

Analisis Penyebaran Covid 19 Menggunakan Model SIR (Susceptible, Infected, Recovered) Di Provinsi Bali

I Gst Ngr Gede Agung Suniantara¹, Nyoman Gunantara², Made Sudarma³

[Submission: 14-12-2022, Accepted: 09-02-2023]

Abstract— The Corona Virus Disease 2019 (Covid-19) pandemic was announced by World Health Organization on March 11, 2020. World Health Organization explained that Coronavirus is a virus that can cause disease in animals and humans. The spread of the Covid-19 virus has spread to Indonesia and has spread to all provinces. The spread of COVID-19 can be modeled mathematically using the SIR model. The SIR model is divided into three compartments, namely susceptible individuals, infected individuals, and recovered individuals. SIR estimates can be checked for error rates using the MAPE method. The results of the SIR estimation in Bali Province obtained are that the Covid-19 pandemic will end on August 09, 2024, the SIR model applied produces an error rate of 49%, the error rate is quite good because the MAPE value is between 20% and 50%.

Key Words— COVID-19; SIR; MAPE.

Intisari— Pandemi Corona Virus Disease 2019 (Covid-19) diumumkan oleh WHO (World Health Organization) pada tanggal 11 Maret 2020. WHO menjelaskan Coronavirus merupakan virus yang dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia. Penyebaran virus Covid-19 sudah menyebar hingga Indonesia dan telah menyebar ke seluruh Provinsi. Penyebaran COVID-19 dapat dimodelkan secara matematis dengan model SIR. Model SIR dibagi menjadi tiga kompartemen, yaitu individu rentan, individu terinfeksi, dan individu sembuh. Estimasi SIR dapat diperiksa tingkat kesalahannya menggunakan metode MAPE. Hasil estimasi SIR di Provinsi Bali yang didapat adalah pandemi Covid-19 akan berakhir pada tanggal 09 Agustus 2024, model SIR yang diterapkan menghasilkan nilai tingkat error sebesar 49%, nilai tingkat error tersebut cukup baik karena nilai MAPE berada diantara 20% sampai 50%.

Kata Kunci— COVID-19; SIR; MAPE.

I. PENDAHULUAN

Perangkat Pandemi *Corona Virus Disease 2019* (Covid-19) diumumkan WHO (World Health Organization) tanggal 11 Maret 2020, kejadian Covid-19 yang dilaporkan kepada publik pertama kali tanggal 31 Januari 2020 di Wuhan, Provinsi Hubei, RRC [1]. WHO menjelaskan Coronavirus merupakan virus yang dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia. Penyakit *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) dan *severe acute respiratory syndrome* (SARS) merupakan penyakit serius yang disebabkan oleh coronavirus yang menyerang manusia. Jenis baru Coronavirus yang dapat menyebabkan penyakit Coronavirus Disease-2019 yang

kemudian diberi nama *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus* (SARS-COV2) atau yang lebih dikenal dengan Covid-19 ditemukan pada manusia [2]. Virus Covid-19 dapat menyebabkan Pneumonia, yaitu peradangan pada jaringan Paru yang menyebabkan gangguan pertukaran oksigen, akibatnya pernapasan menjadi sesak. Penderita Covid-19 dapat mengalami demam, batuk kering, dan kesulitan bernapas [3]. Penyebaran virus Covid-19 sudah menyebar hingga Indonesia dan telah menyebar ke seluruh Provinsi [4].

Penyebaran Covid-19 dapat dibuat dalam model matematika. Model matematika yang digunakan adalah model epidemiologi yang diperkenalkan pertama kali oleh Kermack dan McKendrick tahun 1929 yaitu model SIR untuk meramalkan fenomena penyakit menular pada masa itu. Model dan pemodelan matematika sejak dahulu sangat membantu manusia dalam memahami sistem alam yang kompleks [5]. Peramalan dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu peramalan konvensional yang berhubungan dengan perhitungan secara matematis dan peramalan menggunakan metode terkait dengan kecerdasan buatan [6], dalam hal ini model SIR termasuk peramalan konvensional yang menggunakan model matematika. Model epidemiologi SIR dibagi menjadi tiga kompartemen, yaitu kelompok individu yang rentan penyakit (*susceptible*), kelompok individu yang terinfeksi (*infected*), kelompok individu yang telah sembuh dan kebal dari penyakit (*recovered*) [7]. Walaupun SIR memiliki bentuk model yang sederhana, model SIR dinilai paling sesuai untuk prediksi berbasis data dibandingkan dengan model lainnya yang lebih kompleks [8].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk estimasi penyebaran Covid-19 di Provinsi Bali menggunakan model SIR serta menggunakan metode validasi MAPE untuk mengecek tingkat error dari model SIR. Penelitian ini menggunakan data terinfeksi dan sembuh dari Covid-19 serta data jumlah penduduk di Provinsi Bali. Proses awal dari penelitian ini membuat estimasi dari model SIR yang hasilnya berupa grafik 2D garis kemudian mencari tingkat error dari model SIR yang sudah diterapkan menggunakan metode validasi MAPE.

II. STUDI PUSTAKA

A. SIR (Susceptible, Infected, Removed)

Model SIR adalah model epidemiologis yang menghitung jumlah teoritis orang yang terinfeksi penyakit menular dalam populasi tertutup seiring waktu [9]. Model epidemi SIR dikenalkan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1929, pada model SIR populasi dibagi menjadi tiga kelompok yakni kelompok individu yang rentan penyakit (*susceptible*), kelompok individu yang terinfeksi (*infected*) dan kelompok individu yang telah sembuh dan kebal dari penyakit (*recovered*) [7]. SIR digunakan untuk memodelkan penyebaran yang

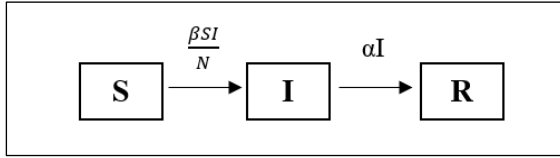
p-ISSN: 1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



9 772503 237160

^{1, 2, 3} Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Gedung Pascasarjana Jalan P.B. Sudirman Denpasar-Bali 80232 Phone: (0361) 261182 / (0361) 255345; Email: agungsuniantara@gmail.com, gunantara@unud.ac.id, Email : msudarma@unud.ac.id

disebabkan suatu penyakit spesifik pada populasi di area tertentu dan dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan jika suatu penyakit menjadi wabah sehingga analisis tindakan preventif untuk mengontrol penyebarannya dapat dilakukan. Dalam model, setiap individu dalam populasi dapat berubah dari *Susceptible* ke *infected*, dari *infected* ke *removed* [8]. Berikut diagram alur dari model SIR dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: Diagram Model SIR

Berdasarkan model pada Gambar 1, terdapat beberapa variabel yang memiliki arti sebagai berikut S (*Susceptible*) merupakan kompartemen orang yang rentan terhadap penyakit, I (*Infected*) merupakan kompartemen orang yang sudah terinfeksi, R (*Recovered*) merupakan kompartemen orang yang telah sembuh dari penyakit, parameter β (*beta*) yang memiliki arti laju penyebaran penyakit, parameter α (*alpha*) yang memiliki arti laju kesembuhan dan N merupakan total populasi. Total populasi bersifat konstan yang memiliki persamaan $S + I + R = N$ [10]. Berikut merupakan persamaan model SIR.

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta SI}{N} \quad \frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \alpha I \quad \frac{dR}{dt} = \alpha I \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan 1 memiliki asumsi sebagai berikut, $\frac{dS}{dt}$ merupakan rata-rata pertambahan populasi *susceptible* persatuan waktu, $\frac{dI}{dt}$ merupakan rata-rata pertambahan populasi *infected* per satuan waktu, $\frac{dR}{dt}$ merupakan rata-rata pertambahan populasi *recovered* per satuan waktu, $\frac{\beta SI}{N}$ merupakan laju populasi *susceptible* ke *infected* per total populasi, αI merupakan laju kesembuhan manusia pada populasi *infected* [11]. Dalam menerapkan model SIR menggunakan parameter β (*beta*) dan α (*alpha*). Berdasarkan sumber [11] rumus dari parameter β (*beta*) dan α (*alpha*) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\beta = \frac{1}{\text{Masa Infeksi}} \quad (2)$$

Dapat dilihat pada persamaan 2, persamaan dari parameter β (*beta*) memiliki arti angka 1 artinya setiap 1 orang dan masa infeksi merupakan masa infeksi atau masa inkubasi penyakit, jadi hasil dari parameter β (*beta*) mengetahui nilai laju penyebaran penyakit setiap orangnya.

$$\alpha = \frac{1}{\text{Masa Sembuh}} \quad (3)$$

Dapat dilihat pada persamaan 3, persamaan dari parameter α (*alpha*) memiliki arti angka 1 artinya setiap 1 orang dan masa sembuh merupakan masa sembuh penyakit, jadi hasil dari

parameter α (*alpha*) mengetahui nilai laju kesembuhan penyakit setiap orangnya.

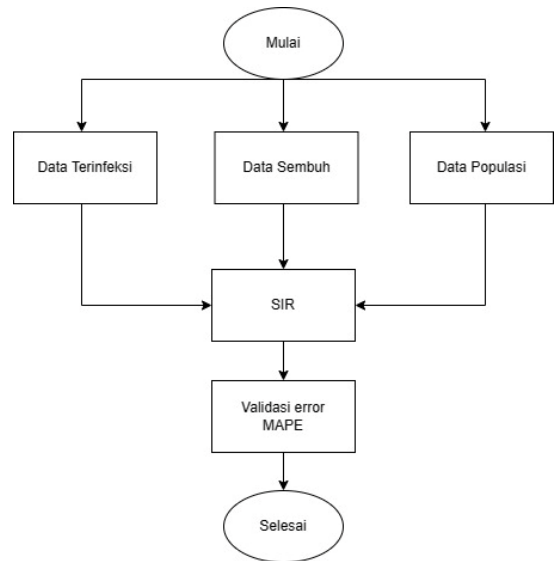
B. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error adalah pengukuran statistik tentang akurasi perkiraan (prediksi) pada metode peramalan [12]. Evaluasi keakuratan suatu perkiraan populasi paling sering menggunakan metode MAPE sebagai pengukur tingkat akurasinya [13]. Nilai MAPE memberikan informasi seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari periode tersebut. Semakin kecil nilai presentasi kesalahan (percentage error) pada MAPE maka semakin akurat hasil peramalan tersebut [14]. MAPE merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu yang dikalikan 100% agar mendapatkan hasil secara persentase [15]. Berikut merupakan persamaan dari Mean Absolute Percentage Error.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - Y_t}{D_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (4)$$

Pada persamaan 4, terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam mencari nilai MAPE, yaitu D_t merupakan data aktual pada periode t, Y_t merupakan data estimasi pada periode t, n merupakan banyak data yang dilakukan estimasi.

III. METODOLOGI



Gambar 2: Flowchart Alur Penelitian

Berdasarkan gambar 2, penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dilalui sebagai berikut, proses awal mengumpulkan data terinfeksi, data sembuh serta data total populasi di Provinsi Bali sesuai dengan sumber data yang ada. Kemudian dilakukan proses estimasi SIR, pada proses estimasi SIR dilakukan pencarian nilai β (*beta*) menggunakan persamaan 2 dan α (*alpha*) menggunakan persamaan 3, kemudian menerapkan persamaan model SIR menggunakan persamaan 1. Jika sudah melakukan estimasi, hasil estimasi dibuatkan kedalam bentuk grafik 2D garis. Hasil estimasi SIR

yang di dapat kemudian dilakukan validasi tingkat error dengan menggunakan metode MAPE dengan persamaan 4.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data terlebih dahulu menggunakan data terinfeksi dan sembuh Covid-19 serta menggunakan data total populasi di Provinsi Bali. Data total populasi di Provinsi Bali berdasarkan sumber dari Badan Pusat Statistik Provinsi Bali [16] adalah 4.415.000 juta jiwa. Data terinfeksi dan sembuh Covid-19 menggunakan data 1 tahun dari tanggal 01/10/2021 hingga 30/09/2022, menurut sumber [15] untuk data *time series* minimal memerlukan data sebanyak 2 musim atau 1 tahun. Data *time series* merupakan jenis data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu [17]. Berikut merupakan data yang diperoleh berdasarkan data pada peta sebaran Covid-19 di Provinsi Bali [18] sesuai dengan tabel 1.

TABEL I
 DATA TERINFEKSI DAN SEMBUH COVID-19 DI PROVINSI BALI

Tanggal	Terinfeksi	Sembuh
01/10/2021	90169	86108
02/10/2021	90237	86213
03/10/2021	90283	86316
04/10/2021	90318	86394
05/10/2021	90382	86504
06/10/2021	90427	86578
07/10/2021	90476	86669
08/10/2021	90521	86735
09/10/2021	90554	86783
.....		
25/09/2022	133624	129610
26/09/2022	133638	129641
27/09/2022	133647	129642
28/09/2022	133667	129644
29/09/2022	133669	129646
30/09/2022	133691	129647

A. Model SIR

Setelah mendapatkan data yang diperlukan selanjutnya memasukkan data tersebut ke dalam model SIR. Sesuai dengan penjelasan mengenai model SIR sebelumnya penerapan model SIR dapat dilakukan sesuai dengan persamaan 1, dalam menerapkan model SIR diperlukan beberapa variabel yaitu S (*Susceptible*), I (*Infected*), R (*Recovered*), parameter β (*beta*) dan parameter α (*alpha*) serta N merupakan total populasi. Variabel yang telah diketahui nilai nya yaitu kompartemen I

(*Infected*), R (*Recovered*) serta total populasi (N), karena N total populasi bersifat konstan maka $S + I + R = N$, maka akan menjadi seperti berikut $S + 90.169 + 86.108 = 4.415.000$, nilai kompartemen I dan R diambil dari tanggal 01/10/2021 karena estimasi dimulai pada tanggal tersebut, maka akan menjadi $S = 4.415.000 - 90.169 - 86.108$, maka $S = 4.238.723$.

Setelah mendapatkan nilai S (*Susceptible*), selanjutnya mencari nilai parameter β (*beta*) dan parameter α (*alpha*). Mencari nilai parameter β (*beta*) dapat mengikuti persamaan 2, rumus dari β (*beta*) adalah 1 / masa infeksi, menurut sumber [19] masa infeksi atau masa munculnya gejala dari Covid-19 sampai dengan 15 hari, maka nilai dari β (*beta*) adalah $1 / 15 = 0,066666667$. Selanjutnya mencari nilai dari parameter α (*alpha*), rumus dari α (*alpha*) adalah 1 / masa sembuh penyakit, menurut sumber dari [19] masa sembuh atau masa isolasi Covid-19 sampai dengan 18 hari, maka nilai dari α (*alpha*) adalah $1 / 18 = 0,055555556$.

Setelah semua variabel diketahui maka model SIR siap untuk diterapkan, variabel tersebut adalah S (*Susceptible*) = 4.238.723, I (*Infected*) = 90.169, R (*Recovered*) = 86.108, N (total populasi) = 4.415.000, β (*beta*) = 0,066666667, α (*alpha*) = 0,055555556. Berikut merupakan perhitungan dari model SIR sesuai dengan persamaan 1.

S (*Susceptible*) :

$$S_0 = 4238723$$

$$S_1 = 4238723 - ((0,066666667 * 4238723 * 90.169) / 4415000)$$

$$S_1 = 4232951,744$$

$$S_0 \dots S_n$$

I (*Infected*) :

$$I_0 = 90169$$

$$I_1 = 90169 + ((0,066666667 * 4238723 * 90169) / 4415000) - (0,055555556 * 90.169)$$

$$I_1 = 90930,86689$$

$$I_0 \dots I_n$$

R (*Recovered*) :

$$R_0 = 86108$$

$$R_1 = 86108 + (0,055555556 * 90169)$$

$$R_1 = 91117,38889$$

$$R_0 \dots R_n$$

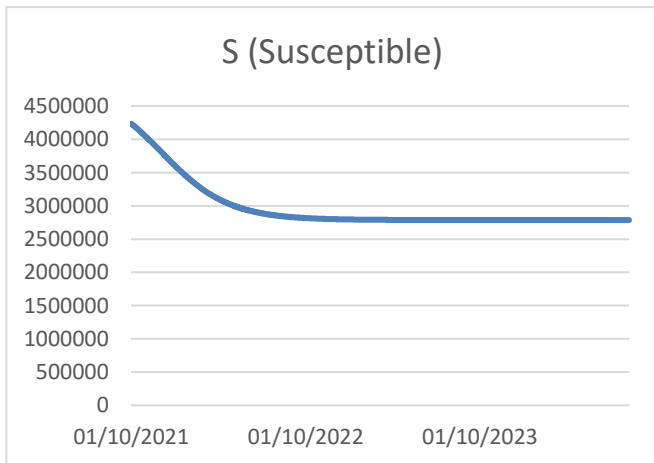
Perhitungan dari S (*Susceptible*), I (*Infected*), R (*Recovered*) akan berlangsung hingga ke-n. Berikut merupakan hasil dari estimasi SIR sebagai berikut.



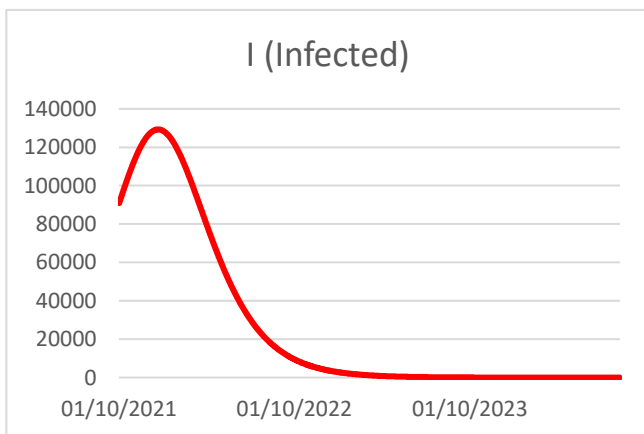
TABEL II
ESTIMASI MODEL SIR

Tanggal	S	I	R
01/10/2021	4238723	90169	86108
02/10/2021	4232951,744	90930,86689	91117,38889
03/10/2021	4227139,65	91691,24677	96169,10372
04/10/2021	4221287	92449,93799	101263,0619
.....			
31/07/2024	2785912,665	1,123810324	1629086,211
01/08/2024	2785912,618	1,108652181	1629086,274
02/08/2024	2785912,571	1,093698492	1629086,335
03/08/2024	2785912,525	1,0789465	1629086,396
04/08/2024	2785912,48	1,064393485	1629086,456
05/08/2024	2785912,435	1,050036762	1629086,515
06/08/2024	2785912,391	1,035873685	1629086,573
07/08/2024	2785912,347	1,021901642	1629086,631
08/08/2024	2785912,304	1,008118054	1629086,688
09/08/2024	2785912,262	0,994520382	1629086,744

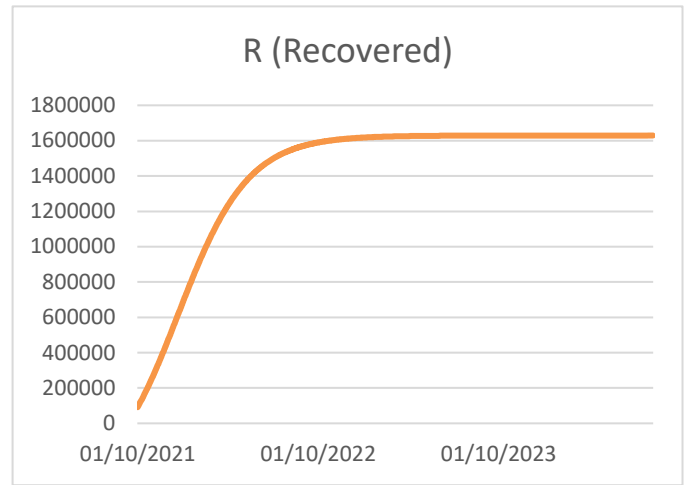
Dapat dilihat pada tabel II, untuk dapat melihat pola dari model SIR data tersebut akan digambarkan dengan grafik 2D garis. Berikut merupakan pola dari hasil estimasi SIR digambarkan dengan grafik 2D garis.



Gambar 3: Estimasi S (Susceptible) Grafik 2D Garis



Gambar 4: Estimasi I (Infected) Grafik 2D Garis



Gambar 5: Estimasi R (Recovered) Grafik 2D Garis

Berdasarkan hasil dari estimasi model SIR, Pandemi Covid-19 akan berakhir pada tanggal 09 Agustus 2024 yang dapat dilihat pada tabel 2, populasi terinfeksi sudah menyentuh angka 0 pada tanggal 09 Agustus 2024. Pada gambar 3,4 dan 5 menjelaskan pola dari estimasi SIR sebagai berikut, terdapat penurunan pada populasi kompartemen S (*Susceptible*) dari bulan Oktober 2021 hingga bulan Agustus 2024. Pada kompartemen I (*Infected*) adanya kenaikan populasi yang terinfeksi pada bulan Oktober, November dan Desember tahun 2021, kemudian mengalami penurunan pada bulan Januari 2022 hingga bulan Agustus 2024. Pada kompartemen R (*Recovered*) dari bulan Oktober 2021 hingga bulan Agustus 2024 mengalami kenaikan populasi yang sembuh.

B. Tingkat Error MAPE

Setelah mendapatkan hasil dari estimasi SIR, selanjutnya akan dilakukan pengecekan tingkat error dalam estimasi yang dibuat. Penelitian ini akan menggunakan data terinfeksi pada tabel I sebagai data aktual dan data estimasi terinfeksi pada tabel II dari tanggal 01/10/2021 sampai dengan tanggal 30/09/2022. Berikut merupakan perhitungan dari metode MAPE sesuai dengan persamaan 4.

MAPE :

$$t_1 = | (90169 - 90169) / 90169 | = 0$$

$$t_2 = | (90237 - 90930,86689) / 90237 | = 0,007689383$$

$$t_1 \dots t_n$$

Jika sudah mendapatkan nilai dari t_1 hingga ke t_n maka semua data tersebut dijumlahkan lalu dibagi banyak data yang ada, karena menggunakan data dari tanggal 01/10/2021 sampai dengan tanggal 30/09/2022 maka data yang digunakan

sebanyak 365. Data yang dijumlahkan adalah 179,3648044 lalu dibagi dengan 365 hasilnya adalah 0,491410423. Kemudian $0,491410423 * 100 = 49,14104231$, maka hasil dari tingkat error model SIR menggunakan metode MAPE adalah 49,14104231 atau 49%, nilai tersebut cukup baik karena nilai MAPE berada diantara 20% sampai 50% [20]. Berikut merupakan data lengkap dari penerapan metode MAPE sebagai berikut.

TABEL III
 HASIL TINGKAT ERROR MAPE

Tanggal	Aktual I	Estimasi I	Error I
01/10/2021	90169	90169	0
02/10/2021	90237	90930,86689	0,007689383
03/10/2021	90283	91691,24677	0,015598139
04/10/2021	90318	92449,93799	0,023604796
05/10/2021	90382	93206,73665	0,03125331
06/10/2021	90427	93961,43666	0,039086077
.....			
25/09/2022	133624	10357,06471	0,922490984
26/09/2022	133638	10222,54466	0,923505704
27/09/2022	133647	10089,70374	0,924504824
28/09/2022	133667	9958,522785	0,925497522
29/09/2022	133669	9828,982811	0,926467746
30/09/2022	133691	9701,065	0,927436664
Hasil			0,491410423
MAPE			49,14104231

V. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diperoleh dari penelitian dengan judul Analisis Penyebaran COVID-19 Menggunakan Model SIR di Provinsi Bali adalah sebagai berikut.

1. Model SIR mampu untuk menganalisis pola estimasi dari penyebaran Covid-19 di Provinsi Bali, dalam menerapkan model SIR dilakukan pencarian nilai β (*beta*) menggunakan persamaan gambar 3 dan α (*alpha*) menggunakan persamaan gambar 4, kemudian menerapkan model SIR dengan persamaan 2 untuk mencari estimasi Covid-19 di Provinsi Bali. Pola estimasi yang dihasilkan adalah terdapat penurunan pada populasi kompartemen S (*Susceptible*) dari bulan Oktober 2021 hingga bulan Agustus 2024. Pada kompartemen I (*Infected*) adanya kenaikan populasi yang terinfeksi pada bulan Oktober, November dan Desember tahun 2021, kemudian mengalami penurunan pada bulan Januari 2022 hingga bulan Agustus 2024. Pada kompartemen R (*Recovered*) dari bulan Oktober 2021 hingga bulan Agustus 2024 mengalami kenaikan populasi yang

sembuh. Pandemi Covid-19 akan berakhir pada tanggal 09 Agustus 2024 karena populasi terinfeksi sudah menyentuh angka 0 pada tanggal 09 Agustus 2024.

2. Estimasi dari model SIR akan dilakukan pengecekan tingkat error dalam estimasi yang dibuat menggunakan metode MAPE, dalam menerapkan metode MAPE menggunakan data terinfeksi pada tabel I sebagai data aktual dan data estimasi terinfeksi pada tabel II dari tanggal 01/10/2021 sampai dengan tanggal 30/09/2022, kemudian menggunakan persamaan 4 untuk mendapatkan tingkat error dari model SIR yang diterapkan. Hasil tingkat error model SIR yang didapat sebesar 49%, nilai tingkat error tersebut cukup baik karena nilai MAPE berada diantara 20% sampai 50% [20].

REFERENSI

- [1] N. K. E. Sutrisni, "Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Bisnis Penjualan Berbasis Online Di Bali," *J. Ilm. Akunt. dan Bisnis*, vol. 5, no. 2, pp. 102–109, 2020, [Online]. Available: file:///D:/2826-Article Text-6469-1-10-20210115 (1).pdf.
- [2] H. Atzzahra, I. Fitria, and N. Millah, "Analisis Sensitivitas pada Model SIR Penyebaran COVID-19," *MUST J. Math. Educ. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 2, p. 217, 2021, doi: 10.30651/must.v6i2.9666.
- [3] M. Fajar, "Estimation of COVID-19 reproductive number case of Indonesia (estimasi angka reproduksi novel coronavirus (COVID-19)," *ResearchGate*, no. March, pp. 1–7, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.32287.92328.
- [4] Sifriyani and D. Rosadi, "Pemodelan Susceptible Infected Recovered (Sir) Untuk Estimasi Angka Reproduksi Covid-19 Di Kalimantan Timur Dan Samarinda," *J. Media Stat.*, no. July, pp. 1–13, 2020.
- [5] S. P. Sari and E. Arfi, "Analisis Dinamik Model SIR Pada Kasus Penyebaran Penyakit Corona Virus Disease-19 (COVID-19)," *Indones. J. Appl. Math.*, vol. 1, no. 2, p. 61, 2021, doi: 10.35472/indojam.v1i2.354.
- [6] Y. Pramana, R. S. Hartati, and K. Oka Saputra, "Peramalan Penerbitan Ijin Mendirikan Bangunan Dengan Single Moving Average Dan Exponential Smoothing," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 241–248, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i02.p13.
- [7] R. Haryman Pasaribu, Z. Idris Shaleh Harahap, B. Arga Putra, and S. Laila Angelia Siregar, "Aplikasi Pemodelan Matematika dalam Memodelkan Penyebaran Virus Covid-19 di Indonesia," *Semin. Nas. Mat. dan Pendidik. Mat.*, no. 5, 2020.
- [8] B. A. Wahyudi and I. Palupi, "Prediction of the peak Covid-19 pandemic in Indonesia using SIR model," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 49–55, 2021, doi: 10.14710/jtsiskom.2020.13877.
- [9] J. Felix, N. Santoso, A. Setiawan, S. Rostianingsih, and J. S. Surabaya, "Perbandingan dan Analisis Metode Artificial Neural Network dan SIRD pada Kasus Covid-19 di Surabaya," 2020.
- [10] R. Teguh, A. S. Sahay, and F. F. Adji, "Pemodelan Penyebaran Infeksi Covid-19 Di Kalimantan, 2020," *J. Teknol. Inf. J. Keilmuan dan Apl. Bid. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 2, pp. 171–178, 2020, doi: 10.47111/jti.v14i2.1229.
- [11] D. Diamtoro, T. W., Widjajanti, T. W., & Matualage, "MODEL SIR (SUSCEPTIBLE, INFECTED, REMOVED) PENYEBARAN COVID-19 DI PROVINSI PAPUA BARAT," *J. Nat.*, vol. 17(2), pp. 64–71, 2021.
- [12] Saputra, "Rancang Bangun Aplikasi Peramalan Persediaan Stok Barang Menggunakan Metode Weighted Moving Average (Wma) Pada Toko Barang Xyz," *J. Tek. Inform. Vol. 13, No. 3, Agustus*



- 2021, vol. 13, no. 3, pp. 1–9, 2021.
- [13] I. D. N. A. Manuaba, I. B. G. Manuaba, and M. Sudarma, “Komparasi Metode Peramalan Grey dan Grey-Markov untuk mengetahui Peramalan PNBPN di Universitas Udayana,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 83, 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p12.
- [14] N. H. Pajriati, E. Kurniati, and D. Suhaedi, “Penerapan Metode Average Based Fuzzy Time Series Lee Untuk Peramalan Harga Emas Di PT. X,” *J. Ris. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 73–81, 2021, doi: 10.29313/jrm.v1i1.221.
- [15] A. Lusiana and P. Yuliarty, “PENERAPAN METODE PERAMALAN (FORECASTING) PADA PERMINTAAN ATAP di PT X,” *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 1, pp. 11–20, 2020, doi: 10.36040/industri.v10i1.2530.
- [16] Badan Pusat Statistik Provinsi Bali (Statistics of Bali Province), “Badan Pusat Statistik Provinsi Bali,” *Badan Pusat Statistik*, 2022. <https://bali.bps.go.id/indicator/12/184/1/proyeksi-penduduk-provinsi-bali-menurut-kelompok-umur.html> (accessed Sep. 02, 2022).
- [17] A. Bastian, D. S. Heriyana, and S. F. Rodiansyah, “Perbandingan Model SIR (Susceptible, Infectious, Recovered), Exponential Moving Average dan Single Exponential Smoothing pada Peramalan Covid-19,” *Infotech J.*, vol. 7, no. 2, pp. 75–82, 2021.
- [18] COVID-19 Handling Task Force, “Peta Sebaran,” <https://covid19.go.id/peta-sebaran>, 2022. <https://covid19.go.id/peta-sebaran> (accessed Aug. 10, 2022).
- [19] G. Fensynthia, “Kriteria Sembuh Covid-19, Berapa Lama Waktunya?,” *Primaya Hospital*, 2021. <https://primayahospital.com/covid-19/kriteria-sembuh-covid-19/> (accessed Feb. 01, 2023).
- [20] Z. Zuhri and A. Simanjuntak, “ANALISIS LAJU PENYEBARAN COVID-19 MENGGUNAKAN MODEL MATEMATIKA EPIDEMIOLOGI SIR DAN RUNGE-,” vol. 03, no. 01, pp. 98–110, 2022.