

Model *Susceptible Infected Removed* (SIR) Penyebaran Covid-19 di Indonesia Menggunakan Metode *Runge Kutta*

Devy Andriyani*, Gani Gunawan, Didi Suhaedi

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*dvgvseavey@gmail.com, gani@unisba.ac.id, dsuhaedi@unisba.ac.id

Abstract. Covid-19 first emerged in 2019 in Wuhan, the capital of Hubei Province, China and spread around the world to date. The rapid spread of the virus has made researchers interested in modeling the spread of the virus. Research on epidemiological mathematical models regarding Covid-19, one of which was conducted by Mohamed Lounis & Dilip Kumar Mugal who estimated the parameters of the SIR Covid-19 model in Algeria, in this study will be carried out prediction of the peak of the spread of Covid-19 in Indonesia with mathematical modeling *susceptible, infected, removed* removed (SIR). Prediction of the peak of the spread is done using the Order 4 Runge Kutta method and python *Software*. From a series of tests that have been carried out, the results of predicting the peak of the spread of Covid-19 in Indonesia occurred around October to November 2020. Based on comparisons with actual data, there was a difference in the results of peak spread where in the prediction can only predict one peak of spread, in fact there are 2 peak spreads, namely November to December 2020 and January 2021 to February 2021. And the spread of the Covid-19 virus will be close to zero at 550 days after March 2020, which is around September 2021.

Keywords: *SIR Model, Covid-19, Runge Kutta Method.*

Abstrak. Covid-19 pertama kali muncul pada tahun 2019 di Wuhan, Ibukota Provinsi Hubei, Tiongkok dan menyebar ke seluruh dunia hingga saat ini. Penyebaran virus yang sangat cepat membuat para peneliti tertarik untuk membuat model penyebaran virus tersebut. Penelitian tentang model matematika epidemiologi mengenai Covid-19 salah satunya dilakukan oleh Mohamed Lounis & Dilip Kumar Bagal yang melakukan estimasi parameter model SIR Covid-19 di Aljazair, pada penelitian ini akan dilakukan prediksi puncak penyebaran Covid-19 di Indonesia dengan pemodelan matematika *Susceptible, Infected, Removed* (SIR). Prediksi puncak penyebaran dilakukan dengan menggunakan metode Runge Kutta Orde 4 dan *Software* python. Dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil prediksi puncak penyebaran Covid-19 di Indonesia terjadi pada sekitar bulan Oktober hingga November 2020. Berdasarkan perbandingan dengan data actual, ditemukan perbedaan hasil puncak penyebaran dimana pada prediksi hanya dapat memprediksi satu kali puncak penyebaran, pada kenyataannya terjadi 2 kali puncak penyebaran yaitu bulan November hingga Desember 2020 serta Januari 2021 hingga Februari 2021. Dan angka penyebaran virus Covid-19 akan mendekati nol pada 550 hari setelah bulan Maret 2020 yaitu sekitar bulan September 2021.

Kata Kunci: *Model SIR, Covid-19, Metode Runge Kutta.*

A. Pendahuluan

Tubuh yang sehat menjadi prioritas utama bagi setiap manusia. Jika tubuh dalam keadaan sehat maka semua aktivitas akan berjalan lancar tanpa hambatan apapun, namun jika kita sakit maka aktivitas apapun akan menjadi terhambat. Tahun 2020 menjadi tahun yang tidak terlupakan sekaligus menjadi tahun yang tidak terduga dikarenakan terdapat sebuah virus yang membuat manusia panik sekaligus kebingungan. Virus yang mengejutkan dunia tersebut merupakan virus korona yang diketahui pertama kali pada bulan Desember 2019 dan teridentifikasi pada wilayah Wuhan, Ibukota Provinsi Hubei, Tiongkok.

Penyebaran Covid-19 telah merebak ke Indonesia serta hampir ke 200 negara lainnya di dunia. *World Health Organization* atau WHO secara sah menjadikan Covid-19 sebagai pandemi global. Pemerintah Indonesia secara resmi mengumumkan bahwa telah terdeteksi kasus Covid-19 yang pertama kali muncul pada 2 Maret 2020, seiring dengan berjalannya waktu kasus pun terus meningkat setiap harinya. Komite Penanganan Covid-19 dan Pemulihan Ekonomi Nasional mengatakan bahwa *Coronavirus* jenis baru yang ditemukan pada manusia sejak kejadian luar biasa muncul di Wuhan, Tiongkok pada Desember 2019 diberi nama Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS-COV2) dan menyebabkan Covid-19 [3].

Menurut data harian Pemerintah yang berasal dari data Komite Penanganan Covid-19 dan Pemulihan Ekonomi Nasional menunjukkan bahwa_hingga tanggal 31 Desember 2020 jumlah keseluruhan penduduk Indonesia yang terinfeksi Covid-19 sebanyak 743.198 jiwa, jumlah penduduk yang sembuh sebanyak 611.097 jiwa dan jumlah penduduk yang meninggal dunia sebanyak 22.138 jiwa. Covid-19 sangat cepat menginfeksi satu individu ke individu yang lainnya. Dalam kehidupan sehari-hari, pemodelan matematika banyak diaplikasikan ke berbagai macam bidang, salah satunya ke dalam bidang epidemiologi.

Menurut Marzuki dkk menyatakan bahwa virus korona merupakan jenis virus varian baru yang memiliki tingkat penyebaran atau penularan lebih tinggi dibandingkan dengan virus varian sebelumnya. Virus korona menyebar melalui droplet yang keluar dari mulut atau hidung seseorang yang mengenai orang lain atau jatuh ke permukaan benda dan kemudian disentuh oleh orang [4]. Model epidemi *Susceptible, Infected, Recovered* (SIR) yang diperkenalkan pada tahun 1927 membagi populasi menjadi 3 populasi yaitu populasi rentan (*susceptible*), populasi terinfeksi (*infected*) dan yang ketiga merupakan populasi yang sembuh (*recovered*).

Menurut Sasongko menyatakan bahwa metode yang paling banyak dipakai untuk menyelesaikan persoalan diferensial yaitu Metode Runge Kutta Orde 4, jika dibandingkan dengan tiga metode pendekatan sebelumnya yaitu Metode Euler, Heun serta Runge-Kutta orde 3, keakuratan nilai solusi yang lebih akurat dihasilkan oleh Runge-Kutta orde 4 [5].

Berdasarkan hal diatas, bahwa metode runge kutta memiliki nilai solusi yang lebih akurat maka hal tersebut menjadi dasar untuk peneliti untuk menggunakan Metode Runge Kutta orde 4 sebagai metode pendekatan model epidemi SIR penyebaran Covid-19 di Indonesia. Dengan menggunakan model epidemi SIR, akan dilakukan analisis secara numerik dengan melihat grafik hasil perhitungan Metode Runge Kutta Orde 4.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana penyebaran Covid-19 di Indonesia dengan Model *Susceptible, Infected, Removed* (SIR) menggunakan metode runge kutta?
2. Kapan terjadinya puncak pandemi Covid-19 di Indonesia berdasarkan data harian Covid-19 di Indonesia?

Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Menunjukkan bahwa penyebaran Covid-19 di Indonesia dapat dimodelkan dengan Model *Susceptible, Infected, Removed* (SIR) menggunakan pendekatan metode Runge Kutta orde 4 yang disimulasikan oleh *Software python*.
2. Mengetahui puncak penyebaran Covid-19 di Indonesia.

B. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan data sekunder yang diperoleh dari data Komite Penanganan Covid-19 dan Pemulihan Ekonomi Nasional, data diperoleh dari *database* yang tersedia untuk umum yaitu www.covid19.go.id yang berupa data harian mengenai Covid-19 di Indonesia, serta data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia mengenai jumlah populasi masyarakat Indonesia pada Tahun 2020.

Penelitian ini menggunakan Model *Susceptible, Infected, Removed* (SIR) berdasarkan pada asumsi-asumsi yang digunakan. Dalam penelitian ini, model yang akan digunakan oleh peneliti merupakan model matematika epidemi penyebaran Covid-19. Model epidemi ini digunakan untuk menggambarkan dinamika penyebaran Covid-19 di Indonesia dengan asumsi sebagai berikut :

1. Populasi tertutup dan banyaknya individu pada populasi konstan.
2. Individu yang telah pulih tidak akan terinfeksi Covid-19
3. Setiap individu memiliki kemungkinan yang sama untuk melakukan kontak dengan individu lain dalam populasi.
4. Faktor lingkungan diabaikan (tidak ada PSBB dan *Lockdown*)

Model epidemi SIR dapat diilustrasikan pada diagram transfer berikut ini:



Gambar 1. Diagram Transfer Model SIR

Berdasarkan diagram transfer model SIR di atas, diperoleh persamaan diferensial non-linier berikut untuk $S(t)$, $I(t)$ dan $R(t)$:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta}{N}SI \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta}{N}SI - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I \end{aligned}$$

dengan $N = S(t) + I(t) + R(t)$

Parameter persamaan Model SIR adalah sebagai berikut :

S = populasi manusia yang rentan terinfeksi Covid-19

I = populasi manusia yang terinfeksi Covid-19

R = populasi manusia yang sudah terbebas dari Covid-19

N = total populasi manusia yang diamati.

β = laju penularan Covid-19

γ = laju kesembuhan dari infeksi Covid-19

Untuk estimasi parameter laju penularan penyakit (β) dan laju kesembuhan dari infeksi (γ) peneliti mengestimasi berdasarkan data harian Covid-19 di Indonesia dengan menggunakan metode kuadrat linear terkecil.

Metode yang dipakai oleh peneliti pada penelitian ini adalah metode runge kutta orde 4. Bentuk umum metode Runge Kutta orde empat yaitu sebagai berikut :

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_{n1} + 2k_{n2} + 2k_{n3} + k_{n4})h$$

Dengan :

$$\begin{aligned} k_1 &= f(x_i, y_i) \\ k_2 &= f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_1h\right) \end{aligned}$$

$$k_3 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_2h\right)$$

$$k_4 = f(x_i + h, y_i + k_3h)$$

Simulasi penyebaran Covid-19 di Indonesia akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software* python.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Mengumpulkan Data

Mengumpulkan data sekunder yang berupa data harian Covid-19 serta data jumlah penduduk Indonesia pada Tahun 2020.

Diskritisasi Model Epidemologi SIR

Sistem persamaan diferensial pada model epidemologi SIR didiskritisasi ke dalam persamaan numerik runge kutta orde 4.

Estimasi Parameter dan Nilai Awal

Dengan mengestimasi data harian Covid-19 di Indonesia menggunakan metode kuadrat terkecil maka diperoleh nilai laju penularan penyakit (β) yaitu 0,103974 dan nilai laju kesembuhan penyakit (γ) yaitu 0,0174646. Sedangkan untuk nilai awal diperoleh dari data BPS $N = 270.200.000$, dan untuk $I_0 = 2$ dan untuk $R_0 = 0$.

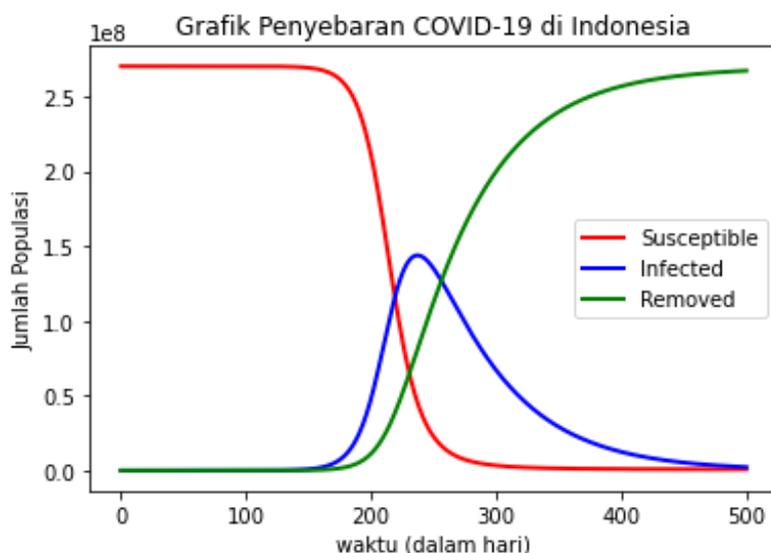
Pembuatan Program

Software yang akan digunakan dalam pembuatan program pada penelitian ini adalah python. Langkah-langkah untuk membuat program simulasi penyebaran Covid-19 adalah sebagai berikut :

1. Menginput kondisi awal serta nilai – nilai parameter seperti β, γ dan nilai awal (S_0, I_0, R_0).
2. Proses pembuatan program untuk penyelesaian secara numerik untuk model epidemologi SIR penyebaran Covid-19.
3. *Output* yaitu $S_{i+1}, I_{i+1}, R_{i+1}$

Simulasi Program

Setelah program selesai dibuat, maka langkah selanjutnya adalah mensimulasikan program penyebaran Covid-19 dengan memasukkan nilai-nilai parameter β, γ yang telah diperoleh dan juga memasukkan nilai awal yang berupa jumlah populasi *susceptible* (S_0), jumlah populasi *infected* (I_0) dan jumlah populasi *removed* (R_0). Outputnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Penyebaran Model SIR Selama 500 hari kedepan

Analisis Hasil Simulasi

Dari simulasi diatas kita dapat menyimpulkan bahwa pada gambar 3 diperlihatkan hasil dari simulasi menggunakan *Software* python, pada awalnya populasi S (*Susceptible*) berjumlah 272.200.000 kemudian menurun seiring dengan meningkatnya populasi I (*Infected*). Populasi I (*Infected*) yang awalnya hanya 2 terus meningkat. Serta jumlah populasi R (*Recovered*) yaitu jumlah populasi sembuh dan meninggal yang awalnya 0 terus meningkat seiring dengan individu yang terinfeksi sembuh. Dari simulasi diperoleh bahwa puncak penyebaran Covid-19 diperlihatkan pada gambar 3 adalah sekitar 230 hari setelah t_0 yaitu hari pertama penelitian dalam hal ini adalah 7 bulan setelah Maret 2020 yaitu pada sekitar bulan Oktober dan November 2020. Dan angka penyebaran virus Covid-19 ini baru mendekati titik nol pada sekitar 500 hari setelah t_0 atau sekitar 18 bulan setelah Maret 2020 yaitu sekitar bulan September 2021. Berdasarkan estimasi parameter yang telah diperoleh sebelumnya maka besar nilai R_0 adalah sebagai berikut :

$R_0 = 5.9534 > 1$ dikarenakan nilai R_0 bernilai lebih dari 1 maka Covid-19 akan menjadi epidemi di Indonesia.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan bahwa puncak penyebaran Covid-19 di Indonesia pada periode Maret 2020 hingga Desember 2020 terjadi sekitar bulan Oktober sampai November 2020 atau sekitar 230 hari setelah t_0 yaitu bulan Maret 2020. Berdasarkan perbandingan dengan data di lapangan yaitu puncak penyebaran Covid-19 terjadi pada bulan November 2020 hingga Desember 2020. Dan angka penyebaran virus Covid-19 akan mendekati nol pada 550 hari setelah bulan Maret 2020 yaitu pada bulan September 2021. Dengan nilai $R_0 > 1$ dikarenakan nilai R_0 bernilai lebih dari 1 maka Covid-19 akan menjadi epidemi di Indonesia. Dan angka penyebaran virus Covid-19 akan mendekati nol pada 550 hari setelah bulan Maret 2020 yaitu pada bulan September 2021.

Hasil akhir pada penelitian ini adalah terdapat perbedaan sekitar 1 bulan antara hasil prediksi dengan kenyataan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pemodelan dengan metode ini tidak dapat memprediksi kemungkinan terjadinya puncak penyebaran yang berulang di kemudian hari setelah penelitian dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Kesehatan Indonesia. 2020. Peta Sebaran. [Online]. Tersedia di www.covid19.go.id/peta-sebaran. [Diakses pada 8 Mei 2022].
- [2] Kementerian Kesehatan Indonesia. 2020. Tentang Covid-19. [Online]. Tersedia di www.covid19.go.id/tentang-Covid-19. [Diakses pada 10 Mei 2022].
- [3] Aidah, Siti Nur. 2021. *Kitab Sejarah Covid-19*. Yogyakarta : Penerbit KBM Indonesia.
- [4] Marzuki, I, *et al.*, 2021. *Covid-19 : Seribu Satu Wajah*. Yayasan Kita Menulis.
- [5] Sasongko, Setia Budi. 2010. *Metode Numerik dengan Scilab*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [6] Shafana Ninda Rizkya, Gunawan Gani. (2021). *Analisis Faktor yang Mempengaruhi Kesadaran Penduduk dalam Vaksin Covid-19 Menggunakan Metode Multivariate Adaptive Regression Spline*. *Jurnal Riset Matematika*, 1(2), 154-162.