

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Model penyebaran penyakit *monkeypox* dapat dimodifikasi dari model PDB ke dalam bentuk persamaan diferensial fraksional (PDF) dengan menggunakan operator Atangana-Baleanu-Caputo (ABC). Di mana model fraksional mampu mempresentasikan dinamika penyebaran penyakit secara lebih akurat karena mempertimbangkan efek memori.
2. Eksistensi dan ketunggalan solusi dari model *monkeypox* telah dibuktikan secara matematis menggunakan Teorema titik tetap Banach dan Teorema titik tetap Krasnosel'skiĭ yang menunjukkan bahwa model *monkeypox* memiliki solusi yang tunggal dan eksis pada Y .
3. Terdapat dua titik kesetimbangan yang diperoleh dari model *monkeypox* yaitu titik kesetimbangan bebas penyakit

$$DFE := \left(S_m = \frac{A_m}{\mu_m}, E_m = 0, I_m = 0, R_m = 0, S_h = \frac{A_h}{\mu_h}, I_h = 0 \right)$$

dan titik kesetimbangan endemik

$$END = \begin{pmatrix} S_m = \frac{N_m(\rho + \mu_m)(\gamma + \mu_m)}{\beta\gamma} \\ E_m = \frac{A_m}{(\gamma + \mu_m)} - \frac{\beta\gamma}{\mu_m N_m(\rho + \mu_m)} \\ I_m = \frac{\gamma A_m}{(\rho + \mu_m)(\gamma + \mu_m)} - \frac{\mu_m N_m}{\beta} \\ R_m = \frac{\rho\gamma A_m}{(\rho + \mu_m)(\gamma + \mu_m)\mu_m} - \frac{\rho N_m}{\beta} \\ S_h = \frac{A_h}{\mu_h} \\ I_h = 0 \end{pmatrix}.$$

4. Analisis kestabilan pada model *monkeypox* dalam bentuk persamaan diferensial fraksional (PDF) menunjukkan bahwa sistem memenuhi syarat kestabilan Ulam-Hyers (UH) dan Ulam-Hyers-Rassias (UHR), di mana UHR merupakan kestabilan lebih umum dan fleksibel dibandingkan UH. Artinya setiap solusi pendekatan dari model berada dalam batas toleransi tertentu terhadap solusi eksak, yang menjamin kestabilan sistem dalam konteks

gangguan kecil atau kesalahan perhitungan awal.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model dengan menambahkan parameter tambahan seperti vaksinasi. Selain itu dilakukan perhitungan metode numerik dan simulasi numerik untuk mengamati perilaku model dalam jangka panjang dan mengevaluasi berbagai skenario penyebaran penyakit.



DAFTAR PUSTAKA

- Atangana, A., & Baleanu, D. (2016). New fractional derivatives with nonlocal and non-singular kernel: Theory and application to heat transfer model. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1602.03408>
- Budiyarto, L., Sabila, A. A., & Putri, H. C. (2023). Infeksi Cacar Monyet (Monkeypox). *Jurnal Medika Hutama*, 4(2), 3225–3236.
- Diethelm, K. (2010). *The Analysis of Fractional Differential Equations: An Application-Oriented Exposition Using Differential Operators of Caputo Type*. Springer.
- Gao, S., Zeng, Z., Zhai, Y., Chen, F., Feng, X., Xu, H., Kan, W., Lu, J., Zhou, J., & Chen, Z. (2023). Driving effect of multiplex factors on mpox in global high-risk region, implication for mpox based on one health concept. *One Health*, 17, 100597. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100597>
- Granas, A., & Dugundji, J. (2003). *Fixed Point Theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21593-8>
- Gumandang, H. P. (2022). Monkeypox disease: Wabah multi-nasional. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*, 5(1), 30–36.
- Kemenkes Indonesia. (2022). Kasus Monkeypox Pertama di Indonesia Terkonfirmasi [Diakses pada: Oktober 2024]. <https://ayosehat.kemkes.go.id/kasus-pertama-mpox-terdeteksi-di-indonesia>
- Kemenkes Indonesia. (2023). *Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Mpox (Monkeypox)*. Kementerian Kesehatan RI.
- Kongson, J., Sudsutad, W., Thaiprayoon, C., Alzabut, J., & Tearnbucha, C. (2024). On Analysis of a Nonlinear Fractional System for Social Media Addiction Involving Atangana–Baleanu–Caputo Derivative. *Advances in Difference Equations*, 2021, 1–29. <https://doi.org/10.1186/s13662-021-03515-5>
- Kreyzig, E. (1978). *Introduction Functional Analysis With Applications*. John Wiley & Sons. Inc.
- Liu, B., Farid, S., Ullah, S., Altanji, M., Nawaz, R., & Teklu, S. W. (2023). Mathematical assessment of monkeypox disease with the impact of vaccination using a fractional epidemiological modeling approach. *Scientific Reports*, 13, 13550. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40745-x>
- Ludji, D. G., & Buan, F. C. H. (2023). Penerapan Metode Runge-Kutta Orde 4 pada Pemodelan Penularan Penyakit Cacar Monyet. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 6(1), 1–9.
- Lukito, J. I. (2019). Tatalaksana monkeypox. *Cermin Dunia Kedokteran*, 46(8). <https://doi.org/10.55175/cdk.v46i8.447>

- Marisah, Hilmi, I. L., & Salman. (2022). Studi dan tatalaksana terkait penyakit cacar monyet (monkeypox) yang menginfeksi manusia. *Jurnal Farmasetis*, 11(3), 201–208.
- Mata, A. S., & Dourado, S. M. P. (2021). Mathematical modeling applied to epidemics: An overview. *São Paulo Journal of Mathematical Sciences*, 15(2), 1025–1044. <https://doi.org/10.1007/s40863-021-00268-7>
- Muhafzan, Zulakmal, Baqi, A. I., Rudianto, B., Efendi, & Narwen. (2024). On The Fracational-Order Smoking Eidemic Model. *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*, 2024, 1–11. <https://doi.org/10.28919/cmbn/8507>
- Petras, I. (2011). *Fractional-order nonlinear systems: Modeling, analysis and simulation*. Springer.
- Radityatama, I. G. L. A. S., & Suprpti, H. (2024). Efektivitas antivirus cidofovir pada pasien cacar monyet dengan gejala berat. *Calvaria Medical Journal*, 2(1), 21–28.
- Rezapour, S., Mohammadi, H., & Samei, M. E. (2020). Seir epidemic model for covid-19 transmission by caputo derivative of fractional order. *Advances in difference equations*, 2020(490), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s13662-020-02952-y>
- Sintunavarat, W., & Turab, A. (2022). Mathematical analysis of an extended seir model of covid-19 using the abc-fractional operator. *Mathematics and Computers in Simulation*, 198, 65–84. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2022.02.009>
- Syam, M., & Al-Refai, M. (2019). Fractional differential equations with Atangana-Baleanu fractional derivative: Analysis and applications. *Chaos, Solitons & Fractals: X*, 2, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.csf.2019.100013>
- Taneco-Hernández, M. A., & Vargas-De-León, C. (2020). Stability and Lyapunov functions for systems with Atangana–Baleanu Caputo derivative: An HIV/AIDS epidemic model. *Chaos, Solitons and Fractals*, 132, 109586. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2019.109586>
- Vijayalakshmi, G., & Besi, P. R. (2022). ABC Fractional Order Vaccination Model for Covid-19 with Self-Protective Measures. *International Journal of Applied and Computational Mathematics*, 8, 130. <https://doi.org/10.1007/s40819-022-01316-2>
- WHO. (2017). *Informal Consultation on Monkeypox 2017* (tech. rep.). World Health Organization.
- Zhou, Y., Wang, J., & Zhang, L. (2017). *Basic Theory of Fractional Differential Equations* (2nd ed.). World Scientific.