

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter-parameter estimasi model SIRD dengan segmentasi dari data penyebaran COVID-19 di Indonesia yang optimal, didapat dari penentuan nilai penalti dan banyak data minimal tiap segmennya. Nilai penalti dan banyak data minimal tiap segmen tersebut berturut-turut adalah 0,8 dan 5.
2. Parameter-parameter estimasi model SIRD dengan segmentasi dari data penyebaran COVID-19 di Indonesia menggambarkan data dengan baik. Hal tersebut dibuktikan dari MAPE kompartemen manusia rentan yaitu 0,0018%, MAPE kompartemen manusia terinfeksi yaitu 7,68%, MAPE kompartemen manusia sembuh yaitu 0,43%, dan MAPE kompartemen manusia meninggal yaitu 1,17% yang lebih kecil dari 10%. Akan tetapi, parameter-parameter estimasi ini kurang akurat untuk menggambarkan banyak manusia terinfeksi pada saat terjadinya perubahan kemonotonan dari banyak manusia terinfeksi.
3. Peramalan sebulan mendatang penyebaran COVID-19 di Indonesia paling akurat dengan skenario kedua yang menggunakan rata-rata parameter-parameter estimasi dua tahun sebelumnya pada hari dan bulan yang sama. Hal tersebut dibuktikan dengan MAPE total 6,9% yang lebih kecil dari MAPE total skenario pertama dan kedua. Selain itu, peramalan akurat untuk 25 hari mendatang saja karena nilai persentase eror absolut kompartemen manusia terinfeksi setelah 25 hari mendatang lebih besar dari 8%.

5.2 Saran

Berikut merupakan saran yang bisa diberikan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Segmentasi dapat dilakukan berdasarkan perubahan kemiringan dari $\ln(S(t))$ dengan $\frac{D(t)}{N}$.
2. Estimasi parameter-parameter model SIRD dengan segmentasi dapat diaplikasikan untuk data penyebaran penyakit lainnya.
3. Analisis bifurkasi terhadap parameter-parameter estimasi.
4. Penentuan arsitektur ANN terbaik untuk data penyebaran COVID-19 di Indonesia.

5. Penerapan metode estimasi dengan segmentasi dan pembelajaran mesin untuk model kompartemen lain.



DAFTAR REFERENSI

- [1] Taleb, N. N. (2007) *The black swan: The impact of the highly improbable*. Random house.
- [2] Mahayana, D., Natanael, D. P., dan Abbas, M. F. (2022) Analysis and simulation of covid-19 spread in Indonesia using SIR and SIR-D modelling with optimization. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, **14**, 344–357.
- [3] Ma, Z. dan Li, J. (2009) *Dynamical modeling and analysis of epidemics*. World Scientific, Toh Tuck Link, Singapore.
- [4] Ning, X., Jia, L., Wei, Y., Li, X.-A., dan Chen, F. (2023) Epi-DNNs: Epidemiological priors informed deep neural networks for modeling covid-19 dynamics. *Computers in biology and medicine*, **158**, 106693.
- [5] Long, J., Khaliq, A., dan Furati, K. M. (2021) Identification and prediction of time-varying parameters of covid-19 model: a data-driven deep learning approach. *International journal of computer mathematics*, **98**, 1617–1632.
- [6] Liu, R., Li, J., Wen, Y., Li, H., Zhang, P., Sheng, B., dan Feng, D. D. (2023) Deep dynamic epidemiological modelling for covid-19 forecasting in multi-level districts. *arXiv preprint arXiv:2306.12457*, ?
- [7] Morato, M. M., Pataro, I. M., da Costa, M. V. A., dan Normey-Rico, J. E. (2022) A parametrized nonlinear predictive control strategy for relaxing covid-19 social distancing measures in brazil. *ISA transactions*, **124**, 197–214.
- [8] Conde-Gutiérrez, R., Colorado, D., dan Hernández-Bautista, S. (2021) Comparison of an artificial neural network and gompertz model for predicting the dynamics of deaths from covid-19 in méxico. *Nonlinear Dynamics*, **104**, 4655–4669.
- [9] Boyce, W. E., DiPrima, R. C., dan Meade, D. B. (2021) *Elementary differential equations and boundary value problems*, 11th edition. John Wiley & Sons, United States of America.
- [10] Chapra, S. C., Canale, R. P., dkk. (2011) *Numerical methods for engineers*, 7 edition. Mcgraw-hill education, New York.
- [11] Begon, M., Bennett, M., Bowers, R. G., French, N. P., Hazel, S., dan Turner, J. (2002) A clarification of transmission terms in host-microparasite models: numbers, densities and areas. *Epidemiology & Infection*, **129**, 147–153.
- [12] Balkew, T. M. (2010) *The SIR model when $S(t)$ is A multi-exponential function*. East Tennessee State University, Tennessee.
- [13] Killick, R., Fearnhead, P., dan Eckley, I. A. (2012) Optimal detection of changepoints with a linear computational cost. *Journal of the American Statistical Association*, **107**, 1590–1598.
- [14] Branch, M. A., Coleman, T. F., dan Li, Y. (1999) A subspace, interior, and conjugate gradient method for large-scale bound-constrained minimization problems. *SIAM Journal on Scientific Computing*, **21**, 1–23.

- [15] Coleman, T. F. dan Li, Y. (1996) An interior trust region approach for nonlinear minimization subject to bounds. *SIAM Journal on optimization*, **6**, 418–445.
- [16] Beilina, L., Karchevskii, E., dan Karchevskii, M. (2017) *Numerical linear algebra: Theory and applications*. Springer, Sweden.
- [17] Kim, S. dan Kim, H. (2016) A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *International Journal of Forecasting*, **32**, 669–679.
- [18] Jain, A. K., Mao, J., dan Mohiuddin, K. M. (1996) Artificial neural networks: A tutorial. *Computer*, **29**, 31–44.
- [19] Kingma, D. P. dan Ba, J. (2014) Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*, **9**.

