

**PEMODELAN SEIR DENGAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4  
PENYEBARAN COVID-19 DI JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh  
**ANNISA NUR HAYATI**  
**H02217002**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2024**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ANNISA NUR HAYATI

NIM : H02217002

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2017

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PEMODELAN SEIR PENYEBARAN COVID-19 DENGAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4 DI JAWA TIMUR". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 21 Juni 2024

Yang menyatakan,



ANNISA NUR HAYATI

NIM. H02217002

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : ANNISA NUR HAYATI

NIM : H02217002

Judul Skripsi : PEMODELAN SEIR PENYEBARAN COVID-19  
DENGAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4 DI  
JAWA TIMUR

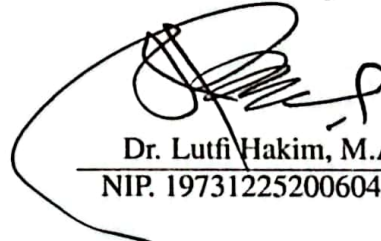
telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.  
NIP. 198601232014031001

Pembimbing II



Dr. Lutfi Hakim, M.Ag.  
NIP. 197312252006041001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Yuniar Farida, M.T  
NIP. 197905272014032002

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

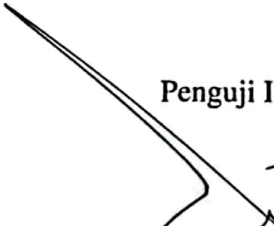
Skripsi oleh

Nama : ANNISA NUR HAYATI  
NIM : H02217002  
Judul Skripsi : PEMODELAN SEIR PENYEBARAN COVID-19  
DENGAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4 DI  
JAWA TIMUR


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 21 Juni 2024

Mengesahkan,  
Tim Penguji

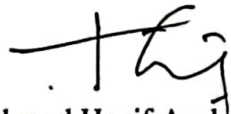
Penguji I

  
Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.PMat.  
NIP. 198002042014031001

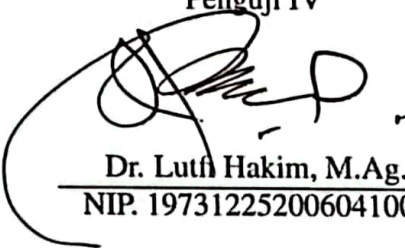
Penguji II

  
Dian Yuliati, M.Si.  
NIP. 198707142020122015

Penguji III

  
Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.  
NIP. 198601232014031001

Penguji IV

  
Dr. Lutfi Hakim, M.Ag.  
NIP. 197312252006041001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya

  
  
Dr. Saepul Hamdani, M.Pd.  
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSetujuan PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ANNISA NUR HAYATI  
NIM : H02217002  
Fakultas/Jurusan : SAINTEK / MATEMATIKA  
E-mail address : h02217002@uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMODELAN SEIR PENYEBARAN COVID-19 DENGAN  
METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4 DI JAWA TIMUR

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 3 Juli 2024

Penulis



( Annisa Nur Hayati )  
nama terang dan tanda tangan

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING</b>	ii
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI</b>	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b>	iv
<b>MOTTO</b>	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xii
<b>ABSTRAK</b>	xiii
<b>ABSTRACT</b>	xiv
<b>I PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	10
1.3. Tujuan Penelitian	10
1.4. Manfaat Penelitian	11
1.5. Batasan Masalah	11
1.6. Sistematika Penulisan	12
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	14
2.1. COVID-19 Di Jawa Timur	14
2.2. Persaman Diferensial	16
2.3. Titik Ekuilibrium (Titik Tetap)	18
2.4. Matriks Jacobi	20
2.5. Analisis Kestabilan	21
2.6. Fungsi Routh Hurwitz	23
2.7. Bilangan Reproduksi Dasar	25



2.8. Solusi Numerik	27
2.9. Metode <i>Runge-Kutta</i> Orde 4	28
2.10. Integrasi Keislaman	31
<b>III METODE PENELITIAN</b>	<b>35</b>
3.1. Jenis Penelitian	35
3.2. Pengumpulan Data	36
3.3. Analisis Data	39
3.4. Kerangka Penelitian	39
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>43</b>
4.1. Nilai Awal Parameter	43
4.2. Titik Keseimbangan Model SEIR	44
4.2.1. Titik Keseimbangan Bebas Penyakit COVID-19	45
4.2.2. Titik Keseimbangan Endemik	46
4.2.3. Hasil Titik Keseimbangan	51
4.3. Analisis Kestabilan	52
4.4. Bilangan Reproduksi Dasar ( $R_0$ )	62
4.5. Simulasi Numerik dengan Metode <i>Runge-Kutta</i> Orde Empat	64
4.6. Integrasi Keislaman	69
<b>V PENUTUP</b>	<b>74</b>
5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>76</b>
<b>A SKRIP SOLUSI NUMERIK PROGRAM MATLAB</b>	<b>82</b>

## DAFTAR TABEL

2.1 Routh-Hurwitz . . . . .	24
4.1 Tabel <i>Routh-Hurwitz</i> Kesetimbangan Bebas Penyakit . . . . .	57
4.2 Tabel <i>Routh-Hurwitz</i> Kesetimbangan Endemik . . . . .	62



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



## DAFTAR GAMBAR

1.1 Gelombang COVID-19 di Indonesia . . . . .	4
2.1 COVID-19 di Jawa Timur . . . . .	15
3.1 Diagram Alir model SEIRS pada penyebaran COVID-19 . . . . .	37
3.2 Diagram Alir (Flowchart) Model Penyebaran COVID-19 . . . . .	40
4.1 Dinamika Perubahan tiap Populasi Penyebaran COVID-19 Model SEIRS . . . . .	67
4.2 Individu Rentan( <i>Susceptible</i> ) . . . . .	67
4.3 Individu Terpapar( <i>Exposed</i> ) . . . . .	68
4.4 Individu Terinfeksi( <i>Infected</i> ) . . . . .	68
4.5 Individu Sembuh ( <i>Recovery</i> ) . . . . .	69

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## ABSTRAK

### PEMODELAN SEIR PENYEBARAN COVID-19 DENGAN METODE RUNGE-KUTTA ORDE 4 DI JAWA TIMUR

Penyakit COVID-19 adalah penyakit yang disebabkan oleh virus golongan Coronavirus seperti SARS-CoV-2 yang disebut virus Corona. Penyebaran yang terjadi menyebabkan COVID-19 ini sekarang menjadi sebuah pandemi yang terjadi di banyak negara terutama Indonesia yang dimulai dari 2 Warga Negara Jepang yang berdansa dengan Warga Negara Indonesia dan mulai bertambah di setiap wilayah terutama Jawa Timur dengan penyumbang terbanyak total 2.127 jiwa pada gelombang ketiga COVID-19. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model penyebaran COVID-19, kestabilan titik *equilibrium* dan mengetahui hasil solusi numerik di Provinsi Jawa Timur. Pemodelan yang digunakan adalah model SEIR dengan metode *Runge-Kutta* Orde 4. Populasi dalam model yang digunakan dibagi menjadi empat sub-populasi, diantaranya yaitu: *S-Suspected*, *E-Exposed*, *I-Infected*, dan *R-Recovery* dengan sub-populasi sembuh akan kembali menjadi rentan. Model yang telah dibentuk dan dicari kestabilan titik kesetimbangannya dengan kriteria *Routh-Hurwitz*, kemudian disimulasikan menggunakan metode numerik *Runge-Kutta* orde empat. Hasil analisis yang didapatkan pada penelitian ini menghasilkan  $R_0 < 1$  yaitu 0,5532927488, artinya total individu terinfeksi akan menurun atau berkurang sehingga seiring waktu penyakit akan menghilang. Pada kondisi ini sistem membentuk kesetimbangan bebas penyakit yang stabil. Berdasarkan penelitian yang didapatkan, hasil simulasi numerik dan interpretasi hasil simulasi dari model SEIR dalam penyebaran COVID-19 di Jawa Timur dalam populasi sekitar hari ke-70 dan tidak ada lagi populasi yang terinfeksi pada hari ke-90.

**Kata kunci:** COVID-19, Pemodelan SEIR, Metode *Runge Kutta Orde-4*, Fungsi *Routh Hurwitz*

## ABSTRACT

### SEIR MODELING OF THE SPREAD OF COVID-19 WITH 4TH ORDER RUNGE-KUTTA METHOD IN EAST JAVA

COVID-19 is a disease caused by a Coronavirus class virus such as SARS-CoV-2 called the Corona virus. The spread that occurred caused COVID-19 is now a pandemic that occurred in many countries, especially Indonesia, which began with 2 Japanese citizens who danced with Indonesian citizens and began to increase in each region, especially East Java with the highest number of contributors totaling 2,127 people in the third wave of COVID-19. This study aims to determine the COVID-19 spread model, the stability of the *equilibrium* point and determine the results of numerical solutions in East Java Province. The modeling used is the SEIR model with the Runge-Kutta method. Order 4. The population in the model used is divided into four sub-populations, including: S-*Suspected*, E-*Exposed*, I-*Infected*, and R-*Recovery* with the recovered sub-population will return to being vulnerable. The model that has been formed and sought the stability of the equilibrium point with the criterion *Routh-Hurwitz*, then simulated using the numerical method *Runge-Kutta* fourth order. The results of the analysis obtained in this study resulted in  $R_0 < 1$  which is 0.5532927488, meaning that the total number of infected individuals will decrease or decrease so that over time the disease will disappear. In this condition, the system forms a stable disease-free equilibrium. Based on the research obtained, the numerical simulation results and interpretation of the simulation results of the SEIR model in the spread of COVID-19 in East Java in the population around day 70 and there is no longer an infected population on day 90.

**Keywords:** COVID-19, SEIR Modeling, 4th Orde Runge-Kutta Method, Routh Hurwitz Function.

## DAFTAR PUSTAKA

- Antara (2021). Gelombang I dan II COVID-19 di Indonesia. <https://www.antaraneews.com/infografik/2275510/gelombang-i-dan-ii-covid-19-di-indonesia>.
- Anton, H. (1998). *Elementary linear algebra (Aljabar linear elementer)*. Erlangga, Jakarta, edisi 5 edition.
- BBC (2020). Covid-19 Indonesia mencapai setengah juta kasus positif, 25% di antaranya ada di Jakarta. <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-51850113>. Diakses: 20 Juni 2020.
- Bodson, M. (2020). Explaining the Routh–Hurwitz Criterion : A Tutorial Presentation [Focus on Education]. *IEEE Control Systems Magazine*, (40(1)):45–51.
- BPS Provinsi Jawa Timur. BPS Provinsi Jawa Timur. <https://jatim.bps.go.id/indicator/12/375/1/jumlah-penduduk-provinsi-jawa-timur.html>. Diakses 20 Juni 2022.
- Cahlon, B. and Schmidt, D. (2000). On stability of systems of delay differential equations. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 117(2):137–158.
- Diz-Pita, É. and Otero-Espinar, M. V. (2021). Predator–prey models: A review of some recent advances. *Mathematics*, 9(15):1783.

Enkekes, Y. B. and Mardianto, L. (2022). Metode Runge-Kutta Orde 4 Dalam Penyelesaian Persamaan Gelombang 1D Syarat Batas Dirichlet. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 2(1):1.

Giesecke, J. (2002). *Modern Infectious Disease Epidemiology*. CRC Press, Florida, edisi 2 edition.

Hermann, M. and Saravi, M. (2014). A first course in ordinary differential equations: Analytical and numerical methods. *A First Course in Ordinary Differential Equations: Analytical and Numerical Methods*, (April):1–288.

Holmes, M. H. (2006). *Introduction to Numerical Methods in Differential Equations (Texts in Applied Mathematics, Vol. 52)*. Springer-Verlag, New York, edisi 1 edition.

Hurit, R. U. and Sudi Mungkasi (2021). The Euler, Heun, and Fourth Order Runge-Kutta Solutions to SEIR Model for the Spread of Meningitis Disease. *Mathline : Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(2):140–153.

Kemenkes RI (2021). Situasi Terkini Perkembangan Coronavirus. *Kementerian Kesehatan RI*, pages 1–4.

Kementrian Kesehatan. Dashboard COVID-19. [https://  
dashboardcovid19.kemkes.go.id/](https://dashboardcovid19.kemkes.go.id/).

Kemkes.go.id (2020). Dashboard COVID-19. [https://infeksiemerging.  
kemkes.go.id/dashboard/covid-19](https://infeksiemerging.kemkes.go.id/dashboard/covid-19).

Kocak, H. . and K. Hale, J. (1991). *Hüseyin Kocak, Jack K. Hale*. Springer-Verlag, New York.

Lestari, D. (2013). Diktat Persamaan Diferensial. *Universitas Negeri Yogyakarta*.

- Lestari, W. (2021). Analisis Perbandingan Dua Model SEIRS Sebagai Model Penyebaran Penyakit COVID-19. *Institut Pertanian Bogor*.
- Meiss, J. D. (2007). *Differential Dynamical Systems*. Society for Industrial and Applied Mathematics, USA.
- Nurhidayati, T. and Rofiq, N. (2021). Pandemi covid-19 dalam kaca mata islam. *FALASIFA : Jurnal Studi Keislaman*, 12:62–74.
- Perko, L. (2001). *Differential Equations and Dynamical Systems*. Springer-Verlag, New York, edisi 3 edition.
- Putra, R. T. (2012). Kestabilan lokal bebas penyakit model epidemi seir dengan kemampuan infeksi pada periode laten, infeksi dan sembuh.
- Sasongko, S. B. (2010). *Metode Numerik dengan Scilab*. ANDI, Yogyakarta.
- Siegel, E. (2019). Partial derivatives and the jacobian matrix. <https://siegel.work/blog/TheJacobian/>. Diakses: 24 Juni 2024.
- Solichin, A. and Khairunnisa, K. (2020). Klasterisasi persebaran virus corona (covid-19) di DKI Jakarta menggunakan metode k-means. *Fountain of Informatics Journal*, 5:52.
- Suwardi Annas, Muh. Isbar Pratama, Muh. Rifandi, Wahidah Sanusi, Syafruddin Side (2020). Stability analysis and numerical simulation of SEIR model for pandemic COVID-19 spread in Indonesia. *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Timmreck (2005). *Suatu pengantar epidemiologi*. EGC, Jakarta, edisi ke-2 edition.
- Tomchin, D. A. and Fradkov, A. L. (2020). Prediction of the COVID-19 spread

in Russia based on SIR and SEIR models of epidemics. *IFAC-PapersOnLine*, 53(5):833–838.

Tri Wijayanti (2011). Pengembangan Student Worksheet Berbahasa Inggris SMP Kelas VIII Pada Pembelajaran Aljabar Pokok Bahasan Sistem Persamaan Linear Dua Variabel dengan Pendekatan Pemecahan Masalah Berbasis Konstruktivisme. *Universitas Negeri Yogyakarta*.

Ugon, B. and Nandong, J. (2019). Stability region of integrating process based on routh- hurwitz stability criteria. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 495(1):012048.

Wahab, W. and Subiantoro, A. (2013). Fundamental of control system stability criterion-routh hurwitz. *Lecture Note*.

WHO (2022). Pertanyaan dan jawaban terkait Coronavirus. <https://www.who.int/indonesia/news/novel-coronavirus/qa/qa-for-public>.

WHO (2023). Noncommunicable diseases. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.

Wibowo, E. A. (2022). 2 Tahun Pandemi Covid-19, Ringkasan Perjalanan Wabah Corona di Indonesia. <https://nasional.tempo.co/read/1566720/2-tahun-pandemi-covid-19-ringkasan-perjalanan-wabah-corona-di-indonesia>.

Widowati and Sutimin (2007). Buku Ajar Pemodelan Matematika.

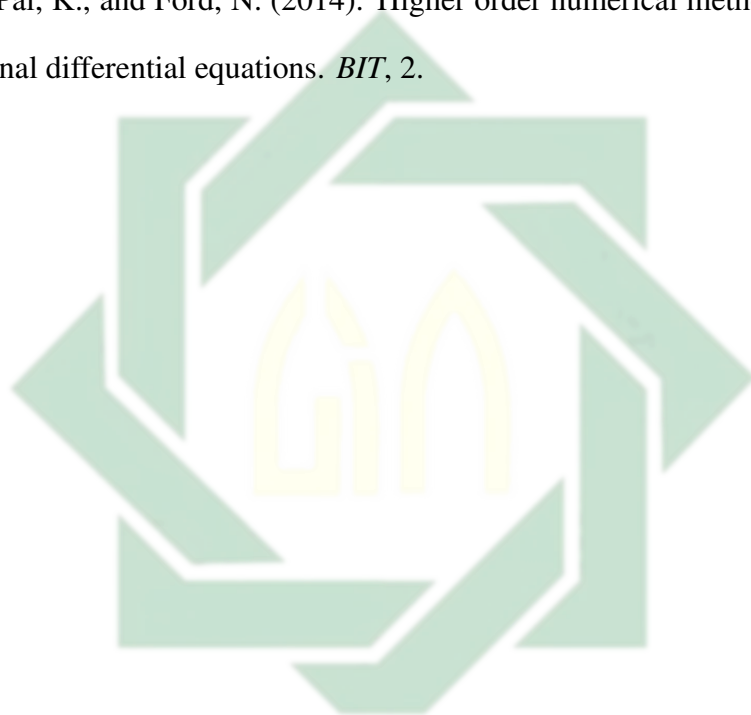
Wiesner, K., Birdi, A., Eliassi-Rad, T., Farrell, H., Garcia, D., Lewandowsky, S., Palacios, P., Ross, D., Sornette, D., and Thébault, K. (2018). Stability of



democracies: a complex systems perspective. *European Journal of Physics*, 40(1):014002.

Wiggins, S. (1990). *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*. Springer-Verlag, New York.

Yan, Y., Pal, K., and Ford, N. (2014). Higher order numerical methods for solving fractional differential equations. *BIT*, 2.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A