

PEMODELAN DINAMIKA PEJUDI MUDA

Susila Bahri*

Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25163

Erfrido Axel Pratama

Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25163

Efendi

Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25163

Abstrak. Perjudian di kalangan pemuda cenderung menyebar, menyebabkan banyak individu muda menghadapi masalah terkait judi. Oleh karena itu, penelitian ini menggali lebih dalam tentang perilaku berjudi di kalangan pemuda usia 16-24 tahun, dengan tujuan mengidentifikasi pola dan trennya. Penelitian kami juga mencakup analisis stabilitas titik keseimbangan yang mengatur prevalensi judi dalam kelompok demografis ini. Dalam penelitian ini, kami fokus utamanya pada tiga kompartemen, yaitu pejudi tak bermasalah, pejudi berisiko, dan pejudi bermasalah. Pusat perhatian kami terletak pada pemahaman intensitas masalah terkait judi dalam kompartemen-kompartemen ini. Untuk memberikan perspektif yang komprehensif, kami telah mewakili setiap kompartemen ini secara visual dalam sebuah grafik komposit tunggal. Visualisasi ini memungkinkan untuk mengamati dan menganalisis tren dalam setiap kompartemen selama 50 tahun ke depan, memberikan gambaran potensial tentang pola perilaku berjudi di kalangan pemuda. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah Titik Keseimbangan Bebas Masalah Judi dan titik keseimbangan untuk judi endemik. Selain itu, perhitungan Angka Reproduksi Dasar, $R_0 > 1$, menyoroti potensi peningkatan jumlah individu yang rentan terhadap judi. Penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang dinamika judi di kalangan pemuda, yang menjadi dasar untuk strategi kesehatan masyarakat dan intervensi yang efektif.

Kata Kunci: Analisis kestabilan, Angka reproduksi dasar, Model matematika, Pejudi muda.

Abstract. Gambling among young people is prone to spreading, resulting in many young individuals facing gambling-related issues. Consequently, this study delves into the dynamics of gambling behaviors among youth aged 16-24 years, aiming to identify patterns and trends. Our research also includes an analysis of the stability of equilibrium points that govern the prevalence of gambling in this demographic. In this research, we focus primarily on three compartments that is non-problem gamblers, at-risk gamblers, and problem gamblers. Our central emphasis lies in understanding the intensity of gambling-related issues within these compartments. To provide a comprehensive perspective, we have visually represented each of these compartments in a single composite graph. This visualization allows us to observe and analyze the trends within each compartment over the next 50 years, shedding light on the potential trajectories of gambling behaviors among young people. The results obtained from this study are The Gambling Problem Free Equilibrium Point and the equilibrium point for endemic gambling. Additionally, the calculation of the Basic Reproduction Number, $R_0 > 1$, underscores the potential for an increase in the number of individuals susceptible to gambling. This research provides valuable insights into the dynamics of youth gambling, offering a foundation for effective public health strategies and interventions.

Keywords: Basic reproduction number, Mathematical modeling, Stability analysis, Youth gambling.

Sitasi: Bahri, S., Pratama, E.A., & Efendi. 2023. Pemodelan Dinamika Pejudi Muda. *MES (Journal of Mathematics Education and Science*, 9(1): 45-56.

Submit: 01 Oktober 2023	Revisi: 13 Oktober 2023	Publish: 18 Oktober 2023
----------------------------	----------------------------	-----------------------------

PENDAHULUAN

Perjudian di kalangan pemuda semakin menjadi fenomena yang mencolok di seluruh dunia (Tolchard, 2015), termasuk di Indonesia (Budiman et al., 2022). Para pemuda, yang sering berada dalam tahap pengembangan identitas dan eksplorasi diri, rentan terhadap daya tarik perjudian (Hendrich Juk Abeth et al., 2021; Makarin & Astuti, 2023). Rentan ini muncul karena perjudian sering diiklankan secara agresif dan mudah diakses melalui platform *online*. Di Indonesia, prevalensi perjudian di kalangan pemuda telah menjadi masalah serius (Budiman et al., 2022), dengan akses yang luas dan mudah ke perjudian (Siste et al., 2022), terutama melalui situs perjudian *online* ilegal (André et al., 2022). Dampak fenomena ini sangat signifikan (Parrado-González et al., 2023), termasuk masalah kesehatan mental, kesulitan keuangan, dan dapat memberikan pengaruh kuat kepada orang lain untuk terlibat dalam perjudian. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis dinamika penyebaran perjudian di kalangan pemuda (Latvala et al., 2019; Syvertsen et al., 2022).

Model matematika adalah alat yang efektif untuk menggambarkan fenomena dunia nyata (Brauer et al., 2019; Metcalf et al., 2020) dan memungkinkan membuat prediksi tentang kondisi di masa depan (Mohamadou et al., 2020). Dalam konteks menganalisis penyebaran penyakit, salah satu jenis model matematika yang populer adalah model epidemiologi (Kucharski et al., 2020). Pendekatan model ini juga dapat diterapkan untuk memahami dan menganalisis perilaku perjudian, karena perjudian dapat dilihat sebagai fenomena yang menyebar (Håkansson, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model yang berfokus pada populasi individu berusia 16-24 tahun dan mengelompokkannya ke dalam tiga kelas berdasarkan tingkat masalah perjudian (Do & Lee, 2014). Pengelompokan ke dalam tiga kelas ini ditentukan berdasarkan hasil dari SOGS-RA/SOGS (Esparza-Reig et al., 2021), yang merupakan alat yang dirancang untuk mengelompokkan keterlibatan pemuda dalam perjudian (Davies et al., 2023). Individu dengan skor 0 atau 1 digolongkan ke dalam kelas *No-Problem gambling* (N), skor 2 atau 3 digolongkan ke dalam kelas *At-risk gambling* (A), dan skor 4 atau lebih digolongkan ke dalam kelas *Problem gambling* (P) (Do & Lee, 2014). Model yang dibuat dapat digunakan pada kalangan remaja untuk menilai tingkat masalah perjudian mereka (Livazović & Bojčić, 2019). Terakhir, analisis berbasis pembelajaran mesin yang ditargetkan pada individu atau kelompok homogen dapat dilakukan dengan dataset perilaku terkait perjudian yang terakumulasi dari individu atau kelompok (Seo et al., 2020). Analisis tersebut dapat menyarankan pencegahan dan intervensi perjudian yang efektif dimana akan mengarah pada pengendalian perjudian yang kuat bagi individu atau kelompok (Rogier et al., 2021).

Transisi antara subpopulasi individu dalam perjudian dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk tekanan teman sebaya, pengaruh media sosial, kondisi lingkungan, dan faktor psikologis individu (King et al., 2020). Model matematika dapat digunakan untuk menganalisis bagaimana faktor-faktor ini berinteraksi dan memengaruhi keputusan individu untuk beralih antara berbagai jenis perjudian (Padmanabhan et al., 2021). Model NAP adalah model matematika yang dapat menjelaskan hasil analisis ini melalui parameter-parameternya. Model NAP adalah model deterministik yang menggunakan persamaan diferensial biasa untuk mempelajari dinamika epidemiologi perjudian. Model epidemiologi sederhana dibuat menggunakan persamaan diferensial nonlinier biasa, dan kondisi ambang batas yang menyebar perjudian diidentifikasi melalui model ini (Do & Lee, 2014). Model matematika telah digunakan secara luas dalam penelitian kesehatan populasi untuk mempelajari dan meningkatkan berbagai aspek kesehatan populasi (Hicklin & Hassmiller Lich, 2020), termasuk pemodelan biologis, pemodelan statistik, analisis *cost-effectiveness*, dan penelitian operasional (Aguilar et al., 2022).

Telah ada berbagai penelitian matematika tentang perjudian yang dilakukan oleh berbagai peneliti (Calluso et al., 2020). Menurut penelitian oleh (Lee & Do, 2013) di mana

model SLPH digunakan untuk mensimulasikan dinamika pejudi dewasa. Dalam penelitian tersebut, populasi pejudi dikelompokkan menjadi pejudi yang tidak berjudi lebih dari lima kali setahun, pejudi dengan maksimal dua gejala, pejudi dengan setidaknya tiga gejala, dan pejudi yang mencari pengobatan. Kemudian, menurut penelitian oleh (Kong et al., 2021) di mana dinamika pejudi *online* dan faktor-faktor psikologis mereka diselidiki. Dalam penelitian ini, pejudi dikelompokkan menjadi bukan pejudi, pejudi yang ragu-ragu yang dapat menyebarkan perjudian, peserta dalam perjudian *online*, dan mantan pejudi. Dalam penelitian sebelumnya, ada empat kompartemen yang dipertimbangkan, sementara dalam penelitian ini, kami fokus pada tiga kompartemen: pejudi tak bermasalah, pejudi berisiko, dan pejudi bermasalah. Fokus kami terletak pada pemahaman intensitas masalah yang muncul dari perjudian dalam kompartemen-kompartemen ini. Kami melanjutkan untuk menggambarkan setiap kompartemen dalam satu grafik, menawarkan visualisasi tentang lintasan yang mungkin diambil setiap kompartemen selama 50 tahun ke depan. Dalam mengatasi masalah perjudian yang merajalela dalam masyarakat, tujuan kami adalah memodelkan dinamika perjudian (Frisone et al., 2020).

METODE

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur yang menggunakan materi dari jurnal ilmiah dan buku-buku yang relevan dengan topik penelitian. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.

1. Mengumpulkan referensi yang relevan dengan pembahasan.
2. Mengkonstruksi model NAP (*No problem gambling, At-risk gambling, Problem gambling*).
3. Menentukan titik keseimbangan dari masalah perjudian pada model dinamika pejudi muda.
4. Menghitung nilai bilangan reproduksi dasar (R_0) untuk mengukur potensi penyebaran masalah terkait perjudian.
5. Menentukan kestabilan titik keseimbangan bebas perjudian dan titik keseimbangan endemik perjudian.
6. Menentukan nilai variabel dan parameter yang diperlukan.
7. Menarik kesimpulan dari hasil analisis.

Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium adalah keadaan di mana tingkat perubahan populasi menjadi nol. Untuk sistem persamaan diferensial yang menggambarkan dinamika populasi sebagai berikut:

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = F(\mathbf{X}),$$

di mana \mathbf{X} adalah vektor variabel populasi, titik keseimbangan adalah solusi dari persamaan:

$$F(\mathbf{X}_{eq}) = 0$$

Matriks Jacobian

Matriks Jacobian adalah matriks turunan parsial dari fungsi \mathbf{F} yang menggambarkan sistem persamaan diferensial pada titik keseimbangan. Matriks Jacobian J memiliki elemen-elemen:

$$J_{ij} = \frac{\partial F_i}{\partial X_j}$$

Matrix Next Generation dan R_0

R_0 dapat diperoleh dari nilai eigen terbesar dari matriks generasi selanjutnya (FV^{-1}), di mana F merupakan matriks tingkat infeksi dan V adalah matriks tingkat pemulihan. Secara

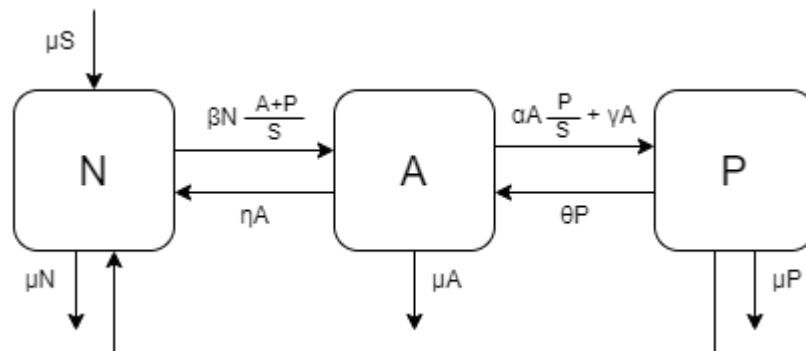
husus, R_0 adalah nilai eigen terbesar dari (FV^{-1}) . Rumus matriks generasi selanjutnya membantu menghubungkan R_0 dengan nilai eigen dan memberikan cara untuk menghitung R_0 dalam model epidemiologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model dinamika pejudi muda menggunakan model NAP (*No problem gambling, At-risk gambling, Problem gambling*) dimana terbagi atas tiga kompartemen yaitu kelas pejudi tak bermasalah adalah N (*No problem gambling*), pejudi beresiko bermasalah adalah A (*At-risk gambling*), dan kelas pejudi bermasalah adalah P (*Problem gambling*) yang mengalami kecanduan dan menderita akibat perjudian. Model NAP dapat diformulasikan dengan asumsi sebagai berikut:

1. Populasi pejudi pemuda adalah konstan.
2. Individu dapat terinfeksi melalui interaksi dengan individu lain yang sudah terinfeksi.
3. Tidak ada kematian dari perilaku judi.

Berdasarkan asumsi diperoleh model dinamika pejudi muda NAP dalam bentuk diagram kompartemen dibawah ini.



Gambar 1: Diagram Kompartemen Model NAP

Model dinamika pejudi muda NAP dapat dinyatakan ke dalam sistem persamaan diferensial biasa berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= \mu S - \beta N \frac{A+P}{S} + \eta A + \psi P - \mu N \\ \frac{dA}{dt} &= \beta N \frac{A+P}{S} + \theta P - \alpha A \frac{P}{S} - (\gamma + \eta + \mu)A \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \alpha A \frac{P}{S} + \gamma A - (\theta + \psi + \mu)P \\ S &= N + A + P \end{aligned} \quad (2)$$

Dengan menggunakan prevalensi $n = \frac{N}{S}$, $a = \frac{A}{S}$ dan $p = \frac{P}{S}$ maka model (1) dan (2) ditulis menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{dn}{dt} &= \mu - \beta n(a + p) + \eta a + \psi p - \mu n \\ \frac{da}{dt} &= \beta n(a + p) + \theta p - \alpha a p - (\gamma + \eta + \mu)a \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} &= \alpha a p + \gamma a - (\theta + \psi + \mu)p \\ 1 &= n + a + p \end{aligned} \quad (4)$$

Dengan parameter $\alpha, \beta, \eta, \mu, \theta, \psi, \gamma$ adalah konstanta positif, sedangkan variabel N, A dan P berturut-turut menyatakan jumlah pejudi tak bermasalah, pejudi berisiko bermasalah dan pejudi bermasalah. Keterangan setiap parameter dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1: Deskripsi Parameter pada Model NAP

Parameter	Deskripsi
α	Laju peralihan individu dari kelas A ke kelas P
β	Laju peralihan individu dari kelas N ke kelas A
γ	Laju faktor-faktor lain dari kelas A ke kelas P
η	Laju pemulihan individu dari kelas A ke kelas N
μ	Laju perputaran populasi
θ	Laju peralihan individu dari kelas P ke kelas A
ψ	Laju peralihan individu dari kelas P ke kelas N

Penentuan Titik Ekuilibrium

Jika jumlah individu pada tiap kompartemen tidak mengalami perubahan (konstan), $\frac{dn}{dt} = \frac{da}{dt} = \frac{dp}{dt} = 0$, maka titik ekuilibrium bebas perjudian dan endemik dapat diperoleh dari sistem berikut,

$$\mu - \beta n(a + p) + \eta a + \psi p - \mu n = 0 \quad (5)$$

$$\beta n(a + p) + \theta p - \alpha a p - (\gamma + \eta + \mu)a = 0 \quad (6)$$

$$\alpha a p + \gamma a - (\theta + \psi + \mu)p = 0 \quad (7)$$

(i) Titik Ekuilibrium Bebas masalah perjudian

Titik ekuilibrium bebas masalah perjudian menyatakan kondisi dimana tidak ada individu pejudi bermasalah yang terjadi dalam populasi ($p = 0$) maka diperoleh

$$E^0 = (n^0, a^0, p^0) = (1, 0, 0) \quad (8)$$

(ii) Titik Ekuilibrium Endemik

Titik ekuilibrium endemik menyatakan kondisi dimana terdapat individu yang terinfeksi dalam populasi, ($p \neq 0$). Untuk menentukan titik ekuilibrium endemik, misalkan $n = n^*$, $a = a^*$ dan $p = p^*$. Kemudian pada persamaan (7) diperoleh:

$$p = \frac{-\gamma a}{(\alpha a - \sigma)} = p^* \quad (9)$$

dimana

$$\sigma = \theta + \psi + \mu \quad (10)$$

Selanjutnya substitusikan persamaan p^* ke persamaan (4) diperoleh

$$n = 1 - a + \frac{\gamma a}{(\alpha a - \sigma)} = n^* \quad (11)$$

Dari persamaan (6), persamaan a^* diperoleh sebagai berikut

$$\beta \left(1 - a + \frac{\gamma a}{(\alpha a - \sigma)} \right) \left(a - \frac{\gamma a}{(\alpha a - \sigma)} \right) - \frac{\theta \gamma a}{(\alpha a - \sigma)} + \frac{\alpha a^2 \gamma}{(\alpha a - \sigma)} - \omega a = a' \quad (12)$$

dimana

$$\omega = \gamma + \eta + \mu \quad (13)$$

Kemudian persamaan (12) dikalikan dengan $\frac{(\alpha a - \sigma)^2}{a}$ sehingga diperoleh polinomial kubik pada a yaitu

$$f(a) = c_3 a^3 + c_2 a^2 + c_1 a + c_0 \quad (14)$$

dimana

$$c_3 = -\alpha^2 \beta$$

$$c_2 = \alpha((\beta + \gamma - \omega)\alpha + 2\beta(\gamma + \sigma))$$

$$c_1 = ((-\gamma - 2\sigma)\beta + (-\gamma + 2\omega)\sigma - \theta\gamma)\alpha - \beta(\gamma + \sigma)^2$$

$$c_0 = \sigma(\beta(\gamma + \sigma) + \theta\gamma - \omega\sigma)$$

Dari persamaan diatas maksimal memperoleh tiga titik ekuilibrium endemik. Misalkan $\alpha = 0$ disubstitusikan ke persamaan (12) maka diperoleh:

$$a = \frac{\sigma(\beta\gamma + \beta\sigma + \theta\gamma - \omega\sigma)}{\beta(\gamma^2 + \gamma\sigma + \sigma^2)} = a^* \quad (15)$$

sehingga titik ekuilibrium endemik E^* saat $\alpha = 0$ yaitu

$$E^* = \left(1 - a + \frac{\gamma a}{(-\sigma)}, \frac{\sigma(\beta\gamma + \beta\sigma + \theta\gamma - \omega\sigma)}{\beta(\gamma^2 + \gamma\sigma + \sigma^2)}, \frac{-\gamma a}{(-\sigma)}\right) \quad (16)$$

Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Bilangan reproduksi dasar diperoleh dengan mengkonstruksikan *the next generation matrix* yang difokuskan pada kelompok individu yang berisiko dan individu yang mengalami masalah dalam berjudi. Model (3) mengandung persamaan yang menyatakan perubahan pejudi yang berisiko bermasalah dan pejudi yang bermasalah dalam bentuk proporsi yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= \beta n(a + p) + \theta p - \alpha a p - (\gamma + \eta + \mu)a \\ \frac{dp}{dt} &= \alpha a p + \gamma a - (\theta + \psi + \mu)p \end{aligned} \quad (17)$$

Misalkan T_a adalah entri yang menunjukkan individu yang berisiko dalam berjudi, T_p adalah entri yang menunjukkan individu bermasalah dalam berjudi, Σ_a adalah entri yang menggambarkan perpindahan individu dalam kelompok pejudi berisiko, dan Σ_p adalah entri yang menggambarkan perpindahan individu dalam kelompok pejudi bermasalah, sehingga pada persamaan (17) diperoleh

$$\begin{aligned} T_a &= \beta n a + \beta n p + \theta p \\ T_p &= \alpha a p \\ \Sigma_a &= -\alpha a p - (\gamma + \eta + \mu)a \\ \Sigma_p &= \gamma a - (\theta + \psi + \mu)p \end{aligned} \quad (18)$$

Selanjutnya, matriks T dan Σ ditentukan, di mana T adalah matriks dengan entri yang mewakili keberadaan pejudi dalam setiap kelompok, dan Σ adalah matriks dengan entri yang mewakili pergerakan pejudi antara kelompok-kelompok tersebut.

Kemudian, *next generation matrix* dari model (18) diperoleh sebagai berikut:

$$-T\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\beta(\theta + \psi + \mu) + \theta\gamma}{(\gamma + \eta + \mu)(\theta + \psi + \mu)} & \frac{(\beta + \theta)(\gamma + \eta + \mu)}{(\gamma + \eta + \mu)(\theta + \psi + \mu)} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Kemudian dari persamaan (19) diperoleh nilai eigen terbesar dari persamaan karakteristiknya yaitu $\frac{\beta(\theta + \psi + \mu) + \theta\gamma}{(\gamma + \eta + \mu)(\theta + \psi + \mu)}$ sehingga *basic reproduction number* dari model (3) adalah

$$R_0 = \frac{\beta(\theta + \psi + \mu) + \beta\gamma + \theta\gamma}{(\gamma + \eta + \mu)(\theta + \psi + \mu)} \quad (20)$$

Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium

Model (3) merupakan model non linier. Oleh karena itu, untuk menentukan kestabilan dari sistem di titik ekuilibrium, maka sistem perlu dilinearisasikan terlebih dahulu dengan menggunakan matriks Jacobian berikut

$$J = \begin{bmatrix} -\beta a - \mu & -\beta n + \eta & -\beta n + \psi \\ \beta(a + p) & \beta n - \alpha p - (\gamma + \eta + \mu) & \beta n + \theta - \alpha a \\ 0 & \alpha p + \gamma & \alpha a - (\theta + \psi + \mu) \end{bmatrix} \quad (21)$$

Nilai eigen matriks Jacobian di titik ekuilibrium bebas masalah perjudian tersebut diperoleh dengan menggunakan persamaan karakteristik berikut

$$\det \left(\begin{bmatrix} -\mu - \lambda & -\beta + \eta & -\beta + \psi \\ 0 & \beta - (\gamma + \eta + \mu) - \lambda & \beta + \theta \\ 0 & \gamma & (\theta + \psi + \mu) - \lambda \end{bmatrix} \right) = 0 \quad (22)$$

$$(\mu + \lambda)(-\lambda^2 + (\beta - \omega - \sigma)\lambda + (\beta - \omega)\sigma + \gamma(\beta + \theta)) = 0 \quad (23)$$

Nilai eigen dari persamaan (23) adalah

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= -\mu \\ \lambda_2 &= \frac{1}{2}((\beta - \omega - \sigma) + \sqrt{(\beta - \omega - \sigma)^2 + 4((\beta - \omega)\sigma + \gamma(\beta + \theta))}) \\ \lambda_3 &= \frac{1}{2}((\beta - \omega - \sigma) - \sqrt{(\beta - \omega - \sigma)^2 + 4((\beta - \omega)\sigma + \gamma(\beta + \theta))}) \end{aligned}$$

Karena $\lambda_1 < 0$, stabilitas di sekitar titik keseimbangan tanpa masalah perjudian bergantung pada λ_2 dan λ_3 . Jika $(\beta - \omega - \sigma) < 0$ dan $(\beta - \omega)\sigma + \gamma(\beta + \theta) < 0$, maka titik keseimbangan tidak masalah berjudi akan stabil asimtotik.

Simulasi Numerik Model Dinamika Pejudi NAP

Pada subbab ini, simulasi dilakukan pada data perjudian untuk kelompok remaja 16-18 tahun dan kelompok dewasa muda 18-24 tahun. Solusi model (3) ditentukan dengan menggunakan metode *Runge-Kutta* melalui penggunaan *software Python*.

a. Penyebaran Perjudian

Penyebaran perjudian muda dibagin menjadi dua kelompok yaitu kelompok remaja 16-18 tahun dan kelompok dewasa 18-24 tahun.

1) Remaja 16-18 Tahun

Pada simulasi kelompok ini, nilai-nilai parameter yang digunakan adalah

Tabel 2: Nilai-nilai Parameter remaja

No	Parameter	Nilai
1	α	1.88
2	β	0.953
3	γ	0.18
4	η	0.266
5	μ	1/1.75
6	θ	2/14
7	ψ	0

Dengan menggunakan persamaan (18) diperoleh $R_0 = 1,2081$. Hal ini berarti jumlah penyebaran perjudian pada remaja meningkat dalam populasi karena $R_0 > 1$.

Selanjutnya, untuk menentukan titik kesetimbangan endemik penyebaran perjudian kelompok remaja ini diperoleh dengan menentukan faktor dari a^* yang diperoleh dari parameter pada Tabel (2)

$$E^* = (0,81; 0,14; 0,04)$$

2) Dewasa Muda 18-24 Tahun

Pada simulasi kelompok ini, nilai-nilai parameter yang digunakan adalah

Tabel 3: Nilai-nilai Parameter dewasa muda

No	Parameter	Nilai
1	α	0.019
2	β	0.412
3	γ	0.04
4	η	0.093
5	μ	1/5.3
6	θ	0.052
7	ψ	0.042

Dengan menggunakan persamaan (18) diperoleh $R_0 = 1,4848$. Hal ini berarti jumlah penyebaran perjudian pada dewasa muda meningkat dalam populasi karena $R_0 > 1$.

Selanjutnya, untuk menentukan titik kesetimbangan endemik penyebaran perjudian kelompok dewasa muda ini diperoleh dengan menentukan faktor dari a^* yang diperoleh dari parameter pada Tabel (3)

$$E^* = (0,66; 0,29; 0,04)$$

b. Simulasi Model NAP pada Anak Muda

Model NAP pada kalangan anak muda disimulasikan pada data kasus perjudian dengan Nilai parameter dan variabel untuk setiap kelompok sebagai berikut:

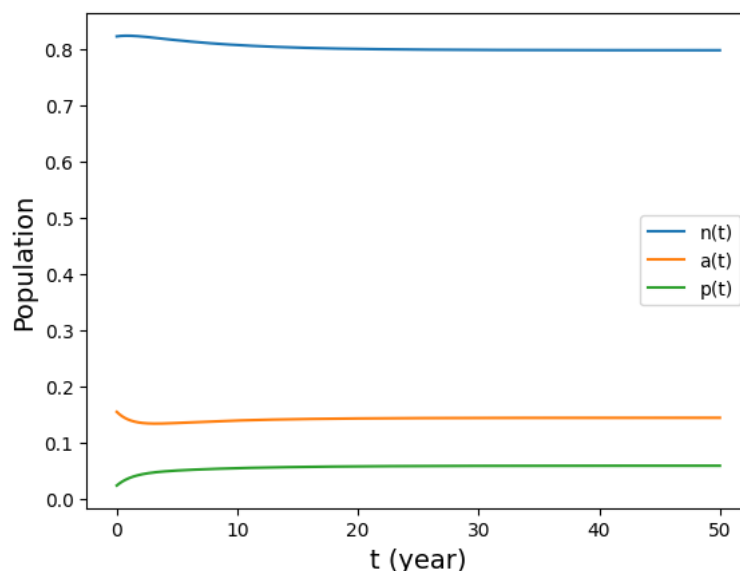
1. Remaja 16-18 Tahun

Berikut adalah tabel yang menampilkan nilai-nilai kompartmen untuk populasi remaja.

Tabel 4: Nilai-nilai Populasi Kompartmen Remaja

No	Parameter	Nilai
1	S	305
2	N(0)	251
3	A(0)	47
4	P(0)	7

Dengan menggunakan parameter pada Tabel (4) diperoleh grafik solusi dari model (3) sebagai berikut:



Gambar 2: Grafik Solusi untuk remaja

Pada Gambar 2 diperoleh grafik solusi dari kelompok remaja 16-18 tahun akan menuju titik ekuilibrium endemiknya yaitu $E^* = (0,81; 0,14; 0,04)$ dimana menunjukkan bahwa infeksi perjudian menjadi endemik dalam populasi. Hal ini menggambarkan bahwa perjudian tetap ada secara terus-menerus tanpa menyebabkan wabah yang besar.

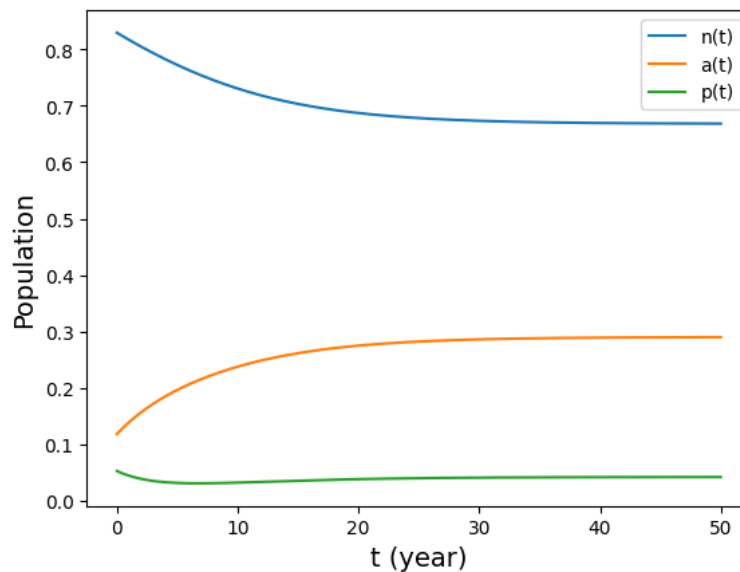
2. Dewasa Muda 18-24 Tahun

Berikut adalah tabel yang menampilkan nilai-nilai kompartmen untuk populasi dewasa muda:

Tabel 5: Nilai-nilai Populasi Kompartmen Dewasa Muda

No	Parameter	Nilai
1	S	305
2	N(0)	253
3	A(0)	36
4	P(0)	16

Dengan menggunakan parameter pada Tabel (5) diperoleh grafik solusi dari model (3) sebagai berikut :



Gambar 3: Grafik Solusi untuk dewasa muda

Pada Gambar 3 diperoleh grafik solusi dari kelompok dewasa muda 18-24 tahun akan menuju titik ekuilibrium endemiknya yaitu $E^* = (0,66; 0,29; 0,04)$ dimana menunjukkan bahwa infeksi perjudian menjadi endemik dalam populasi. Hal ini menggambarkan bahwa perjudian tetap ada secara terus-menerus tanpa menyebabkan wabah yang besar.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, titik keseimbangan untuk keadaan bebas perjudian (E^0) terletak pada $(1, 0, 0)$, yang mewakili keseimbangan asimtotik yang stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa jika awalnya tidak ada individu yang memiliki masalah perjudian, maka tidak akan ada individu yang berisiko mengalami masalah perjudian, dan hanya mereka yang tidak memiliki masalah perjudian yang akan ada, tetap bertahan dari waktu ke waktu. Selain itu, kedua kelompok, remaja ($R_0 = 1,2081$) dan dewasa muda ($R_0 = 1,4848$), menunjukkan nilai angka reproduksi dasar (R_0) yang melebihi 1, menandakan stabilitas asimtotik dari setiap titik keseimbangan kelompok, dengan peningkatan individu yang mengalami masalah perjudian. Oleh karena itu, berdasarkan analisis ini, kedua grafik akan konvergen menuju titik keseimbangan endemik mereka, menunjukkan bahwa bahkan perubahan kecil dalam jumlah subpopulasi akan mengembalikan grafik ke titik keseimbangan endemik mereka. Analisis grafik yang diperoleh untuk 50 tahun ke depan pada populasi remaja dan dewasa muda menunjukkan konvergensi menuju titik keseimbangan endemik masing-masing, yang divisualisasikan dalam grafik-grafik tersebut, yang merupakan kontribusi penting bagi

pemahaman masalah yang ada. Hal ini menekankan pentingnya langkah-langkah proaktif untuk mencegah penyebaran dan persistensi masalah terkait perjudian dalam populasi ini. Para pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan dapat menggunakan titik keseimbangan yang diidentifikasi dan angka reproduksi sebagai parameter penting saat merumuskan langkah-langkah pencegahan dan intervensi yang ditargetkan. Namun, penting untuk mengakui keterbatasan studi ini, termasuk penyederhanaan kompleksitas dunia nyata dalam pemodelan matematika dan asumsi berdasarkan data yang tersedia, yang dapat memengaruhi hasil model. Penelitian masa depan di bidang ini dapat menyelidiki ketiga kompartemen sambil menambahkan parameter tambahan untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati kondisi dunia nyata. Hal ini dapat mencakup mengeksplorasi dampak status sosial ekonomi, faktor budaya, akses ke fasilitas perjudian, dan faktor lainnya terhadap dinamika perjudian pemuda.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguiar, M., Anam, V., Blyuss, K. B., Estadilla, C. D. S., Guerrero, B. V., Knopoff, D., Kooi, B. W., Srivastav, A. K., Steindorf, V., & Stollenwerk, N. (2022). Mathematical models for dengue fever epidemiology: A 10-year systematic review. *Physics of Life Reviews*, *40*, 65–92. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2022.02.001>
- André, F., Håkansson, A., Johansson, B. A., & Claesdotter-Knutsson, E. (2022). The prevalence of gaming and gambling in a child and adolescent psychiatry unit. *Journal of Public Health Research*, *11*(2), 227990362211041. <https://doi.org/10.1177/22799036221104160>
- Brauer, F., Castillo-Chavez, C., & Feng, Z. (2019). *Epidemic Models* (pp. 117–178). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9828-9_4
- Budiman, R., Romadini, N. A., Herwandi Aziz, M. A., & Pratama, A. G. (2022). The Impact of Online Gambling Among Indonesian Teens and Technology. *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, *3*(2), 162–167. <https://doi.org/10.34306/itsdi.v3i2.559>
- Calluso, C., Pettorruso, M., Tosoni, A., Carenti, M. L., Cannito, L., Martinotti, G., di Giannantonio, M., & Committeri, G. (2020). Cognitive dynamics of intertemporal choice in gambling disorder. *Addictive Behaviors*, *109*, 106463. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106463>
- Davies, N. H., Roderique-Davies, G., Drummond, L. C., Torrance, J., Sabolova, K., Thomas, S., & John, B. (2023). Accessing the invisible population of low-risk gamblers, issues with screening, testing and theory: a systematic review. *Journal of Public Health*, *31*(8), 1259–1273. <https://doi.org/10.1007/s10389-021-01678-9>
- Do, T. S., & Lee, Y. S. (2014). A differential equation model for the dynamics of youth gambling. *Osong Public Health and Research Perspectives*, *5*(4), 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.phrp.2014.06.008>
- Esparza-Reig, J., Guillén-Riquelme, A., Martí-Vilar, M., & González-Sala, F. (2021). A Reliability Generalization Meta-analysis of the South Oaks Gambling Screen (SOGS). *Psicothema*, *33*(3), 490–499. <https://doi.org/10.7334/psicothema2020.449>
- Frisone, F., Settineri, S., Sicari, P. F., & Merlo, E. M. (2020). Gambling in adolescence: a narrative review of the last 20 years. *Journal of Addictive Diseases*, *38*(4), 438–457. <https://doi.org/10.1080/10550887.2020.1782557>
- Håkansson, A. (2020). Changes in Gambling Behavior during the COVID-19 Pandemic—A Web Survey Study in Sweden. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(11), 4013. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114013>

- Hendrich Juk Abeth, Esti Royani, & Salmonius. (2021). Penegakkan Hukum Pidana Dalam Rangka Penanggulangan Perjudian di Masyarakat. *Collegium Studiosum Journal*, 4(2), 88–97. <https://doi.org/10.56301/cs.j.v4i2.483>
- Hicklin, K., & Hassmiller Lich, K. (2020). Mathematical Modeling in Population Health Research. In *Complex Systems and Population Health* (pp. 157–170). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190880743.003.0011>
- King, S. M., Wasberg, S. M. H., & Wollmuth, A. K. (2020). Gambling problems, risk factors, community knowledge, and impact in a US Lao immigrant and refugee community sample. *Public Health*, 184, 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.03.019>
- Kong, Y., Li, T., Wang, Y., Cheng, X., Wang, H., & Lei, Y. (2021). Dynamics analysis of an online gambling spreading model on scale-free networks. *Advances in Difference Equations*, 2021(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13662-020-03165-z>
- Kucharski, A. J., Russell, T. W., Diamond, C., Liu, Y., Edmunds, J., Funk, S., Eggo, R. M., Sun, F., Jit, M., Munday, J. D., Davies, N., Gimma, A., van Zandvoort, K., Gibbs, H., Hellewell, J., Jarvis, C. I., Clifford, S., Quilty, B. J., Bosse, N. I., ... Flasche, S. (2020). Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(5), 553–558. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30144-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30144-4)
- Latvala, T., Lintonen, T., & Konu, A. (2019). Public health effects of gambling – debate on a conceptual model. *BMC Public Health*, 19(1), 1077. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7391-z>
- Lee, Y. S., & Do, T. S. (2013). A mathematical modeling approach to gambling among older adults. *Applied Mathematics and Computation*, 221, 403–410. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2013.05.075>
- Livazović, G., & Bojčić, K. (2019). Problem gambling in adolescents: what are the psychological, social and financial consequences? *BMC Psychiatry*, 19(1), 308. <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2293-2>
- Makaran, A. A., & Astuti, L. (2023). Faktor yang Mempengaruhi Mahasiswa Melakukan Perjudian Online. *Indonesian Journal of Criminal Law and Criminology (IJCLC)*, 3(3), 180–189. <https://doi.org/10.18196/ijclc.v3i3.17674>
- Metcalf, C. J. E., Morris, D. H., & Park, S. W. (2020). Mathematical models to guide pandemic response. *Science*, 369(6502), 368–369. <https://doi.org/10.1126/science.abd1668>
- Mohamadou, Y., Halidou, A., & Kapen, P. T. (2020). A review of mathematical modeling, artificial intelligence and datasets used in the study, prediction and management of COVID-19. *Applied Intelligence*, 50(11), 3913–3925. <https://doi.org/10.1007/s10489-020-01770-9>
- Padmanabhan, R., Abed, H. S., Meskin, N., Khattab, T., Shraim, M., & Al-Hitmi, M. A. (2021). A review of mathematical model-based scenario analysis and interventions for COVID-19. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 209, 106301. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106301>
- Parrado-González, A., Fernández-Calderón, F., Newall, P. W. S., & León-Jariego, J. C. (2023). Peer and Parental Social Norms as Determinants of Gambling Initiation: A Prospective Study. *Journal of Adolescent Health*, 73(2), 296–301. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2023.02.033>
- Rogier, G., Beomonte Zobel, S., Morganti, W., Ponzoni, S., & Velotti, P. (2021). Metacognition in gambling disorder: A systematic review and meta-analysis. *Addictive Behaviors*, 112, 106600. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106600>
- Seo, W., Kim, N., Lee, S.-K., & Park, S.-M. (2020). Machine learning-based analysis of adolescent gambling factors. *Journal of Behavioral Addictions*, 9(3), 734–743. <https://doi.org/10.1556/2006.2020.00063>

- Siste, K., Hanafi, E., Sen, L. T., Damayanti, R., Beatrice, E., & Ismail, R. I. (2022). Psychometric properties of the Indonesian Ten-item Internet Gaming Disorder Test and a latent class analysis of gamer population among youths. *PLOS ONE*, *17*(6), e0269528. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269528>
- Syvertsen, A., Erevik, E. K., Hanss, D., Mentzoni, R. A., & Pallesen, S. (2022). Relationships Between Exposure to Different Gambling Advertising Types, Advertising Impact and Problem Gambling. *Journal of Gambling Studies*, *38*(2), 465–482. <https://doi.org/10.1007/s10899-021-10038-x>
- Tolchard, B. (2015). The impact of gambling on rural communities worldwide: A narrative literature review. *Journal of Rural Mental Health*, *39*(2), 90–107. <https://doi.org/10.1037/rmh0000030>