

Mencari Alternatif Strategi Pemberantasan Korupsi di Indonesia dengan Model Matematika

Pipit Pratiwi Rahayu¹, Muhammad Wakhid Musthofa²

^{1,2} Program Studi Matematika, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Jl. Marsda Adisucipto No. 1 Yogyakarta 55241

Email: pipit.rahayu@uin-suka.ac.id¹, muhammad.musthofa@uin-suka.ac.id²,

Korespondensi penulis: pipit.rahayu@uin-suka.ac.id

Abstrak

Korupsi di Indonesia telah menjadi tantangan besar yang menghambat pembangunan berkelanjutan dan kepercayaan publik terhadap pemerintah. Meskipun berbagai upaya telah dilakukan, tingkat korupsi tetap tinggi dan bahkan cenderung meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk menawarkan alternatif strategi pemberantasan korupsi di Indonesia melalui pendekatan model matematika. Model ini mempertimbangkan faktor utama dalam pemberantasan korupsi seperti partisipasi aktif masyarakat, perbaikan regulasi, dan penguatan lembaga penegak hukum. Dalam model tersebut, populasi dibagi ke dalam beberapa kelompok, yaitu kelompok rentan, kebal, koruptor, narapidana, dan reformis. Analisis yang dilakukan meliputi penentuan titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar untuk memahami dinamika penyebaran korupsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi holistik yang mencakup pengurangan interaksi korupsi, peningkatan kesadaran publik, dan penguatan penegakan hukum dapat efektif dalam menekan laju korupsi. Dengan penerapan strategi ini, diharapkan tercipta lingkungan yang bebas korupsi dan mendukung pembangunan yang adil dan berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: korupsi di Indonesia; model matematika; titik ekuilibrium; bilangan reproduksi dasar.

Abstract

Corruption is a persistent issue in Indonesia, negatively impacting economic growth, public trust, and social stability. Corruption levels remain high despite numerous efforts through legal, social, economic, political, and religious strategies. This research introduces a mathematical model to analyze and propose alternative strategies for combating corruption in Indonesia. The model focuses on the interactions between various societal groups, including vulnerable individuals, immune individuals, corruptors, prisoners, and reformers. The study examines fundamental dynamics such as equilibrium points and the primary reproduction number to understand the spread of corrupt behavior within the population. The findings

suggest that reducing the effective contact rate of corruption, increasing transparency and law enforcement, and enhancing public awareness can significantly decrease the spread of corruption. The research offers a holistic approach involving active community participation, regulatory improvements, and strengthening enforcement institutions, aiming to create an environment that curbs corrupt practices. These results provide a strategic foundation for sustainable and equitable development in Indonesia.

Keywords: *corruption in Indonesia; mathematical model; equilibrium point; basic reproduction number.*

1. Pendahuluan

Indonesia, sebagai negara yang kaya sumber daya alam dan memiliki potensi pembangunan yang besar, masih dihadapkan pada tantangan serius dalam bentuk tindak pidana korupsi [1]. Korupsi menjadi ancaman nyata terhadap pembangunan berkelanjutan, pemerataan ekonomi, dan penguatan lembaga-lembaga negara. Dalam beberapa dekade terakhir, masalah korupsi di Indonesia telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan dan merugikan masyarakat secara luas [2].

Pentingnya memberantas tindak pidana korupsi tidak hanya berkaitan dengan aspek moral dan etika, namun juga secara langsung dikarenakan korupsi telah mempengaruhi perkembangan ekonomi, investasi, dan stabilitas sosial [3]. Lembaga survei dan indeks internasional Transparency International menunjukkan bahwa Indonesia masih memiliki tingkat korupsi yang signifikan yang dampaknya terasa di berbagai sektor, termasuk pelayanan publik, pengelolaan keuangan negara, dan investasi [4].

Salah satu dampak serius dari korupsi adalah merosotnya kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah dan institusi publik [5]. Hal ini dapat menghambat partisipasi masyarakat dalam pembangunan dan meningkatkan tingkat ketidaksetaraan sosial. Oleh karena itu, perlunya upaya serius untuk memberantas tindak pidana korupsi tidak hanya untuk memenuhi tuntutan hukum, tetapi juga sebagai langkah strategis untuk membangun negara yang bersih, transparan, dan akuntabel.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak negatif tindak pidana korupsi, sejumlah peneliti telah menawarkan berbagai strategi serta pendekatan guna memberantas korupsi di Indonesia. Strategi dan pendekatan yang ditawarkan dalam penelitian tersebut mencakup aspek hukum, sosial, ekonomi, politik, dan agama [6]-[9]. Berbagai dimensi, mulai dari perbaikan regulasi hingga penguatan lembaga penegak hukum dan pemberdayaan masyarakat juga telah ditawarkan. Namun, meskipun berbagai strategi dan pendekatan telah dilakukan dalam rangka memberantas korupsi di Indonesia, realitas empiris menunjukkan bahwa tingkat korupsi di negara ini masih tetap tinggi dan bahkan cenderung meningkat [10]. Fenomena ini di satu sisi menunjukkan bahwa semua tawaran yang telah diajukan guna memberantas korupsi di Indonesia belumlah sepenuhnya tepat maupun efektif dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pendekatan yang lebih komprehensif dalam memberantas korupsi di Indonesia.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji strategi pemberantasan korupsi melalui berbagai pendekatan non-matematis, mencakup aspek hukum, sosial, ekonomi, dan budaya. Dalam bidang hukum, [11] menyoroti efektivitas operasi tangkap tangan sebagai strategi penegakan hukum yang diterapkan oleh Komisi Pemberantasan Korupsi

(KPK). Studi ini menekankan bahwa pendekatan represif dapat memberikan efek jera, tetapi perlu diimbangi dengan reformasi hukum yang lebih luas untuk memastikan keberlanjutan upaya pemberantasan korupsi.

Pendekatan sosial juga telah menjadi fokus penelitian dalam upaya pemberantasan korupsi. Selanjutnya [12] meneliti peran lembaga keagamaan dan nilai-nilai Pancasila dalam membangun kesadaran antikorupsi di masyarakat. Studi ini menunjukkan bahwa internalisasi nilai-nilai etika dan moral dapat mengurangi kecenderungan individu untuk terlibat dalam praktik korupsi. Selain itu, [13] menyoroti penerapan hukum Islam dalam pemberantasan korupsi, yang menekankan pentingnya sanksi berbasis syariah dan edukasi moral sebagai strategi preventif.

Dalam perspektif ekonomi, [14] mengusulkan akuntansi forensik sebagai instrumen strategis dalam mendeteksi dan mencegah tindak pidana korupsi, khususnya dalam kasus suap. Studi ini mengungkapkan bahwa penerapan akuntansi forensik dapat meningkatkan transparansi keuangan serta mempersempit ruang bagi praktik koruptif dalam institusi publik maupun swasta.

Meskipun pendekatan-pendekatan tersebut telah berkontribusi dalam memahami dan menangani korupsi, penelitian ini berusaha menawarkan alternatif strategi lain dalam pemberantasan korupsi di Indonesia, yaitu dengan pendekatan model matematika. Model matematika adalah salah satu konsentrasi dalam ilmu matematika yang berusaha mendekati dan menerjemahkan suatu fenomena dalam kehidupan (dalam hal ini adalah perilaku korupsi di Indonesia) ke dalam bentuk persamaan matematika yang menggambarkan fenomena tersebut [15]. Penyusunan model matematika dalam penelitian ini akan mempertimbangkan faktor utama dalam pemberantasan korupsi, yaitu partisipasi aktif masyarakat, perbaikan regulasi, dan penguatan lembaga penegak hukum. Bagian-bagian penting dari model seperti kondisi titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar akan ditentukan dan dianalisis. Selanjutnya, analisis kestabilan model dilakukan dalam rangka mengetahui apakah sistem yang merepresentasikan dinamika korupsi stabil atau tidak ketika individu-individu yang terlibat dalam praktik korupsi saling berinteraksi. Dengan menyelesaikan model matematika yang telah dikonstruksikan akan dihasilkan analisis kualitatif dari perilaku korupsi di Indonesia dan diperoleh strategi holistik pemberantasan korupsi.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan strategi holistik yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat, perbaikan regulasi, dan penguatan lembaga penegak hukum guna menciptakan lingkungan yang tidak memberi ruang bagi tindak pidana korupsi. Kesuksesan penelitian ini akan memberikan kontribusi positif terhadap pembangunan Indonesia yang berkelanjutan, adil, dan berkualitas.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan model matematika untuk memahami dinamika penyebaran korupsi di Indonesia dan mengevaluasi strategi pemberantasannya. Model yang dikembangkan mengelompokkan populasi ke dalam lima kategori: Kelompok Rentan (S), Kelompok Kebal (I), Kelompok Koruptor (C), Kelompok Narapidana (J), dan Kelompok Reformis (R) [16]. Pendekatan ini dilakukan dengan menyusun sistem persamaan diferensial untuk menggambarkan interaksi antar

kelompok serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi peralihan individu dari satu kelompok ke kelompok lainnya.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari literatur dan studi kasus sebelumnya yang mengamati fenomena korupsi di Indonesia. Faktor-faktor seperti tingkat kontak korupsi, keberhasilan individu untuk berpindah antar kelompok, dan tingkat penegakan hukum dimodelkan ke dalam persamaan matematika. Untuk memudahkan analisis, sistem ini disederhanakan menjadi sistem fraksi, artinya setiap variabel mewakili proporsi populasi dalam masing-masing kelompok pada waktu tertentu [17].

Analisis dilakukan dengan menentukan titik ekuilibrium sistem dan menghitung bilangan reproduksi dasar (R_0) sebagai parameter kunci untuk mengevaluasi potensi penyebaran korupsi. Nilai R_0 menunjukkan apakah korupsi dapat menyebar dalam populasi atau tidak [18]. Metode nilai eigen digunakan untuk memeriksa kestabilan titik ekuilibrium, baik secara lokal maupun global [19]. Hasil dari model ini diharapkan dapat memberikan panduan strategis dalam memberantas korupsi melalui pendekatan holistik, yang mencakup partisipasi masyarakat, perbaikan regulasi, dan penguatan institusi hukum.

3. Hasil dan Pembahasan

Model matematika dinamika perilaku korupsi dalam artikel ini dituliskan ke dalam lima kelompok yaitu kelompok rentan, kebal, koruptor, narapidana, dan reformis. Perhitungan titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar dilakukan untuk melihat kestabilan dari model matematika. Kestabilan tersebut nantinya digunakan untuk menganalisis dinamika korupsi. Dengan kata lain, muncul cara atau pendekatan agar mengurangi hal-hal yang menyebabkan penyebaran korupsi sehingga kasus korupsi di Indonesia dapat berkurang.

3.1 Model Matematika

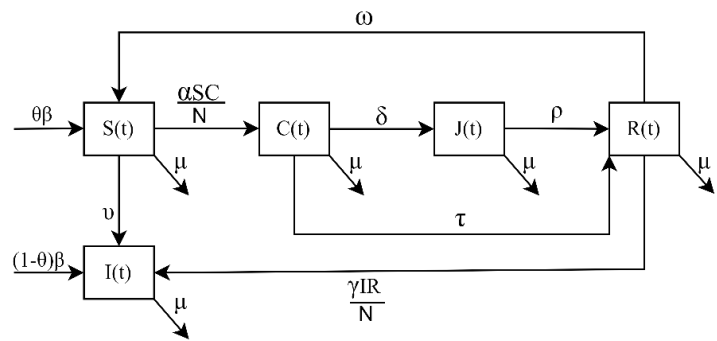
Dalam artikel ini, total populasi penduduk (N) dikelompokkan lagi menjadi lima yaitu Kelompok Rentan (S), Kelompok Kebal (I), Kelompok Koruptor (C), Kelompok Narapidana (J), dan Kelompok Reformis (R). Kelompok Rentan (S) adalah kelompok yang terdiri dari individu-individu yang tidak pernah terlibat dalam praktik korupsi, namun rentan terjerat praktik-praktik korupsi di masyarakat. Kelompok rentan dihasilkan dari kelahiran individu dengan standar moral yang baik. Individu yang rentan terhadap korupsi memiliki dua kemungkinan yaitu bisa berpindah ke kelompok koruptor atau masuk ke kelompok kebal. Mereka akan berpindah ke kelompok koruptor jika dirinya berhasil dipengaruhi akibat interaksinya dengan individu koruptor. Sebaliknya akan masuk ke kelompok kebal jika dirinya tidak dapat terpengaruh akibat interaksinya dengan individu koruptor. Demikian juga jika mereka memiliki keimanan yang tinggi sehingga mereka bisa mengambil hikmah dari setiap peristiwa korupsi, yang akan menguatkan diri mereka untuk tidak melakukan korupsi. Sedangkan kelompok Kebal (I) adalah kelompok ini terdiri dari individu-individu yang memiliki standar moral dan tidak akan pernah terlibat dalam praktik korupsi, apa pun yang terjadi dengan keadaan di sekitar mereka.

Kelompok Koruptor (C) adalah kelompok ini terdiri dari individu yang sering terlibat dalam praktik korupsi dan mampu mempengaruhi pihak yang rentan untuk

menjadi pelaku korupsi. Individu yang korupsi setelah mendapatkan orientasi yang benar melalui pencerahan publik meninggalkan kelompok koruptor menuju kelompok reformis. Individu yang korupsi yang dituntut dan dipenjara meninggalkan kelompok koruptor menuju kelompok yang dipenjara.

Kelompok Narapidana (J) adalah kelompok kelas individu yang dipenjara untuk jangka waktu tertentu dikarenakan telah melakukan korupsi. Selama berada di dalam penjara kelompok ini tidak dapat terlibat dalam tindakan korupsi dan tidak dapat mempengaruhi orang lain untuk melakukan korupsi. Individu yang dipenjara akan menjadi individu yang reformis setelah mendapatkan orientasi yang benar melalui pencerahan publik. Sedangkan kelompok Reformis (R) adalah kelompok yang terdiri dari para mantan narapidana yang telah direformasi saat menjalani masa hukuman penjara, namun tetap menjadi rentan terhadap korupsi. Disisi lain kelompok Reformis (R) masih memungkinkan untuk berinteraksi dengan kelompok kebal (I). Jika demikian maka diharapkan kelompok Reformis (R) akan menjadi kebal selamanya.

Model matematika dari dinamika perilaku korupsi di atas dapat digambarkan dalam sebuah diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1: Diagram dinamika perilaku korupsi

Parameter-parameter yang terlibat dalam diagram di atas didefinisikan dalam Tabel 1 berikut. Parameter-parameter tersebut dihasilkan dari asumsi teoritis dinamika perilaku korupsi di Indonesia.

Tabel 1: Definisi Parameter

No	Parameter	Deskripsi
1	θ	Proporsi individu yang tidak memiliki kekebalan tubuh, yaitu kemampuan dari diri seseorang agar dapat mempertahankan dirinya untuk tidak melakukan korupsi.
2	β	Tingkat kelahiran individu yang masuk ke dalam populasi
3	α	Efektivitas interaksi individu yang rentan dengan individu yang korupsi
4	γ	Efektivitas interaksi individu yang reformis dengan individu yang kebal
5	ω	Tingkat keberhasilan individu yang reformis berubah menjadi individu yang rentan terhadap korupsi
6	ν	Tingkat di mana individu yang rentan menjadi kebal terhadap korupsi

7	δ	Tingkat penuntutan dan pemenjaraan terhadap koruptor
8	τ	Tingkat keberhasilan individu yang korupsi menjadi reformis karena pencerahan publik
9	ρ	Tingkat keberhasilan individu yang dipenjara menjadi individu yang reformis
10	μ	Tingkat kematian alami

Selanjutnya, diagram pada Gambar 1 tersebut dapat dinyatakan dalam model matematika yang dinyatakan sebagai sistem nonlinier berikut.

$$S'(t) = \theta\beta - \frac{\alpha S(t)C(t)}{N(t)} - (\mu + v)S(t) + \omega R(t) \quad (1)$$

$$I'(t) = (1 - \theta)\beta + vS(t) - \mu I(t) + \frac{\gamma I(t)R(t)}{N(t)} \quad (2)$$

$$C'(t) = \frac{\alpha S(t)C(t)}{N(t)} - (\mu + \tau + \delta)C(t) \quad (3)$$

$$J'(t) = \delta C(t) - (\mu + \rho)J(t) \quad (4)$$

$$R'(t) = \tau C(t) + \rho J(t) - \frac{\gamma I(t)R(t)}{N(t)} - (\mu + \omega)R(t) \quad (5)$$

Sistem fraksi dari persamaan (1)-(5) di atas dinyatakan dalam sistem persamaan berikut.

$$s'(t) = \theta\beta - \alpha s(t)c(t) - (\mu + v)s(t) + \omega r(t) \quad (6)$$

$$i'(t) = (1 - \theta)\beta + vs(t) - \mu i(t) + \gamma i(t)r(t) \quad (7)$$

$$c'(t) = \alpha s(t)c(t) - (\mu + \tau + \delta)c(t) \quad (8)$$

$$j'(t) = \delta c(t) - (\mu + \rho)j(t) \quad (9)$$

$$r'(t) = \tau c(t) + \rho j(t) - \gamma i(t)r(t) - (\mu + \omega)r(t) \quad (10)$$

Dalam sistem fraksi (6)-(10) di atas, variabel-variabel dalam sistem persamaan diferensial (1)-(5) diubah menjadi fraksi (persentase) dari total populasi pada waktu tertentu. Fraksi pada persamaan (6)-(10) di atas mengacu pada persentase atau proporsi individu dalam populasi yang termasuk dalam kelompok tertentu. Dalam konteks sistem fraksi, variabel fraksi $[s(t), i(t), c(t), j(t), r(t)]$ menggambarkan persentase individu dalam populasi pada waktu tertentu yang termasuk dalam kelompok rentan, kebal, koruptor, narapidana, atau reformis. Penghilangan parameter N dalam sistem fraksi (6)-(10) dimaksudkan dalam rangka mempermudah analisis dan perhitungan. Hal ini dikarenakan analisis model dapat fokus pada fraksi individu dalam setiap kelompok dan perubahan fraksi seiring waktu, tanpa harus mempertimbangkan jumlah total populasi secara terpisah [20]. Dengan menggunakan fraksi individu, dapat dilihat proporsi individu dalam setiap kelompok terhadap populasi secara langsung. Misalnya, jika fraksi individu yang rentan $s(t)$ adalah 0.6, itu berarti 60% dari populasi saat itu rentan terhadap korupsi.

3.2 Titik Ekuilibrium Model

Titik equilibrium terjadi pada saat sistem persamaan (6)–(10) memenuhi kondisi berikut

$$\frac{ds}{dt} = \frac{di}{dt} = \frac{dc}{dt} = \frac{dj}{dt} = \frac{dr}{dt} = 0.$$

Dari persamaan (6) diperoleh

$$\begin{aligned}\theta\beta - \alpha s(t)c(t) - (\mu + v)s(t) + \omega r(t) &= 0 \\ \theta\beta + \omega r(t) &= \alpha s(t)c(t) + (\mu + v)s(t) \\ \theta\beta + \omega r(t) &= s(t)(\alpha c(t) + (\mu + v)) \\ \frac{\theta\beta + \omega r(t)}{\alpha c(t) + (\mu + v)} &= s(t).\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh titik

$$s^*(t) = \frac{\theta\beta + \omega r^*(t)}{\alpha c^*(t) + (\mu + v)}. \quad (11)$$

Selanjutnya, dari persamaan (7) diperoleh

$$\begin{aligned}(1 - \theta)\beta + vs(t) - (\mu - \gamma r(t))i(t) &= 0 \\ (1 - \theta)\beta + vs(t) &= (\mu - \gamma r(t))i(t) \\ \frac{(1 - \theta)\beta + vs(t)}{(\mu - \gamma r(t))} &= i(t)\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh titik

$$i^*(t) = \frac{(1 - \theta)\beta + vs^*(t)}{(\mu - \gamma r^*(t))}. \quad (12)$$

Dari persamaan (8) diperoleh

$$\begin{aligned}\alpha s(t)c(t) - (\mu + \tau + \delta)c(t) &= 0 \\ (\alpha s(t) - (\mu + \tau + \delta))c(t) &= 0 \\ c^*(t) &= 0\end{aligned} \quad (13)$$

Dan dari persamaan (9) diperoleh

$$\begin{aligned}\delta c(t) - (\mu + \rho)j(t) &= 0 \\ \delta c(t) &= (\mu + \rho)j(t).\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh titik

$$j^*(t) = \frac{\delta c^*(t)}{\mu + \rho}$$

(14)

Dari persamaan (10) diperoleh

$$\begin{aligned}\tau c(t) + \rho j(t) - \gamma i r(t) - (\mu + \omega)r(t) &= 0 \\ \tau c(t) + \rho j(t) - (\gamma i + \mu + \omega)r(t) &= 0\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh titik

$$r^*(t) = \frac{\tau c^*(t) + \rho j^*(t)}{\gamma i^*(t) + \mu + \omega}$$

(15)

Berdasarkan persamaan (11)–(15) diperoleh titik kesetimbangan

$$(s^*, i^*, c^*, j^*, r^*) = \left(\frac{\theta\beta + \omega r^*}{\alpha c^* + (\mu + v)}, \frac{(1 - \theta)\beta + vs^*}{(\mu - \gamma r^*)}, 0, \frac{\delta c^*}{\mu + \rho}, \frac{\tau c^* + \rho j^*}{\gamma i^* + (\mu + \omega)} \right).$$

3.3 Matriks Jacobian dari Sistem

Untuk menyelidiki keseimbangan sistem persamaan (6)–(10), dibentuk matriks Jacobian [20]

$$J(s, i, c, j, r) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial s} & \frac{\partial f_1}{\partial i} & \frac{\partial f_1}{\partial c} & \frac{\partial f_1}{\partial j} & \frac{\partial f_1}{\partial r} \\ \frac{\partial f_2}{\partial s} & \frac{\partial f_2}{\partial i} & \frac{\partial f_2}{\partial c} & \frac{\partial f_2}{\partial j} & \frac{\partial f_2}{\partial r} \\ \frac{\partial f_3}{\partial s} & \frac{\partial f_3}{\partial i} & \frac{\partial f_3}{\partial c} & \frac{\partial f_3}{\partial j} & \frac{\partial f_3}{\partial r} \\ \frac{\partial f_4}{\partial s} & \frac{\partial f_4}{\partial i} & \frac{\partial f_4}{\partial c} & \frac{\partial f_4}{\partial j} & \frac{\partial f_4}{\partial r} \\ \frac{\partial f_5}{\partial s} & \frac{\partial f_5}{\partial i} & \frac{\partial f_5}{\partial c} & \frac{\partial f_5}{\partial j} & \frac{\partial f_5}{\partial r} \end{bmatrix}$$

dengan

$$f_1 = \theta\beta - \alpha s(t)c(t) - (\mu + v)s(t) + \omega r(t) \quad (16)$$

$$f_2 = (1 - \theta)\beta + vs(t) - \mu i(t) + \gamma i(t)r(t) \quad (17)$$

$$f_3 = \alpha s(t)c(t) - (\mu + \tau + \delta)c(t) \quad (18)$$

$$f_4 = \delta c(t) - (\mu + \rho)j(t) \quad (19)$$

$$f_5 = \tau c(t) + \rho j(t) - \gamma i(t)r(t) - (\mu + \omega)r(t). \quad (20)$$

Perhitungan turunan-turunan parsial dalam matriks Jacobian di atas menghasilkan bentuk matriks berikut

$$J(s, i, c, j, r) = \begin{bmatrix} -\alpha c^* - (\mu + v) & 0 & -\alpha s^* & 0 & \omega \\ v & -\mu + \gamma r^* & 0 & 0 & \gamma i^* \\ \alpha c^* & 0 & \alpha s^* - (\mu + \tau + \delta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta & -(\mu + \rho) & 0 \\ 0 & -\gamma r^* & \tau & \rho & -\gamma i^* - (\mu + \omega) \end{bmatrix}. \quad (21)$$

3.4 Titik Ekuilibrium Bebas Korupsi

Titik ekuilibrium bebas korupsi merupakan kondisi tidak ada individu yang melakukan korupsi, sehingga nilai narapidana korupsi akan menjadi nol, yaitu

$$c_0^*(t) = j_0^*(t) = 0. \quad (22)$$

Substitusikan persamaan (22) ke kelas yang lain, maka diperoleh persamaan-persamaan berikut.

Pertama, substitusikan (22) ke (15) diperoleh

$$r_0^*(t) = \frac{\tau c_0^*(t) + \rho j_0^*(t)}{\gamma i^* + \mu + \omega} = 0. \quad (23)$$

Berikutnya, substitusikan persamaan (22) dan (23) ke persamaan (11) diperoleh

$$\begin{aligned} s_0^*(t) &= \frac{\theta\beta + \omega \cdot 0}{\alpha \cdot 0 + (\mu + v)} \\ s_0^*(t) &= \frac{\theta\beta + 0}{0 + (\mu + v)} \\ s_0^*(t) &= \frac{\theta\beta}{\mu + v} \end{aligned} \quad (24)$$

Selanjutnya substitusikan (23) dan (24) ke persamaan (12) diperoleh

$$\begin{aligned} i_0^*(t) &= \frac{(1 - \theta)\beta + vs_0^*(t)}{\mu - \gamma r_0^*(t)} \\ i_0^*(t) &= \frac{(1 - \theta)\beta + v \left(\frac{\theta\beta}{\mu + v} \right)}{\mu} \end{aligned}$$

$$i_0^*(t) = \frac{\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)}. \quad (25)$$

Menurut persamaan (23)–(25) diperoleh titik ekuilibrium bebas korupsi adalah

$$H_0 = (s_0^*, i_0^*, c_0^*, j_0^*, r_0^*) = \left(\frac{\theta\beta}{\mu+v}, \frac{\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)}, 0, 0, 0 \right) \quad (26)$$

sehingga diperoleh

$$J(H_0) = \begin{bmatrix} -(\mu+v) & 0 & \frac{-\alpha\theta\beta}{\mu+v} & 0 & \frac{\omega}{\mu(\mu+v)} \\ v & -\mu & 0 & 0 & \frac{\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} \\ 0 & 0 & \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} - (\mu + \tau + \delta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta & -(\mu + \rho) & 0 \\ 0 & 0 & \tau & \rho & \frac{-\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} - (\mu + \omega) \end{bmatrix}. \quad (27)$$

3.5 Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Bilangan reproduksi dasar (*basic reproduction number*) biasanya dilambangkan dengan R_0 adalah parameter ambang batas yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata infeksi sekunder (individu yang pernah terjerat korupsi, kemudian menjadi reformis lalu rentan, dan kembali menjadi koruptor) yang dihasilkan ketika satu individu yang terjerat korupsi dimasukkan ke dalam suatu populasi yang seluruhnya rentan [21].

Jika $R_0 > 1$, maka individu yang terjerat korupsi akan menulari lebih dari satu orang, sehingga jumlah orang yang terjerat korupsi akan meningkat secara eksponensial dan terjadilah epidemi korupsi. Namun jika $R_0 < 1$, maka individu yang terjerat korupsi tidak akan menularkan korupsi ke cukup banyak orang untuk menggantikan dirinya sendiri, sehingga jumlah kasus korupsi di masyarakat akan mereda dan seiring dengan berjalannya waktu dan pada akhirnya korupsi tersebut akan punah. Sedangkan untuk $R_0 \approx 1$, maka kasus korupsi hampir tidak berhasil berkembang dan akan ada jumlah kasus serupa di kemudian hari [22]. Semakin besar bilangan R_0 bermakna semakin cepat penyebaran korupsi dan semakin sulit pengendaliannya.

Dalam artikel ini, bilangan reproduksi dasar untuk model korupsi pada persamaan (6)–(10) diperoleh dengan menggunakan metode pendekatan operator matriks *Next Generation*. Metode ini diusulkan oleh [21] dengan mengkonstruksikan formula berikut

$$R_0 = \rho(FV^{-1}). \quad (28)$$

dengan R_0 menunjukkan bilangan reproduksi dasar, F merepresentasikan matriks turunan parsial dari tingkat terjadinya infeksi sekunder yang dihasilkan, dan V mewakili matriks perkiraan waktu seorang individu yang pertama kali masuk ke kelompok koruptor. Notasi ρ menyatakan radius spektral dari matriks FV^{-1} [23].

Selanjutnya, didefinisikan matriks $A = \begin{bmatrix} c'(t) \\ j'(t) \end{bmatrix}$, $F_{cj} = \begin{bmatrix} F_c \\ F_j \end{bmatrix}$, dan $V_{cj} = \begin{bmatrix} V_c \\ V_j \end{bmatrix}$. Jika matriks A ditulis sebagai $A = F_{cj} - V_{cj}$ maka diperoleh

$$F_c = \alpha sc, F_j = 0, V_c = (\mu + \delta + \tau)c, \text{ dan } V_j = -\delta c + (\mu + \rho)j. \quad (29)$$

Didefinisikan matriks Jacobian

$$F = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_c}{\partial c} & \frac{\partial F_c}{\partial j} \\ \frac{\partial F_j}{\partial c} & \frac{\partial F_j}{\partial j} \end{bmatrix} \text{ dan } V = \begin{bmatrix} \frac{\partial V_c}{\partial c} & \frac{\partial V_c}{\partial j} \\ \frac{\partial V_j}{\partial c} & \frac{\partial V_j}{\partial j} \end{bmatrix}. \quad (30)$$

Substitusikan hasil-hasil pada persamaan (29) ke dalam matriks Jacobian (30) diperoleh

$$F = \begin{bmatrix} \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ dan } V = \begin{bmatrix} (\mu + \delta + \tau) & 0 \\ -\delta & (\mu + \rho) \end{bmatrix}.$$

$$\text{Sehingga } V^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\mu+\delta+\tau} & 0 \\ \frac{\delta}{(\mu+\rho)(\mu+\delta+\tau)} & \frac{1}{\mu+\rho} \end{bmatrix}.$$

Jika didefinisikan matriks *Next Generation* K dengan $K = F \cdot V^{-1}$ maka

$$K = \begin{bmatrix} \frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\delta+\tau)} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Persamaan karakteristik dari matriks K adalah

$$\begin{aligned} |\lambda I - K| &= 0 \\ \begin{vmatrix} \left(\lambda - \frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\delta+\tau)}\right) & 0 \\ 0 & \lambda \end{vmatrix} &= 0 \\ \lambda \left(\lambda - \frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\delta+\tau)}\right) &= 0. \end{aligned}$$

Berdasarkan bentuk dari persamaan karakteristik dari matriks K , maka matriks K hanya memiliki satu nilai eigen yang tak nol, yaitu $\frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\delta+\tau)}$. Dengan demikian, diperoleh bilangan reproduksi dasar (R_0) yang disajikan sebagai radius spektral (ρ) dari $K = FV^{-1}$, yaitu

$$R_0 = \rho(FV^{-1}) = \frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\delta+\tau)}. \quad (31)$$

3.6 Analisis Kestabilan Lokal Titik Ekuilibrium Bebas Korupsi

Diketahui matriks Jacobian ekuilibrium bebas korupsi pada persamaan (27) adalah

$$J(H_0) = \begin{bmatrix} -(\mu+v) & 0 & \frac{-\alpha\theta\beta}{\mu+v} & 0 & \frac{\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} \\ v & -\mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} - (\mu+\tau+\delta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta & -(\mu+\rho) & 0 \\ 0 & 0 & \tau & \rho & \frac{-\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} - (\mu+\omega) \end{bmatrix}.$$

Maka, persamaan karakteristik dari matriks $J(H_0)$ adalah

$$|\lambda I - J(H_0)| = 0$$

$$\begin{vmatrix} (\lambda + \mu + v) & 0 & \left(\frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v}\right) & 0 & -\left(\frac{\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)}\right) \\ -v & (\lambda + \mu) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \left(\lambda - \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} + \mu + \tau + \delta\right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\delta & (\lambda + \mu + \rho) & 0 \\ 0 & 0 & -\tau & -\rho & \left(\lambda + \frac{\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} + (\mu + \omega)\right) \end{vmatrix} = 0$$

Diperoleh persamaan karakteristik

$$(\lambda + \mu + \rho)(\lambda + \mu)(\lambda + \mu + v)(\lambda + P_1)(\lambda + P_2) = 0 \quad (32)$$

dengan

$$P_1 = \frac{\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} + (\mu + \omega) \text{ dan } P_2 = -\frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} + (\mu + \tau + \delta).$$

Berdasarkan persamaan karakteristik (32), diperoleh nilai-nilai eigen

$$\lambda_1 = -(\mu + \rho)$$

$$\lambda_2 = -\mu$$

$$\lambda_3 = -(\mu + v)$$

$$\lambda_4 = -P_1 = \frac{-\gamma\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)} - (\mu + \omega)$$

$$\lambda_5 = -P_2 = \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} - (\mu + \tau + \delta).$$

Nilai eigen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, dan λ_4 jelas bernilai negatif, sedangkan untuk nilai eigen λ_5 terdapat kondisi yang harus dipenuhi agar λ_5 juga bernilai negatif, yaitu

$$\begin{aligned}\lambda_5 &< 0 \\ \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} - (\mu + \tau + \delta) &< 0 \\ \frac{\alpha\theta\beta}{\mu+v} &< (\mu + \tau + \delta) \\ R_0(\mu + \tau + \delta) &< (\mu + \tau + \delta) \\ R_0 &< 1.\end{aligned}$$

Dikarenakan nilai eigen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, dan λ_4 bernilai negatif dan nilai eigen λ_5 bernilai negatif jika $R_0 < 1$, maka dapat disimpulkan bahwa titik ekuilibrium bebas korupsi

$$(s_0^*, i_0^*, c_0^*, j_0^*, r_0^*) = \left(\frac{\theta\beta}{\mu+v}, \frac{\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)}, 0, 0, 0 \right)$$

bersifat stabil asimtotik lokal jika $R_0 < 1$, dan bersifat tidak stabil ketika $R_0 > 1$.

3.7 Analisis Kestabilan Global Titik Ekuilibrium Bebas Korupsi

Berikut ini dibentuk fungsi Lyapunov

$$\begin{aligned}V: \Gamma\mathbb{R}^5 &\rightarrow \mathbb{R} \\ V(s, i, c, j, r) &= c_1c + c_2j\end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} &= c_1 \frac{dc}{dt} + c_2 \frac{dj}{dt} \\ &= c_1(\alpha s(t)c(t) - (\mu + \tau + \delta)c(t)) + c_2(\delta c(t) - (\mu + \rho)j(t))\end{aligned}$$

Ambil $c_1 = \frac{1}{\mu+\tau+\delta}c_2$ maka

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} &= \frac{\alpha s(t)c(t)}{\mu+\tau+\delta}c_2 - c_2c(t) + \delta c_2c(t) - (\mu + \rho)c_2j(t) \\ &= \frac{\alpha}{\mu+\tau+\delta} \cdot \frac{\theta\beta}{\mu+v} \cdot c_2c(t) - c_2c(t) + \delta c_2c(t) - (\mu + \rho)c_2j(t) \\ &= \left(\frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\tau+\delta)} - 1 + \delta \right) c_2c(t) - (\mu + \rho)c_2j(t) \\ &= \left(\frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\tau+\delta)} - 1 + \delta \right) c_2c(t) \\ &= (R_0 - 1 + \delta)c_2c(t).\end{aligned}$$

Terlihat bahwa nilai $\frac{dV}{dt} < 0$ berlaku jika

$$\begin{aligned}(R_0 - 1 + \delta) &< 0 \\ R_0 &< 1 - \delta \\ R_0 &< 1.\end{aligned}$$

Dapat disimpulkan bahwa titik ekuilibrium bebas korupsi

$$(s_0^*, i_0^*, c_0^*, j_0^*, r_0^*) = \left(\frac{\theta\beta}{\mu+v}, \frac{\beta(v+(1-\theta)\mu)}{\mu(\mu+v)}, 0, 0, 0 \right)$$

bersifat stabil asimtotik global jika $R_0 < 1$ dan tidak stabil ketika $R_0 > 1$.

3.8 Diskusi dan Rekomendasi

Pada pembahasan sebelumnya telah terbukti bahwa titik ekuilibrium bebas korupsi stabil asimtotik lokal sekaligus stabil asimtotik global jika $R_0 < 1$ atau $\frac{\alpha\theta\beta}{(\mu+v)(\mu+\tau+\delta)} < 1$. Agar nilai R_0 tersebut kurang dari satu, maka bagian pembilang yaitu $\alpha\theta\beta$ harus bernilai

kecil, dan bagian penyebut yaitu $(\mu + \nu) \times (\mu + \tau + \delta)$ harus bernilai besar agar didapatkan nilai R_0 tersebut kurang dari satu atau bahkan mendekati nol. Sehingga nilai $\alpha\theta\beta$ kurang dari nilai $(\mu + \nu) \times (\mu + \tau + \delta)$.

Untuk memenuhi nilai tersebut, maka tingkat kontak korupsi yang efektif (α), proporsi individu yang rentan korupsi (θ), dan tingkat kelahiran individu yang masuk ke dalam populasi (β) harus sangat kecil agar korupsi dapat diberantas di Indonesia. Sedangkan jumlah kematian alami (μ), laju dimana individu yang korupsi menjadi reformis karena pencerahan publik (τ), laju penuntutan, pemenjaraan terhadap koruptor (δ), dan laju di mana individu yang rentan menjadi kebal terhadap korupsi (ν) harus ditingkatkan secara besar besaran agar perang antikorupsi dapat dimenangkan.

Berdasarkan fakta di atas, pengendalian korupsi di Indonesia dapat dilakukan dengan usaha-usaha sebagai berikut.

- 1) Menurunkan efektifitas kontak korupsi (α)
 - a. Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam pemerintahan dan sektor swasta.
 - b. Mendorong keterbukaan keuangan publik dan swasta untuk mengurangi peluang korupsi (transparansi keuangan).
 - c. Menerapkan dan menguatkan sistem pengawasan dan pengendalian terhadap pejabat publik. Memperkuat lembaga-lembaga pengawasan dengan memberikan pengawasan insentif kepada pelapor korupsi [24].
- 2) Menurunkan proporsi individu rentan korupsi (θ)

Melakukan penyuluhan mengenai korupsi kepada masyarakat, sehingga masyarakat mempunyai sikap antikorupsi, artinya kekebalan terhadap korupsi dapat terealisasi di masyarakat [25].
- 3) Tingkat kelahiran (β) yang sangat kecil
 - a. Meningkatkan akses dan kualitas layanan kesehatan reproduksi dan keluarga berencana (KB).
 - b. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang (manfaat) pentingnya keluarga berencana dan pengendalian populasi.
 - c. Mengkampanyekan nilai-nilai pendidikan keluarga dan dampaknya terhadap pembangunan berkelanjutan.
- 4) Peningkatan reformis korupsi melalui pencerahan publik (τ)
 - a. Menggelar kampanye pencerahan publik melalui media massa dan jejaring sosial untuk meningkatkan kesadaran tentang bahaya korupsi.
 - b. Mendukung media independen untuk memberikan informasi yang objektif dan mendorong dialog antikorupsi.
 - c. Mengintegrasikan materi pendidikan antikorupsi ke dalam kurikulum sekolah [26].
- 5) Peningkatan penuntutan dan pemenjaraan terhadap koruptor (δ)
 - a. Meningkatkan independensi dan efektivitas lembaga penegak hukum.
 - b. Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam sistem peradilan (proses hukum).
 - c. Meningkatkan kapasitas dan efisiensi sistem peradilan untuk memastikan penuntutan dan hukuman yang efektif terhadap pelaku korupsi [27].
- 6) Peningkatan ketahanan terhadap korupsi (ν)

- a. Kampanye publik tentang bahaya korupsi dan pentingnya integritas.
- b. Mengimplementasikan program pendidikan etika di sekolah dan tempat kerja untuk membentuk nilai-nilai anti-korupsi.
- c. Menerapkan sanksi yang tegas terhadap individu yang terlibat dalam korupsi dan berikan peluang untuk pembinaan agar dapat kembali ke masyarakat sebagai warga yang bertanggung jawab [28].

Dengan implementasi rekomendasi-rekomendasi tersebut, diharapkan dapat membantu dalam pencegahan dan pemberantasan korupsi di masyarakat.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan model matematika yang menggambarkan dinamika penyebaran korupsi di Indonesia dengan membagi populasi menjadi beberapa kompartemen, yaitu kelompok rentan, kebal, koruptor, narapidana, dan reformis. Hasil analisis menunjukkan bahwa bilangan reproduksi dasar (R_0) dan titik ekuilibrium dari model ini memainkan peran penting dalam memahami penyebaran korupsi. Nilai R_0 yang lebih dari satu menunjukkan bahwa korupsi dapat menyebar dengan cepat, sementara nilai R_0 yang kurang dari satu menunjukkan potensi untuk menekan penyebaran korupsi.

Strategi yang paling efektif untuk mengurangi korupsi adalah dengan mengurangi tingkat interaksi antara koruptor dan kelompok rentan, meningkatkan partisipasi aktif masyarakat, memperbaiki regulasi, serta memperkuat lembaga penegak hukum. Peningkatan transparansi dan pencerahan publik juga sangat penting dalam membentuk individu-individu reformis yang lebih kebal terhadap korupsi di masa depan. Dengan penerapan strategi-strategi ini, diharapkan dapat tercipta lingkungan yang kondusif untuk pemberantasan korupsi secara menyeluruh di Indonesia.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam menyediakan panduan berbasis model matematika untuk mengatasi tantangan korupsi yang dihadapi Indonesia saat ini dan di masa depan. Strategi holistik yang dihasilkan tidak hanya memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dalam memberantas korupsi, tetapi juga mendukung pembangunan yang berkelanjutan, adil, dan berkualitas di Indonesia.

Salah satu masalah terbuka yang muncul dari penelitian ini adalah pengembangan lebih lanjut dari model matematika yang dapat memperhitungkan faktor-faktor tambahan seperti dinamika politik, ekonomi, dan budaya yang juga mempengaruhi penyebaran korupsi di Indonesia. Model yang ada saat ini, meskipun sudah cukup komprehensif dalam membagi populasi ke dalam berbagai kompartemen, masih perlu disempurnakan untuk mengakomodasi kompleksitas perilaku manusia dan institusi yang tidak dapat dijelaskan sepenuhnya melalui model deterministik sederhana. Selain itu, model ini belum sepenuhnya memodelkan dampak reformasi hukum dan kebijakan antikorupsi jangka panjang, serta interaksi yang lebih kompleks antar individu di dalam jaringan sosial. Pengembangan model yang mampu memprediksi efek jangka panjang dari berbagai strategi intervensi, serta memperhitungkan ketidakpastian dan variabilitas dalam parameter-parameter sosial, masih menjadi tantangan yang menarik untuk penelitian di masa depan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UIN Sunan Kalijaga yang telah memfasilitasi pendanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada para reviewer yang telah membantu penulis memperbaiki kualitas dan penyajian artikel ini. Semoga Allah swt memberikan balasan yang terbaik.

Daftar Pustaka

- [1] N. Gurning and D. Tambun, "Peran Kejaksaan Dalam Penanganan Tindak Pidana Korupsi Dan Implikasinya Terhadap Kepercayaan Publik," *Innovative: Journal of Social Science Research*, vol. 4, no. 6, pp. 9032–9044, 2024.
- [2] E. F. Saputra and H. Firmansyah, "Politik Hukum dalam Upaya Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi melalui Pembaharuan Pengaturan Tindak Pidana Korupsi sebagai Extraordinary Crime dalam KUHP Nasional," *UNES Law Review*, vol. 6, no. 2, pp. 4493–4504, 2023.
- [3] A. F. Rachmawati, "Dampak korupsi dalam perkembangan ekonomi dan penegakan hukum di Indonesia," *Eksaminasi: Jurnal Hukum*, vol. 1, no. 2, pp. 45–58, 2022.
- [4] Transparency International, "Corruption Perceptions Index 2021," <https://www.transparency.org/country/IDN>.
- [5] A. F. Azmii, A. Tika, D. S. Fitri, and M. Septiyar, "Dampak Dan Upaya Memberantas Tindak Pidana Korupsi Di Lingkungan Perguruan Tinggi," *Aliansi: Jurnal Hukum, Pendidikan dan Sosial Humaniora*, vol. 1, no. 3, pp. 155–162, 2024.
- [6] D. K. Wibisono, P. Pujiyono, and A. E. S. Astuti, "Operasi Tangkap Tangan Sebagai Strategi Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi Oleh Komisi Pemberantasan Korupsi," *Diponegoro Law Journal*, vol. 10, no. 4, 2021.
- [7] I. Marzuki, "Lembaga Keagamaan, Pancasila dan Strategi Pemberantasan Korupsi," *Jurnal Yuridis*, vol. 5, no. 2, pp. 210–227, 2018.
- [8] A. Saroni, "Pemberantasan Korupsi Dengan Pendekatan Hukum Islam," *Diponegoro Private Law Review*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [9] B. Arianto, "Akuntansi Forensik Sebagai Strategi Pemberantasan Korupsi Suap," *Progress: Jurnal Pendidikan, Akuntansi Dan Keuangan*, vol. 4, no. 1, pp. 1–16, 2021.
- [10] H. E. Sung, "Corporate Governance and Corruption: A Cross-Country Analysis," *J Financ Crime*, vol. 25, no. 1, pp. 182–199, 2018.
- [11] D. K. Wibisono, Pujiyono, and A. E. S. Astuti, "Operasi tangkap tangan sebagai strategi pemberantasan tindak pidana korupsi oleh Komisi Pemberantasan Korupsi," *Diponegoro Law Journal*, vol. 10, no. 4, 2021.
- [12] I. Marzuki, "Lembaga keagamaan, Pancasila dan strategi pemberantasan korupsi," *Jurnal Yuridis*, vol. 5, no. 2, pp. 210–227, 2018.
- [13] A. Saroni, "Pemberantasan korupsi dengan pendekatan hukum Islam," *Diponegoro Private Law Review*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [14] B. Arianto, "Akuntansi forensik sebagai strategi pemberantasan korupsi suap," *Progress: Jurnal Pendidikan, Akuntansi dan Keuangan*, vol. 4, no. 1, pp. 1–16, 2021.
- [15] M. Niss and W. Blum, *The learning and teaching of mathematical modelling*. Routledge, 2020.
- [16] W. P. T. M. Wickramaarachchi and S. S. N. Perera, "An SIER model to estimate optimal transmission rate and initial parameters of COVID-19 dynamic in Sri Lanka," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 60, no. 1, pp. 1557–1563, 2021.
- [17] P. Kumar, V. S. Erturk, and M. Murillo-Arcila, "A new fractional mathematical modelling of COVID-19 with the availability of vaccine," *Results Phys*, vol. 24, pp. 104–213, 2021.
- [18] P. Van den Driessche and J. Watmough, "Further notes on the basic reproduction number," *Mathematical epidemiology*, pp. 159–178, 2008.
- [19] G. J. Olsder and J. W. van der Woude, *Mathematical Systems Theory*. Delft: VVSD, 2004.
- [20] L. Hearne and D. Wessels, "Learners developing understanding of fractions via modelling," in *Mathematical modelling education in east and west*, Springer International Publishing, 2021, pp. 165–176.

- [21] J. A. P. Heesterbeck, "Sejarah singkat R_0 dan resep untuk perhitungannya," *Acta Biotheor*, vol. 50, no. 3, pp. 189–204, 2002.
- [22] A. Binuyo, "Model deterministik untuk dinamika penularan penyakit menular di antara bayi," *Elixir Appl. Maths*, vol. 78, pp. 29761–29764, 2015.
- [23] P. van den Driessche and P. Watmough, "Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission," *Math Biosci*, vol. 120, no. 1–2, pp. 29–48, 2002.
- [24] I. Rosidah, P. Kesumah, and R. B. Rizka, "Transparasi Dan Akuntabilitas Dalam Pencegahan Fraud Diinstansi Pemerintah (Studi Kasus Kantor Kec. Ciwidey)," *Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis Dan Akuntansi*, vol. 2, no. 1, pp. 137–15, 2023.
- [25] D. Ambarwati and D. U. Assiddiq, "Penguatan Integritas Anti Korupsi Bagi Anak Melalui Mainan Edukasi Terajana Di Desa Balesari," *Jurnal Dedikasi Hukum*, vol. 1, no. 1, pp. 1–18, 2021.
- [26] N. Nurudin, M. A. N. Fauzi, and C. Barory, "Pendidikan Anti Korupsi: Konsep Pendidikan Karakter Dan Tantangannya," *Educatus*, vol. 2, no. 1, pp. 19–26, 2024.
- [27] E. R. Itasari and E. Erwin, "Reformasi Hukum dalam Mewujudkan Keadilan Sosial: Tantangan dan Prospek Pengembangan Sistem Peradilan di Indonesia," *Jurnal Cahaya Mandalika*, pp. 1657–1664, 2024.
- [28] G. Syahputra, N. Purba, and M. Marzuki, "Relevansi hukuman mati bagi pelaku korupsi dalam keadaan negara berstatus darurat covid-19 dalam perspektif kitab undang-undang acara pidana," *Jurnal Ilmiah Metadata*, vol. 4, no. 1, pp. 108–130, 2022.