

Artikel Jurnal Computing

SIMULATOR SISTEM DINAMIS PENYEBARAN COVID-19 MENGGUNAKAN MODEL SIR DENGAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4

Penulis

Ardi Kamal Karima (301230023)

ABSTRAK: Pandemi COVID-19 merupakan permasalahan global yang membutuhkan pemahaman mendalam mengenai pola penyebaran penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk membangun simulator sistem dinamis kontinu berbasis model epidemiologi SIR (Susceptible–Infected–Recovered) guna memprediksi perilaku penyebaran COVID-19. Metode yang digunakan adalah Runge-Kutta Orde 4 (RK4) untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial nonlinier pada model SIR. Data time series riil diperoleh dari dataset COVID-19 Kaggle dan digunakan untuk validasi parameter model. Hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk grafik interaktif melalui aplikasi web berbasis Streamlit sehingga memungkinkan pengguna melakukan analisis skenario (What-If Analysis) dengan mengubah parameter laju infeksi dan laju pemulihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan rasio parameter laju infeksi dan pemulihan berpengaruh signifikan terhadap tinggi puncak kasus dan durasi wabah. Simulator ini diharapkan dapat menjadi media edukasi dan alat bantu analisis kebijakan kesehatan masyarakat.

Kata kunci: Sistem Dinamis, Model SIR, Runge-Kutta Orde 4, COVID-19, Streamlit

ABSTRACT: The COVID-19 pandemic is a global issue that requires a deep understanding of disease spread dynamics. This study aims to develop a continuous dynamic system simulator based on the SIR (Susceptible–Infected–Recovered) epidemiological model to predict COVID-19 transmission behavior. The Runge-Kutta 4th Order (RK4) method is employed to solve the nonlinear differential equations of the SIR model. Real-world time series data are obtained from a Kaggle COVID-19 dataset and used for parameter validation. The simulation results are visualized through an interactive web application built with Streamlit, allowing users to perform what-if analysis by adjusting infection and recovery rates. The results indicate that changes in the ratio of infection and recovery parameters significantly affect peak cases and outbreak duration. This simulator can serve as an educational tool and a decision-support system for public health policy analysis.

Keywords: Dynamic System, SIR Model, Runge-Kutta 4th Order, COVID-19, Streamlit

PENDAHULUAN

COVID-19 merupakan penyakit menular yang menyebar dengan cepat dan memberikan dampak besar terhadap berbagai sektor kehidupan. Pemodelan matematika menjadi salah satu pendekatan penting untuk memahami dan memprediksi penyebaran penyakit menular. Model SIR merupakan model epidemiologi klasik yang membagi populasi ke dalam tiga kompartemen utama, yaitu Susceptible (rentan), Infected (terinfeksi), dan Recovered (sembuh atau meninggal).

Penggunaan sistem dinamis kontinu memungkinkan analisis perilaku sistem berdasarkan persamaan diferensial. Dengan bantuan metode numerik seperti Runge-Kutta Orde 4, solusi sistem dapat diperoleh secara akurat. Penelitian ini mengintegrasikan model SIR dengan data riil COVID-19 serta mengimplementasikannya dalam bentuk aplikasi web interaktif agar mudah digunakan oleh pengguna awam.

METODE

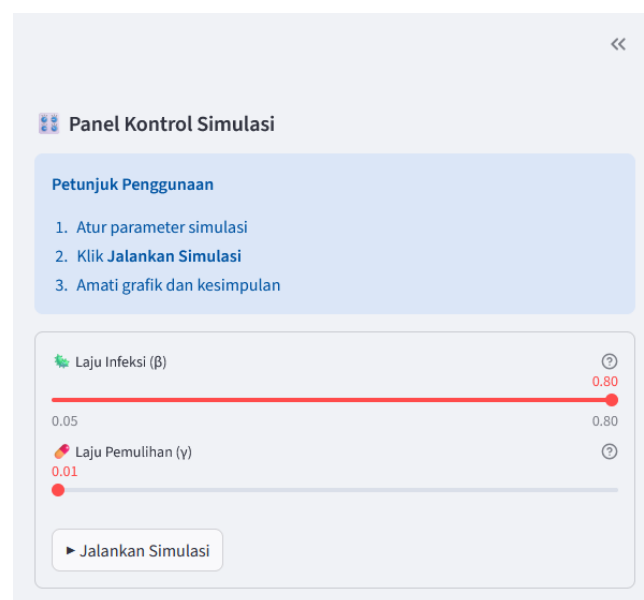
Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahap. Pertama, pengumpulan data time series COVID-19 dari Kaggle yang mencakup jumlah kasus terkonfirmasi, sembuh, dan meninggal. Kedua, dilakukan eksplorasi data (EDA) untuk memahami pola penyebaran. Ketiga, perancangan model SIR dengan sistem persamaan diferensial. Penyelesaian numerik dilakukan menggunakan metode Runge-Kutta Orde 4.

Parameter laju infeksi (β) dan laju pemulihan (γ) disesuaikan agar hasil simulasi mendekati data riil. Tahap terakhir adalah implementasi model ke dalam aplikasi web Streamlit untuk visualisasi interaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa model SIR mampu menggambarkan tren umum penyebaran COVID-19. Grafik perbandingan antara data riil dan hasil simulasi memperlihatkan bahwa peningkatan nilai β menyebabkan lonjakan kasus yang lebih tinggi, sedangkan peningkatan γ mempercepat penurunan kasus aktif. Selain itu, grafik dinamika S, I, dan R memberikan gambaran alur epidemi dari waktu ke waktu. Aplikasi web yang dikembangkan memungkinkan pengguna mengubah parameter dan langsung melihat dampaknya, sehingga mendukung analisis skenario secara intuitif.

OUTPUT PROGRAM



Gambar 1. Hasil Output Program

📌 Contoh Skenario

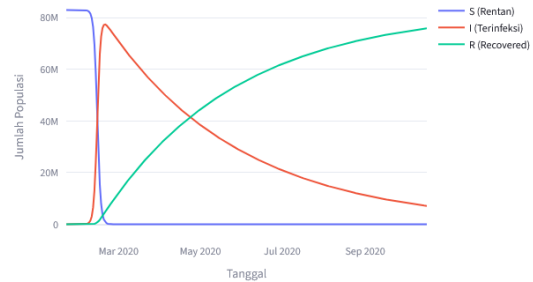
- β tinggi, γ rendah \rightarrow Lonjakan kasus
- β rendah, γ tinggi \rightarrow Wabah terkendali

📖 Keterangan Model

- S : Rentan
- I : Terinfeksi
- R : Sembuh / Meninggal

Gambar 2. Hasil Output Program

Dinamika Kompartemen SIR



Gambar 5. Hasil Output Program



Simulator Sistem Dinamis COVID-19

Model Epidemiologi SIR (Kontinu) menggunakan Metode Runge-Kutta Orde 4

| | | |
|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 📄 Puncak Kasus (Model) | 📄 Kasus Aktif Terakhir | 📄 Rasio β / γ |
| 77,389,402 | 7,101,315 | 80.00 |

Gambar 3. Hasil Output Program

Kesimpulan Simulasi

Berdasarkan parameter yang dipilih:

- Laju penyebaran penyakit tergolong **sangat agresif**
- Puncak kasus simulasi mencapai **77,389,402 kasus**
- Puncak terjadi sekitar **2020-02-20**
- Dibandingkan data riil, kondisi simulasi **lebih buruk dibandingkan data riil**
- Kasus aktif di akhir simulasi sekitar **7,101,315 kasus**

Interpretasi Umum:

Parameter β dan γ sangat memengaruhi dinamika wabah. Rasio β/γ yang tinggi menyebabkan lonjakan kasus yang lebih besar dan durasi wabah yang lebih panjang.

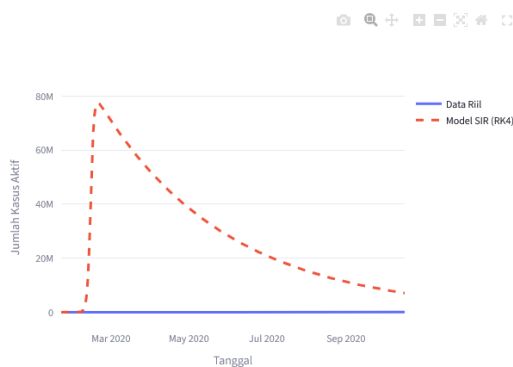
Simulasi berhasil dijalankan. Silakan ubah parameter untuk skenario lain.

Dibuat oleh:

Ardi Kamal Karima
Kelas SC – NIM 301230023
Mahasiswa Teknik Informatika

Gambar 5. Hasil Output Program

Perbandingan Data Riil vs Model SIR



Gambar 4. Hasil Output Program

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa model SIR dengan metode Runge-Kutta Orde 4 efektif untuk memodelkan penyebaran COVID-19 secara kontinu. Aplikasi simulasi yang dibangun mampu memberikan visualisasi dan kesimpulan analitis secara interaktif. Ke depan, model dapat dikembangkan dengan menambahkan kompartemen lain atau menggunakan metode optimasi parameter yang lebih kompleks untuk meningkatkan akurasi.

LINK PROGRAM PROJECT**GITHUB:**

<https://github.com/Ardikamal/covid-sir-simulator.git>

DATASET KAGGLE:

<https://www.kaggle.com/datasets/niketchauhan/covid-19-time-series-data?resource=download>

LINK PROGRAM DEPLOY STREAMLIT:

<https://covid-sir-simulator-tugasbesar15-ardikamalkarima.streamlit.app/>

PUSTAKA ACUAN

Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. Proceedings of the Royal Society A, 115(772), 700–721.

World Health Organization. (2020). Coronavirus disease (COVID-19) pandemic.

Kaggle. (2020). COVID-19 Time Series Dataset.