sembuh dari kecanduan belanja σ .

Untuk simulasi numerik keempat, parameter yang dipilih adalah parameter yang positif yaitu β Dengan asumsi nilai β di awal 0.71 diturunkan menjadi 0.046 karena β adalah parameter yang positif, nilai parameter yang tercantum pada Tabel (3), kecuali nilai β lalu dimasukkan ke dalam persamaan pada ketiga dari analisis titik kestabilan bebas kecanduan, didapatkan batasan yaitu β harus kurang dari 0.0131

Tabel 6. Nilai Parameter Model Kecanduan Belanja Online berdasarkan asumsi ketiga

Parameter	Keterangan	Nilai	Literasi
π	Banyaknya individu rekrutmen yang berusia mulai dari 18 tahun dan mengakses internet	0.795	(apjii.or.id, 2022)
β	Laju individu yang mempunyai akun di e-commerce	0.046	Asumsi
α	Laju individu kecanduan belanja online	0.15	(Rosmeli et al., 2024)
σ	Laju individu sembuh dari kecanduan belanja online	0.226	(AGUSTINE, 2021)
ω	Laju individu sembuh dari terpapar belanja online	0.66	(Amelia, 2019)
η	Laju individu yang tidak mengetahui belanja online	0.21	(datareportal.com, 2023)
μ	Laju individu yang memiliki kontrol diri tinggi terhadap berbelanja online	0.09	(Amelia, 2019)
κ	Laju individu yang kembali terpapar setelah sembuh	0.47	(Granero et al., 2017)

Sehingga didapatkan nilai $R_0 = 0.142$ yang diperoleh dari mensubstitusikan persamaan (3) ke (6) dikarenakan $R_0 < 1$ maka model yang diperoleh menuju ke titik kestabilan bebas kecanduan. Berikut ini adalah simulasi yang menggunakan nilai parameter terbaru



Gambar 6. Hasil dari Simulasi Model SEAR Mengenai Kecanduan Belanja Online berdasarkan Tabel 6

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa tidak terjadi kecanduan dikarenakan nilai β yang mengecil menjadi 0.046. Populasi s mengalami kenaikan bertahap dan melandai saat 3.75 satuan pada hari ke 300. Populasi e mengalami penurunan pada hari ke 3 sebesar 0.283 dan secara perlahan mencapai angka 0 hal ini dikarenakan nilai η yang lebih besar daripada β . Untuk populasi a menurun secara stabil mencapai nilai 0 hal ini disebabkan oleh populasi e yang terus menurun mencapai 0 dan nilai σ yang lebih besar daripada α . Untuk populasi r mengalami kenaikan pada hari ke-2 sebesar 0.42 satuan hal ini dipengaruhi nilai oleh nilai ω dan nilai σ namun pada hari selanjutnya populasi r mengalami penurunan secara stabil mencapai nilai 0 hal ini disebabkan penurunan populasi e yang disebabkan oleh penurunan nilai β . Titik kestabilan untuk model ini didapatkan dari nilai parameter pada Tabel 6 yang disubstitusikan pada persamaan (3) lalu didapatkan titik-titik seperti berikut : $s = 0.3785$, $e = 0$, $a = 0$, dan $r = 0$ titik-titik kestabilan tersebut telah sesuai dengan titik-titik di grafik pada hari ke-100.

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa terdapat sistem persamaan yang membentuk model matematika kecanduan belanja *online* pada masyarakat Indonesia sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= \pi - (\beta a + \eta)s \\ \frac{de}{dt} &= \beta s a + \kappa r - (\omega + \alpha)e \\ \frac{da}{dt} &= \alpha e - \sigma a\end{aligned}$$

$$\frac{dr}{dt} = \sigma a + \omega e - (\mu + (1 - \kappa))r$$

Berdasarkan model kecanduan belanja online paa masyarakat Indonesia terdapat 2 titik kestimbangan , yang pertama titik kestimbangan bebas kecanduan yaitu $Z_0 = (\frac{\pi}{\eta}, 0, 0, 0)$, yang kedua titik kestimbangan

$$\text{endemik yaitu } s_1 = \frac{\mu\sigma(\alpha+\omega)}{\alpha\beta(\kappa+\mu)} \quad e_1 = \frac{\alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma}{\alpha\beta\mu(\alpha+\omega)} \quad a_1 = \frac{\alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma}{\beta\mu(\alpha+\omega)\sigma}$$

$$r_1 = \frac{\alpha\beta\kappa\pi + \alpha\beta\mu\pi - \alpha\eta\mu\sigma - \eta\mu\omega\sigma}{\alpha\beta\mu(\kappa+\mu)} \text{ juga terdapat hasil}$$

bilangan reproduksi dasar yaitu $R_0 = \frac{\beta\pi\alpha}{\eta(\alpha+\omega)\sigma}$ Hasil analisis menunjukkan bahwa model kecanduan belanja online pada Masyarakat Indonesia memiliki sifat stabil asimtotik lokal pada titik kesetimbangan bebas kecanduan ketika $R_0 < 1$, dan stabil asimtotik lokal pada titik kesetimbangan endemik saat $R_0 > 1$.

SARAN

Penelitian ini mengidentifikasi empat parameter paling sensitif, yaitu π (laju individu pengguna internet), β (laju individu dengan e-commerce), σ (laju individu yang sembuh dari kecanduan), dan η (laju individu yang tidak mengetahui belanja online). Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan asumsi bahwa individu yang sembuh dapat kembali terpapar serta menambah faktor-faktor yang memengaruhi populasi e dan a.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A., Rahmawati, R., & Fardinah, F. (2020). Model Epidemi SIR Pengguna/Pemain Mobile Games Pada Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sulawesi Barat. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 46–53.
- AGUSTINE, F. (2021). COVER 1 PERANCANGAN KAMPANYE SOSIAL UNTUK MENYADARKAN REMAJA PECANDU BELANJA ONLINE AGAR MEMILIKI KONTROL DIRI. Unika Soegijapranata.
- Amelia, D. (2019). Hubungan Antara Self Control Dengan Perilaku Konsumtif Belanja Online Pada Mahasiswa Psikologi Universitas Negeri Padang. Universitas Negeri Padang.
- Anwar, N. T. (2018). Peran kemampuan literasi matematis pada pembelajaran matematika abad-21. *Prisma*, 1, 364–370.
- apjii.or.id. (2022). Apjii di indonesia digital outloook 2022. <https://apjii.or.id/berita/>
- Azizah, M., & Aswad, M. (2022). Pengaruh belanja online pada e-commerce shopee terhadap perilaku konsumtif generasi millennial di Blitar. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, 1(4), 429–438.
- Barodi, H. A. (2022). Hubungan Antara Self Monitoring Dengan Prilaku Konsumtif Dalam Belanja Online Diaplikasi Shopee Pada Mahasiswa Program Studi Psikologi Islam Fakultas Ushuluddin Dan Dakawah IAIN Kediri. IAIN Kediri.
- dataindonesia.com. (2023). Pengguna E-Commerce RI Diproyeksikan capai 196.47 juta pada 2023. <https://dataindonesia.id/ekonomi-digital/detail/pengguna-ecommerce-ri-diproyeksi-capai-19647-juta-pada-2023>
- datareportal.com. (2023). DIGITAL 2023: INDONESIA. <https://datareportal.com/reports/digital-2023-indonesia>
- Fadhilah, N., & others. (2022). Model Epidemi SEIEDR Perilaku Kecanduan Drama Korea. *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, 10(2), 85–94.
- Granero, R., Fernández-Aranda, F., Mestre-Bach, G., Steward, T., Baño, M., Agüera, Z., Mallorqu\`i-Bagué, N., Aymam\`i, N., Gómez-Peña, M., Sancho, M., & others. (2017). Cognitive behavioral therapy for compulsive buying behavior: Predictors of treatment outcome. *European Psychiatry*, 39, 57–65.
- Guo, X., Guo, Y., Zhao, Z., Yang, S., Su, Y., Zhao, B., & Chen, T. (2022). Computing R0 of dynamic models by a definition-based method. *Infectious Disease Modelling*, 7(2), 196–210. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idm.2022.05.004>
- Handayani, P., Syafwan, M., & others. (2017). PEMODELAN DAN ANALISIS KESTABILAN SISTEM MEMRISTOR KUBIK ORDE EMPAT. *Jurnal Matematika UNAND*, 6(3), 1–6.
- Hidayatika, A. M., & Asih, T. S. N. (2021). Pemodelan Matematika Perkembangan Kanker Serviks dengan Treatment Radioterapi. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 4, 727–735.
- Howard, A., & Rorres, C. (2004). Aljabar Linier Elementer versi Aplikasi. Edisi Ke-8, Jilid, 2.
- Jannah, M., Karim, M. A., & Yulida, Y. (2021). Analisis kestabilan model seir untuk penyebaran covid-19 dengan parameter vaksinasi. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 15(3), 535–542.
- kominfo.go.id. (2019). Pertumbuhan e-commerce indonesia mencapai 78%. <https://www.kominfo.go.id/content/detail/16770/kemkominfo-pertumbuhan-e->

- commerce-indonesiacapai-78-persen/0/sorotan_media#:~:text=Kemkominfo%3A Pertumbuhan e-Commerce Indonesia Capai 78 Persen,-Kategori Sorotan Media&text=Kondisi ini menunjukkan bahwa usa
- Kurniawan, F. (2017). *PENGARUH HARGA DAN IKLAN TELEVISI TERHADAP KEPUTUSAN PEMBELIAN PRODUK FASHION SECARA ONLINE MELALUI SITUS ZALORA (Studi pada Pengguna Situs Belanja Online Zalora di Yogyakarta)*. UPN" Veteran" Yogyakarta.
- Mardiah, A. (2017). Analisis perilaku konsumtif masyarakat muslim menjelang Idul Fitri di Kota Pekanbaru. *Jurnal Al-Iqtishad*, 13(2), 93–103.
- Natasya, P. S. (2022). *TEKNIK SELF MANAGEMENT DENGAN TERAPI SYUKUR UNTUK MENGATASI SHOPAHOLIC ONLINE PADA MASYARAKAT DI DESA NEGERI UJUNG KARANG LAMPUNG UTARA*. UIN RADEN INTAN LAMPUNG.
- Nisa, F. K., Viratama, A. B., & Hidayanti, N. (2020). Analisis pencarian informasi remaja generasi z dalam proses pengambilan keputusan belanja online (analisis pada mahasiswa ilmu komunikasi universitas tidar). *Komunikologi: Jurnal Pengembangan Ilmu Komunikasi Dan Sosial*, 4(2), 146–159.
- Prasetya, F. R., Suhud, U., & Aditya, S. (2023). Menguji Faktor--Faktor Determinasi Belanja Produk Fashion Apparel Saat Live Streaming Di Media Sosial. *SINOMIKA Journal: Publikasi Ilmiah Bidang Ekonomi Dan Akuntansi*, 1(5), 1349–1364.
- Rahmatin, I., Muthmainnah, M., & Pratama, A. (2023). Sistem Pakar Mendeteksi Tingkat Kecanduan Belanja Online Pada Wanita Berbasis Web Menggunakan Metode Certainty Factor. *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 6(2), 11–23.
- Rangkuti, Y. M., & Side, S. (2015). *Pemodelan Matematika dan Solusi Numerik untuk Penularan Demam Berdarah*. Perdana Publishing.
- Rosmeli, Novita, E., Wiralestari, Saparuddin, Fathiyah, & Rakan, A. (2024). Determinan Perilaku Belanja Online di Kota Jambi. *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 8(1), 788–798.
- Sharif, S. P., & Khanekharab, J. (2017). Identity confusion and materialism mediate the relationship between excessive social network site usage and online compulsive buying. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 20(8), 494–500.
- Side, S., Sanusi, W., & Rustan, N. K. (2020). Model matematika SIR sebagai solusi kecanduan penggunaan media sosial. *J. Math. Comput. Stat*, 3(2), 126.
- Suratna, A. A., Cipta, H., & Sari, R. F. (2023). Analisis Model SEIRS terhadap Kecanduan Gadget Anak usia Dini dengan Metode Runge-Kutta Orde-5. *MAJAMATH: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 13–22.