

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian bab pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperoleh model kasus difteri dengan karantina sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = \Lambda - \frac{\beta SI}{N} + \theta R - \mu S$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\beta \ell SI}{N} - (\sigma + \mu)E$$

$$\frac{dI}{dt} = (1 - \ell) \frac{\beta SI}{N} + \sigma E - (\gamma + \alpha + \mu)I$$

$$\frac{dQ}{dt} = \gamma I - (\omega + \mu)Q$$

$$\frac{dR}{dt} = \omega Q - (\theta + \mu)R$$

2. Terdapat dua titik ekuilibrium yang diperoleh dari model kasus difteri dengan karantina, yaitu:

- a. Titik ekuilibrium bebas penyakit

$$E_0 = (S_0, E_0, I_0, Q_0, R_0) = \left(\frac{\Lambda}{\mu}, 0, 0, 0, 0 \right)$$

- b. Titik ekuilibrium endemik

$$\begin{aligned} E_1 &= (S_1, E_1, I_1, Q_1, R_1) \\ &= \left(\frac{x_1}{x_2}, \frac{(R_0 - 1)x_3}{x_4}, \frac{(R_0 - 1)x_5}{x_6}, \frac{(R_0 - 1)x_7}{x_6}, \frac{(R_0 - 1)x_8}{x_6} \right) \end{aligned}$$

3. Bilangan reproduksi dasar dari model kasus difteri dengan karantina, yaitu:

$$R_0 = \frac{\beta \Lambda (\sigma + \mu - \ell \mu)}{\mu N (\sigma + \mu) (\gamma + \alpha + \mu)}$$

4. Hasil estimasi parameter yang diperoleh dari model kasus difteri menggunakan metode algoritma genetika yaitu: $\beta = 0,49669$, $\ell = 0,26707$, $\sigma = 0,024098$, $\alpha = 0,35931$, $\gamma = 0,035236$, $\omega = 0,33163$, $\theta = 0,27495$ dengan $\mu = 0,0148809524$ serta $\Lambda = 3.069.413,6160714$. Nilai μ dan Λ masing-masing

diperoleh berdasarkan angka harapan hidup penduduk dan angka kelahiran penduduk di Indonesia pada tahun 2000. Dari hasil estimasi tersebut, nilai kesalahan dengan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE) yang diperoleh adalah sebesar 2,5224%.

5. Simulasi numerik dilakukan pada titik ekuilibrium bebas penyakit dan titik ekuilibrium endemik yang telah terbukti eksis dan stabil berdasarkan hasil analisis kestabilannya.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, parameter model diperoleh dari hasil estimasi data yang tersedia sehingga model sudah cukup menggambarkan penyebaran difteri. Untuk penelitian selanjutnya, model dapat dikembangkan dengan menambahkan faktor lain yang mempengaruhi penularan, seperti vaksinasi serta penerapan kontrol atau intervensi kesehatan. Selain itu, penggunaan data riil yang lebih lengkap dari seluruh kompartemen diharapkan dapat menghasilkan nilai error yang lebih kecil dan meningkatkan akurasi model.

UIN IMAM BONJOL
PADANG

DAFTAR PUSTAKA

- Avram, F., Adenane, R., & Basnarkov, L. (2024). Algorithmic Approach for a Unique Definition of the Next-Generation Matrix. *Mathematics*.
- BPS RI. (2002). *Hasil Sensus Penduduk 2000*. BPS RI.
- BPS RI. (2017). *Penduduk Indonesia menurut Provinsi 1971, 1980, 1990, 1995, 2000 dan 2010*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Brauer, F., Driessche, P. van den, & Wu, J. (1945). *Mathematical Epidemiology*. Springer. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2024.03.003>
- Burke, D. S. (2024). Origins of the problematic E in SEIR epidemic models. *KeAi Publishing*, 9(3), 673–679. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2024.03.003>
- Dinas Kesehatan Provinsi Aceh. (2023). *Rentan Menyerang Anak-Anak, Kenali Gejala dan Penyebab Difteri, Bisa Menular Lewat Batuk dan Bersin*. Dinas Kesehatan Provinsi Aceh.
- Gao, S., Hu, J., & Yu, Y. (2018). Iterative Methods for Polynomial Equations Based on Vietars Theorem. *ATLANTIS PRESS*, 83(Mcei), 107–111. <https://doi.org/10.2991/mcei-18.2018.21>
- Harianto, J., Angelika, V., & Seru, F. (2023). Kestabilan Lokal Titik Ekuilibrium Penyebaran Penyakit Polio. *Jurnal Matematika UNAND*, 12(2), 153–167.
- Haupt, R. L., & Haupt, S. E. (2004). Practical Genetic Algorithms. In *Wiley*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/0471671746>
- Hurint, R. U., Ndi, M. Z., Lobo, M., & Matematika, J. (2017). Analisis Sensitivitas Model Epidemi SEIR Sensitivity Analysis of Seir Epidemic Model. *Online Journal of Natural Science*, 6(1), 22–28.
- Husain, H. S. (2019). An SIR mathematical model for Dipterid disease. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/2/022051>
- Husnah. (2016). Epidemiologi Kasus Difteri Suspek Di Kabupaten Gresik Tahun 2013 – Bulan Februari 2016. *Jurnal Ilmiah Kebidanan (Scientific Journal of Midwifery)*, 2(2), 39–47.
- Izzati, N., & Andriani, A. (2021). Kendali Optimal Pada Model Penyebaran Penyakit Difteri dengan Tingkat Imunitas Alami Pada Individu Terpapar. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.22487/2540766x.2021.v18.i1.15339>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). Imunisasi Efektif Cegah Difteri. *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*.

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Profil Kesehatan Indonesia 2023*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kerr, A., & Mullen, K. (2019). A Comparison of Genetic Algorithms and Simulated Annealing in Maximizing the Thermal Conductivity of Discrete Massive Chains. *Computational Materials Science*, 157, 31–36.
- Kitamura, N., Bahkali, K., Chem, E. D., Quilty, B. J., Edwards, T., Toizumi, M., & Yoshida, L. M. (2022). Waning rate of immunity and duration of protective immunity against diphtheria toxoid as a function of age and number of doses: Systematic review and quantitative data analysis. *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, 18(6). <https://doi.org/10.1080/21645515.2022.2099700>
- Mitchell, M. (1998). An Introduction to Genetic Algorithms. In *MIT Press*. <https://doi.org/10.1007/BF02823145>
- Murtafi'ah, W., & Apriandi, D. (2018). *Persamaan Diferensial Biasa Dan Aplikasinya*. UNIPMA PRESS.
- Mustikasari, R. I., Husada, D., Kartina, L., Basuki, P. S., Puspitasari, D., Ismoedijanto, I., Hilwana, L., & Haq, A. (2025). Peran Pelatihan Dan Peningkatan Keterampilan Tenaga Kesehatan Dalam Penanganan Difteri Di Jawa Timur Pada Tahun 2024. *Jurnal Gema Ngabdi*, 7(2), 193–202. <https://doi.org/10.29303/jgn.v7i2.585>
- Nafisah, Z., & Adi, Y. A. (2024). Model SEIR Dengan Pseudo-Recovery Pada Kasus Tuberkulosis Di Jawa Barat. *Jurnal Matematika UNAND*, 13(3), 170–187.
- Ndii, M. Z. (2022). Pemodelan Matematika. In *PT Nasya Expanding Management*. [http://repository.uinsu.ac.id/17581/1/Pemodelan Matematika Final.pdf](http://repository.uinsu.ac.id/17581/1/Pemodelan%20Matematika%20Final.pdf)
- NICD. (2025). *Diphtheria: NICD recommendations for diagnosis, management and public health response*.
- Nisa, E. K., & Artiono, R. (2025). Analisa Dinamik Model Koinfeksi Penyebaran Penyakit Flu Babi (H1n1) Dan Flu Burung (H5n1). *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 13(2).
- Nurhana, I. D., & Abadi. (2023). Analisis Kestabilan Model Sviqr Pada Penyebaran Penyakit Difteri Dengan Pengaruh Vaksinasi Dan Karantina. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(2), 265–273. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n2.p265-273>
- Olsder, G. J., van der Woude, J. W., Maks, J. G., & Jeltsema, D. (2011). *Mathematical Systems Theory: fourth edition*. VSSD.
- Paraskevopoulos, A. (2022). Francois Viete and his contribution to mathematics. *eprint arXiv:2210.12545*, October, 0–14. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.12545>

- Perko, L. (2009). *Differential Equations and Systems*. Springer. <https://doi.org/10.1002/9780470522165.ch1>
- Putra, M. R. E. (2019). Diagnosis Dan Tatalaksana Difteri. *Jurnal Medika Utama*, 02(01), 402–406.
- Rifandi, M., & Abdy, M. (2019). *Suatu Pengantar Persamaan Diferensial Biasa*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Sa'adah, A., Sasmito, A., & Pasaribu, A. A. (2024). Comparison of Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO) for Estimating the Susceptible-Exposed- Infected-Recovered (SEIR) Model Parameter Values. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 10(2), 290–301. <http://dx.doi.org/10.20473/jisebi.10.2.290-301>
- Sa, A., & Prihantini. (2024). Implementasi Algoritma Genetika untuk Estimasi Parameter Model Matematika SEIR. *Journal of Mathematics Education and Science*, 7, 77–83.
- Salmah. (2020). *Teori Sistem Kendali Linear dan Aplikasinya*. Gadjah Mada University Press.
- Saltina, S., Achmad, N., Resmawan, R., & Nuha, A. R. (2022). Model Matematika Tipe Seiqr Pada Penyebaran Penyakit Difteri. *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika*, 22(1), 14. <https://doi.org/10.19184/mims.v22i1.29337>
- Sanggala, E., & Khamdani, S. (2022). Penyelesaian Traveling Salesman Problem dengan Metode Algoritma Genetika (Uniform Crossover). *Jurnal Logistik Bisnis*, 12(01), 51–55.
- Sato, M., Ratianingsih, R., & Hajar. (2021). Membangun Model Matematika Penyebaran Penyakit Difteri Oleh Corynebacterium Diphtheriae Pada Populasi Manusia. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 18(2), 221–229. <https://doi.org/10.22487/2540766x.2021.v18.i2.15705>
- Sinaga, L. P., Kartika, D., & Nasution, H. (2021). *Pengantar Sistem Dinamik* (T. Trisnawati (ed.)). Amal Insani.
- Sinta. (2025). Model Matematika Penyebaran penyalahgunaan Narkotika Dengan Mempertimbangkan Usaha Rehabilitasi Rawat Inap. *Jurnal Matematika, Komputasi dan Statistika*, 5(2), 929–938.
- Syarif, A. (2020). *Algoritma Genetika & Persoalan Optimasi*. Graha Ilmu.
- Syarif, D. E. A. (2014). *Algoritma Genetika: Teori dan Aplikasi Edisi 2*. Graha Ilmu.
- Ummah, N., & Artiono, R. (2025). Analisis Dinamik Model Koinfeksi Penyakit Hepatitis B Dan Demam Berdarah Dengue. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 13(01), 246–259.

- WHO. (2000). *Life Expectancy at Birth (Years)*. World Health Organization (WHO).
- WHO. (2024). *Diphtheria Reported Cases And Incidence*. World Health Organization (WHO).
- Widyaningsih, P., Jasaputra, A., Saputro, D. R. S., & Pangadi. (2020). Simulasi Pengaruh Program Vaksinasi dalam Penyebaran Penyakit Difteri di Indonesia. *PRISMA (Prosiding Seminar Nasional Matematika)*, 3, 173–178.
- Wulandari, B., Qomarudin, M. N. H., Sanwidi, A., & Robby, R. R. (2023). Analisis Kestabilan Model Matematika Pada Penyebaran Covid Varian Omicron Dengan Kontrol Vaksinasi. *Jurnal Matematika UNAND*, 12(1), 15–34. <https://doi.org/10.25077/jmua.12.1.15-34.2022>
- Yourlanda, D. (2024). Diagnosis dan Tatalaksana Difteri pada Anak. *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*, 7(4), 14–19.

