

Simulasi numerik model matematika untuk menganalisis relasi antara korupsi dan dinamika penyebaran penyakit menular

Julieta B. A. Radja and Meksianis Z. Ndi



Volume 3, Issue 1, Pages 12–16, June 2022

Received 1 May 2022, Accepted 14 June 2022, Published Online 28 June 2022

To Cite this Article : J. B. A. Radja and M.Z. Ndi, "Simulasi numerik model matematika untuk menganalisis relasi antara korupsi dan dinamika penyebaran penyakit menular", *Jambura J. Biomath*, vol. 3, no. 1, pp. 12–16, 2022, <https://doi.org/10.34312/jjbm.v3i1.14187>

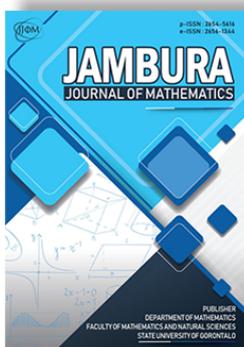
© 2022 by author(s)

JOURNAL INFO • JAMBURA JOURNAL OF BIOMATHEMATICS



	Homepage	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/JJBM/index
	Journal Abbreviation	:	Jambura J. Biomath.
	Frequency	:	Biannual (June and December)
	Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
	DOI	:	https://doi.org/10.34312/jjbm
	Online ISSN	:	2723-0317
	Editor-in-Chief	:	Hasan S. Panigoro
	Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
	Country	:	Indonesia
	OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjbm/oai
	Google Scholar ID	:	XzYgeKQAAAAJ
	Email	:	editorial.jjbm@ung.ac.id

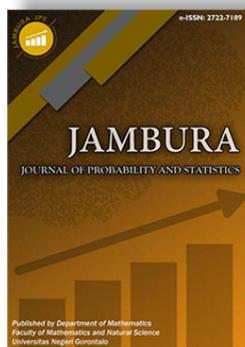
JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Probability and Statistics



EULER : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains, dan Teknologi



Simulasi numerik model matematika untuk menganalisis relasi antara korupsi dan dinamika penyebaran penyakit menular

Julieta B. A. Radja¹ dan Meksianis Z. Ndi^{2,*} 

^{1,2}Program Studi Matematika, Universitas Nusa Cendana, Kupang-NTT 85361, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Received 1 May 2022
Accepted 14 June 2022
Published 28 June 2022

KEYWORDS

Mathematical Model
Corruption
Numerical Simulation

ABSTRAK. Model matematika telah banyak digunakan untuk memahami fenomena kompleks dalam biologi, sosial, dan politik. Sejumlah model matematika telah dirumuskan untuk memahami penyakit menular atau fenomena korupsi. Namun, belum banyak model matematika diformulasi untuk menganalisis hubungan antara korupsi dan dinamika penularan penyakit menular. Dalam artikel ini, model deterministik dalam bentuk sistem persamaan diferensial diformulasi untuk mempelajari hubungan antara korupsi dan dinamika penularan penyakit menular. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya korupsi jumlah infeksi lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa korupsi. Meskipun strategi atau intervensi kesehatan masyarakat dapat menurunkan angka infeksi, namun kehadiran korupsi dapat meningkatkan kejadian penyakit. Ini berarti bahwa korupsi berpotensi menghambat upaya pemberantasan penyakit. Simulasi numerik menunjukkan bahwa dengan tidak adanya korupsi, tingkat keefektifan intervensi kesehatan masyarakat dapat mengurangi jumlah infeksi. Simulasi numerik dari model menunjukkan bahwa tingkat keefektifan 80% dapat mengeliminasi penyakit menular, yang tidak dapat dicapai dengan adanya korupsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korupsi harus diminimalkan untuk mencapai eliminasi penyakit. Model ini merupakan kajian teoritis oleh karena itu apabila tersedia data model dapat divalidasi terhadap data.

ABSTRACT. A mathematical model has been widely used to understand complex phenomena in biology, social, and politics. A number of mathematical model has been formulated to understand infectious diseases or corruption phenomena. However, to the best of our knowledge, none of the work has been conducted to investigate the relation of corruption and transmission dynamics of infectious diseases. In this work, a structured model in the form of system of differential equations has been formulated to investigate the relation between corruption and transmission dynamics of infectious diseases. In this work, a novel mathematical model has been formulated to investigate the relation between corruption and the transmission dynamics of infectious diseases. The results showed that in the presence of corruption the number of infections is higher compared to that in the absence of corruption. Although the implementation of public health intervention can reduce the number of infections, the presence of corruption can increase the disease incidence. This implies that corruption potentially hinder the effort for disease elimination. Numerical simulations showed that in the absence of corruption, the level of efficacy of public health intervention can reduce the number of infections. It showed that 80% efficacy level can eliminate the disease cases, which cannot be achieved in the presence of corruption. The results suggest that the corruption should be minimized in order to achieve disease elimination. When data becomes available, the model would be validated against the data.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. *Editorial of JJBM:* Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96119, Indonesia.

1. Pendahuluan

Korupsi merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi negara-negara berkembang. Korupsi merupakan tindakan penyalagunaan kekuasaan untuk kepentingan pribadi. Tindakan Korupsi ini bukan hanya terfokuskan pada masalah pejabat yang menyalahgunakan posisi mereka, tetapi semua orang yang menyalahgunakan posisi mereka untuk mendapatkan keuntungan pribadi. Perilaku korupsi yang terjadi selama ini bersifat endemik dan meluas [1]. Permasalahan korupsi dapat ditemukan di banyak negara berkembang. Korupsi ini berdampak buruk pada kehidupan berbangsa. Efeknya tidak hanya mem-

pengaruhi satu aspek kehidupan, tetapi banyak aspek lain. Aspek ini termasuk profitabilitas, politik, ketahanan, sosial budaya, hukum, pemerintahan, agama. Insiden korupsi yang terjadi menimbulkan ancaman semakin tinggi tingkat kesejahteraan dan stabilitas sosialnya.

Korupsi juga dapat berdampak pada upaya penanganan penyebaran penyakit menular. Apalagi daerah-daerah endemis penyakit menular, apabila tingkat korupsi tinggi, secara khusus korupsi pada alokasi sumber daya yang diperuntukkan untuk penanganan penyebaran penyakit menular, maka upaya penanganan penyakit menular akan terhambat. Hal ini dapat saja berdampak pada tingginya kasus penyakit menular di suatu daerah. Sebagai contoh, Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan

*Corresponding Author.

daerah endemis beberapa penyakit menular. Menurut data Dinas Kesehatan Provinsi NTT per 2020 yaitu jumlah kasus individu terinfeksi TB paru sebanyak 5.361 kasus, ISPA/Pneumonia sebanyak 2.779 kasus. Adapun penyakit menular lainnya yaitu kusta sebanyak 294 kasus, penyakit Filariasis juga tercatat sebanyak 52 kasus [2]. Penyebaran COVID-19 yang juga berdampak pada adanya ko-infeksi antara COVID dan beberapa penyakit menular lainnya dapat memperparah situasi dan upaya penanganan penyebaran penyakit menular. Oleh karena itu, perlu dianalisis relasi antara korupsi dan upaya penanganan penyebaran penyakit menular. Yang menjadi pertanyaan adalah “Bagaimana dampak korupsi terhadap dinamika penyebaran penyakit?”. Ini merupakan pertanyaan sentral dari artikel ini.

Pemodelan matematika merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk memahami fenomena kompleks seperti pada permasalahan ekologi [3, 4], penyebaran penyakit [5] atau korupsi [6–10]. Model yang diformulasi pada umumnya membagi populasi kedalam sub-kelompok sesuai dengan karakteristiknya terhadap fenomena dimaksud. Misalnya, dalam permasalahan penyebaran penyakit, populasi manusia dapat dibagi kedalam kelompok rentan, kelompok terinfeksi dan kelompok sembuh. Sepengetahuan penulis, belum ada pendekatan atau model matematika yang menganalisis relasi antara korupsi dan dinamika penyebaran penyakit. Dalam artikel ini, kedua fenomena ini akan dianalisis dalam satu sistem persamaan matematika.

Model matematika penyebaran korupsi telah diformulasi. Model tersebut membagi kelompok kedalam sub-kelompok yang berbeda-beda. Kolokoltsov dkk. [8] menggunakan pendekatan teori permainan untuk menganalisis dinamika penyebaran korupsi. Mereka menemukan bahwa adanya interaksi akan mempengaruhi penyebaran korupsi. Fantaye dan Birhanu [10] membangun model matematika penyebaran korupsi untuk mengkaji penyebaran korupsi dan menemukan bahwa pencegahan dan *punishment* merupakan strategi yang tepat untuk mencegah penyebaran korupsi. Namun, model matematika yang telah dikembangkan belum mengkaji relasi antara korupsi dan penyebaran penyakit menular. Dalam artikel ini, akan dibahas mengenai relasi antara korupsi dan dinamika penyebaran penyakit menular. Fokus dari analisis ini adalah pada solusi numerik sehingga kajian analitik tidak dibahas.

2. Model Matematika

2.1. Model Penyebaran Penyakit

Pada bagian ini akan dipaparkan model sederhana penyebaran penyakit yakni model *SIR*. Model matematika tersebut dalam bentuk sistem persamaan diferensial di mana populasi dibagi kedalam sub kelompok/populasi sesuai dengan statusnya terhadap penyakit. Model penyebaran penyakit yang sederhana berbasis model *SIR* di mana populasi dibagi kedalam kelompok rentan yang disimbolkan dengan *S*, kelompok terinfeksi yang disimbolkan dengan *I* dan kelompok sembuh yang disimbolkan dengan *R*.

Individu rentan berpotensi untuk terinfeksi penyakit menular apabila berinteraksi dengan individu terinfeksi yang secara matematika ditulis dengan $\beta SI/N$ di mana β adalah laju penularan dan $S \times I/N$ interaksi antara individu rentan *S* dan proporsi individu terinfeksi *I/N*. Individu terinfeksi dalam kurun waktu tertentu akan sembuh dari penyakit dengan laju γ . In-

dividu yang telah sembuh ini dalam kurun waktu tertentu akan kembali rentan terhadap penyakit menular sehingga statusnya yang saat ini berada pada kelompok sembuh *R* akan berpindah ke kelompok *S* dengan laju q . Diagram dari model dimaksud diberikan pada Gambar 1.

Fenomena penyebaran penyakit tersebut dapat ditulis kedalam sistem persamaan diferensial sebagai berikut

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \Lambda - \frac{\beta SI}{N} - \mu S + qR, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta \frac{SI}{N} - (\gamma + \mu)I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu R - qR. \end{aligned} \tag{1}$$

di mana Λ adalah laju kelahiran, β adalah laju penularan, γ adalah laju kesembuhan dan q adalah *waning immunity* atau individu sembuh kembali rentan terhadap penyakit. Total populasi adalah

$$N(t) = S + I + R.$$

Persamaan diatas (*N*) merupakan jumlah total individu yang hidup pada waktu *t*.

2.2. Model Matematika Penyebaran Korupsi

Konsep dalam pemodelan matematika untuk penyebaran penyakit diadopsi untuk memodelkan dan menganalisis masalah penyebaran korupsi di mana populasi dibagi kedalam kelompok sesuai dengan statusnya terhadap korupsi.

Individu ketika masuk bekerja pada sebuah lembaga diasumsikan rentan terhadap perbuatan korupsi. Kelompok rentan ini disimbolkan dengan *S_c*. Kelompok rentan ini apabila berinteraksi dengan individu yang sudah melakukan perbuatan korupsi maka berpotensi untuk berubah sikap dan melakukan korupsi. Kelompok individu ini disimbolkan dengan *I_c*. Dalam durasi waktu tertentu, oleh karena kesadaran individu terinfeksi berpotensi untuk berhenti dari perbuatan ini dan disimbolkan dengan *R_c*. Diagram dari model penyebaran korupsi berikan pada Gambar 2.

Dinamika penyebaran korupsi ini secara matematika dapat ditulis kedalam sistem persamaan diferensial berikut.

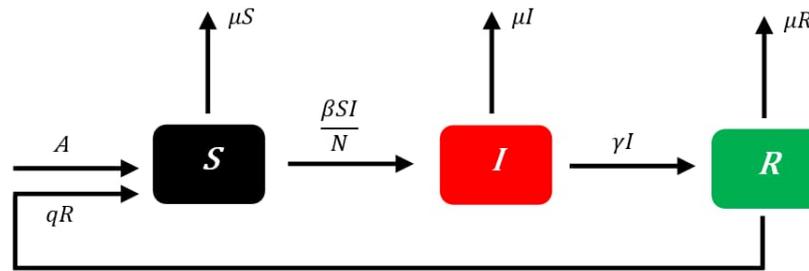
$$\begin{aligned} \frac{S_c}{dt} &= \Lambda_c - \frac{\beta_c S_c I_c}{N_c} - \mu_c S_c, \\ \frac{I_c}{dt} &= \frac{\beta_c S_c I_c}{N_c} - (\gamma_c + \mu_c) I_c, \\ \frac{R_c}{dt} &= \gamma_c I_c - \mu_c R_c. \end{aligned} \tag{2}$$

Parameter Λ_c merupakan laju masuk populasi rentan melalui perekrutan tenaga kerja baru, β_c adalah laju penularan, μ_c adalah laju keluar dari grup *S_c*, *I_c* dan *R_c* dalam konteks ini adalah masa pensiun.

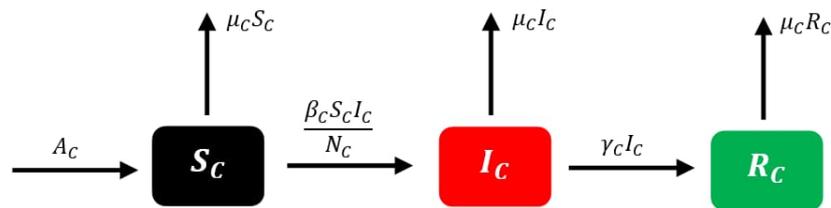
2.3. Relasi antara model penyebaran korupsi dan penyakit

Pada bagian ini diformulasi model matematika dengan menghubungkan antara model (1) dan model (2). Pada konteks ini, laju penularan penyakit sangat bergantung pada jumlah individu yang melakukan korupsi.

Misalkan parameter *u* adalah keefektifan pengontrolan (strategi pencegahan) dan parameter *k* adalah faktor pengali



Gambar 1. Diagram Model Penyebaran Penyakit SIR.



Gambar 2. Diagram Model Penyebaran Korupsi.

yang mengakomodir faktor-faktor lain yang mempengaruhi korupsi dengan demikian $k > 0$. Selanjutnya, pengaruh korupsi diasumsikan mengikuti fungsi eksponensial dan secara matematika dapat ditulis sebagai $e^{\frac{aI_c}{N}}$. Ini berarti bahwa ketika nilai I_c mendekati total populasi N , maka $e^{\frac{aI_c}{N}}$ akan semakin besar. Ini dapat diinterpretasikan bahwa pengaruh korupsi semakin besar.

Secara matematika, permasalahan ini dapat ditulis dalam bentuk

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= \Lambda - (1 - u)ke^{\frac{aI_c}{N}} \frac{\beta SI}{N} - \mu S, \\
 \frac{dI}{dt} &= (1 - u)ke^{\frac{aI_c}{N}} \frac{\beta SI}{N} - \gamma I - \mu I, \\
 \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu I, \\
 \frac{dS_c}{dt} &= \Lambda_c - \frac{\beta_c S_c I_c}{N_c} - \mu_c S_c, \\
 \frac{dI_c}{dt} &= \frac{\beta_c S_c I_c}{N_c} - (\gamma_c + \mu_c) I_c, \\
 \frac{dR_c}{dt} &= \gamma_c I_c - \mu_c R_c.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Apabila nilai $\frac{I_c}{N}$ makin dekat dengan 1 maka nilai $ke^{\frac{aI_c}{N}}$ makin besar. Apabila nilai u semakin dekat dengan satu maka laju penularan semakin kecil. Model ini kemudian diselesaikan secara numerik dan diinterpretasikan hasilnya dan hasilnya dipresentasikan pada dua sub-bab berikutnya.

3. Simulasi Numerik

Pada bagian ini akan dipaparkan simulasi numerik tanpa dan dengan adanya korupsi.

3.1. Solusi Model Tanpa Adanya Korupsi

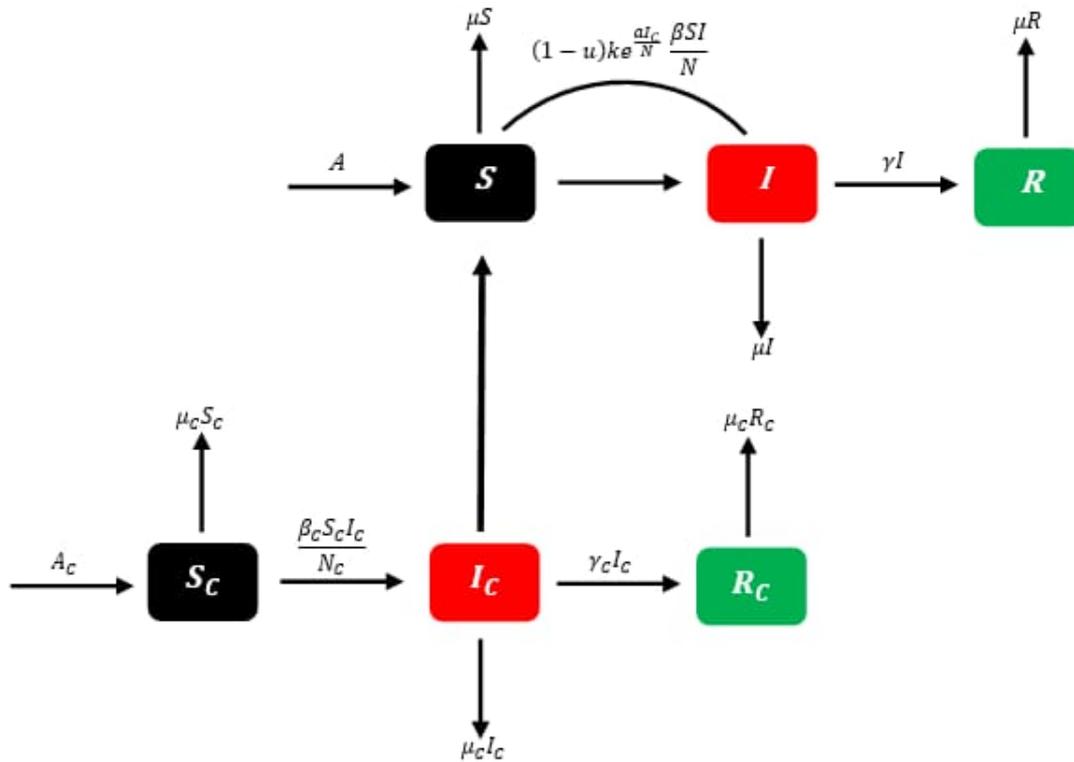
Solusi numerik tanpa adanya korupsi adalah untuk melihat kondisi normal penyebaran penyakit tanpa adanya pengaruh ko-

rupsi. Pada bagian ini akan disimulasikan model dengan tingkat keefektifan intervensi kesehatan yang berbeda-beda. Tingkat keefektifan yang dimaksud adalah pengobatan atau pencegahan penyakit. Dalam model tingkat keefektifan di notasikan dengan u yang nilainya berkisar antara nol sampai 1. Jika tingkat keefektifannya sempurna maka nilai $u = 1$. Dalam simulasi, nilai parameter yang digunakan adalah sebagai berikut $\Lambda = (1/65) \times 403000$, $\beta = 35$, $\gamma = 365/14$, $\mu = 1/65$, $k = 2$, $\beta_c = 5$, $\gamma_c = 1/30$, $u = 0.3, 0.4, 0.6, 0.8$ $\Lambda_c = 1/30 \times 100000$, $\mu_c = 1/30$, $a = 15$ dengan kondisi awal $S(0) = 403000$, $I(0) = 10$, $R(0) = 0$, $S_c(0) = 100000$, $I_c(0) = 10$, $R_c(0) = 0$.

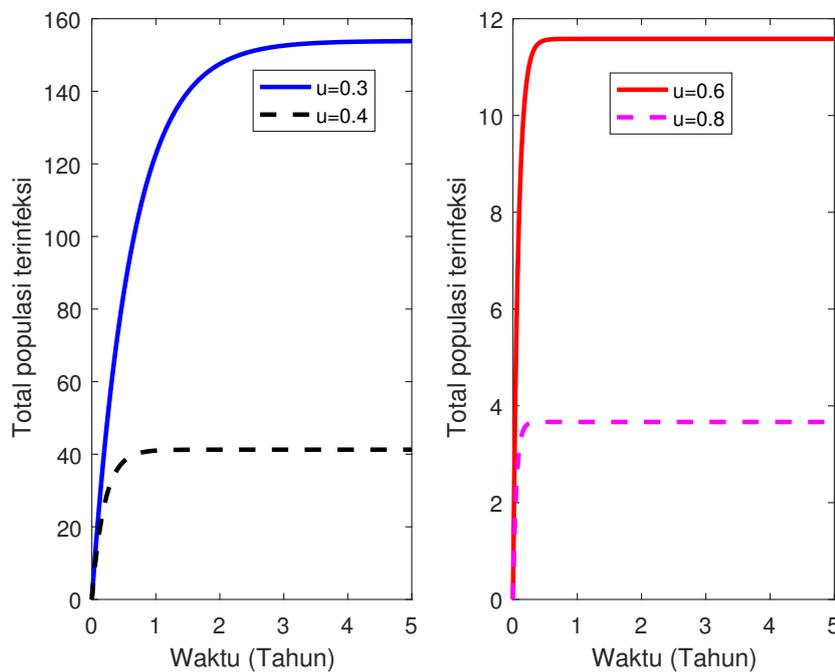
Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan tingkat keefektifan yang berbeda-beda, jumlah individu terinfeksi akan berbeda. Apabila tingkat keefektifan sekitar 30% ($u = 0.3$) maka jumlah individu terinfeksi lebih tinggi dibandingkan tingkat keefektifannya adalah 40% ($u = 0.4$). Tingkat keefektifan 80% akan membuat total individu terinfeksi dalam populasi menjadi kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa jika tingkat keefektifan tinggi maka jumlah individu terinfeksi akan dapat diminimalkan. Analisis lanjutan akan dilakukan untuk melihat pengaruh korupsi terhadap jumlah individu terinfeksi. Dalam analisis tersebut akan dibahas untuk tingkat keefektifan intervensi 30% dan 40%.

3.2. Solusi Numerik Model Dengan Adanya Korupsi

Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi numerik atau solusi dari model dengan adanya korupsi untuk tingkat keefektifan kontrol yang berbeda-beda. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan adanya korupsi jumlah individu terinfeksi lebih tinggi dibandingkan tanpa adanya korupsi. Ini menunjukkan bahwa korupsi dapat memperparah upaya penanganan penyebaran penyakit di suatu wilayah.



Gambar 3. Diagram Model Penyebaran Penyakit dan kaitannya dengan korupsi.



Gambar 4. Solusi numerik jumlah individu terinfeksi tanpa adanya korupsi dengan tingkat keefektifan intervensi kesehatan yang berbeda-beda

4. KESIMPULAN DAN SARAN

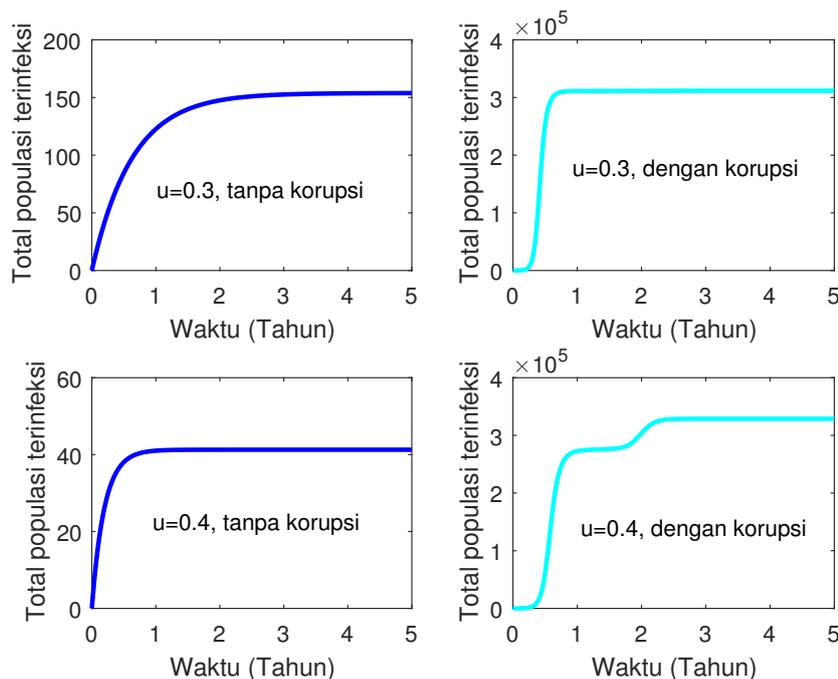
4.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan beberapa poin berikut

- Model matematik yang dikembangkan merupakan pendekatan baru yang sepengetahuan penulis belum pernah

ada sebelumnya dan solusi dari model tersebut dapat memberikan gambaran tentang dinamika pengaruh korupsi terhadap dinamika penyebaran penyakit

- Tingkat keefektifan dari intervensi kesehatan masyarakat dapat menurunkan jumlah individu terinfeksi. Namun, apabila



Gambar 5. Solusi numerik jumlah individu terinfeksi dengan dan tidak adanya korupsi dengan tingkat keefektifan intervensi $u = 0.3$ dan $u = 0.4$.

tingkat korupsi terlalu tinggi, maka upaya penurunan jumlah individu terinfeksi akan mengalami hambatan. Adanya korupsi dapat berpotensi meningkatkan jumlah individu terinfeksi.

- Pendekatan secara numerik dengan menggunakan nilai-nilai parameter yang tersedia pada literatur menunjukkan bahwa karakteristik dari model ini baik dan realistis.

4.2. Saran

Model ini masih menggunakan nilai parameter dari literatur dan belum spesifik untuk daerah tertentu. Apabila data tersedia, maka model ini akan divalidasi terhadap data sesuai dengan daerah tertentu sehingga model ini bisa memberikan hasil yang lebih spesifik untuk daerah yang mana datanya divalidasi terhadap model. Ini merupakan saran penelitian lanjutan yang dapat dikerjakan.

References

- [1] C. G. N. Nathan Oigo Mokaya, Haileyesus Tessema Alemme and G. G. Muthuri, "Mathematical modelling and analysis of corruption of morals amongst adolescents with control measures in kenya," *Discrete Dynamics in Nature and Society*, vol. 2021, no. 6662185, p. 16, 2021. DOI: 10.1155/2021/6662185
- [2] D. Kesehatan, <https://dinkes-kotakupang.web.id/cgi-sys/suspendedpage.cgi>, 2021, [Online; accessed 11-Maret-2022].
- [3] H. S. Panigoro, E. Rahmi, N. Achmad, and S. L. Mahmud, "The Influence of Additive Allee Effect and Periodic Harvesting to the Dynamics of Leslie-Gower Predator-Prey Model," *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 2, no. 2, pp. 87–96, 2020. DOI: 10.34312/jjom.v2i2.4566
- [4] H. S. Panigoro, A. Suryanto, W. M. Kusumawinahyu, and I. Darti, "Dynamics of an Eco-Epidemic Predator-Prey Model Involving Fractional Derivatives with Power-Law and Mittag-Leffler Kernel," *Symmetry*, vol. 13, no. 5, p. 785, 2021. DOI: 10.3390/sym13050785
- [5] M. Z. Ndiï, *Pemodelan Matematika*. Penerbit NEM, 2022. ISBN 9786234231144
- [6] S. Athithan, M. Ghosh, and X.-Z. Li, "Mathematical modeling and optimal control of corruption dynamics," *Asian-European Journal of Mathematics*, vol. 11, no. 06, p. 1850090, 2018. DOI: 10.1142/S1793557118500900
- [7] K. Y. Lim, "Modelling the dynamics of corruption and unemployment with heterogeneous labour," *Economic Modelling*, vol. 79, pp. 98–117, 2019. DOI: 10.1016/j.econmod.2018.10.004
- [8] V. N. Kolokoltsov and O. A. Malafeyev, "Mean-Field-Game Model of Corruption," *Dynamic Games and Applications*, vol. 7, no. 1, pp. 34–47, 2017. DOI: 10.1007/s13235-015-0175-x
- [9] S. Brianzoni, R. Coppier, and E. Michetti, "Complex dynamics in a growth model with corruption in public procurement," *Discrete Dynamics in Nature and Society*, vol. 2011, p. 27, 2011. DOI: 10.1155/2011/862396
- [10] A. K. Fantaye and Z. K. Birhanu, "Mathematical model and analysis of corruption dynamics with optimal control," *Journal of Applied Mathematics*, vol. 2022, no. 8073877, pp. 1–16, 2022. DOI: 10.1155/2022/8073877