

MODEL BERBASIS SEIR DENGAN METODE RUNGE KUTTA FEHLBERG ORDO 10 DALAM PREDIKSI AWAL PENYEBARAN COVID-19 DI PROVINSI DKI JAKARTA DENGAN APLIKASI MATLAB

Alif Oki Harfiansyah¹, Deni Arifianto², Qurrota A'yun³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Jember

e-mail : alifokiharfiansyah@gmail.com¹

ABSTRAK. Covid-19 (Corona Virus Disease) adalah virus yang menyerang manusia dan hewan, pada umumnya virus tersebut dapat mengganggu saluran pernapasan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini memprediksi puncak penyebaran Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta dengan pemodelan matematika SEIR. Untuk memprediksi puncak penyebaran, maka digunakan metode *Runge Kutta Fehlberg ordo 10* di aplikasi Matlab. Data yang digunakan yaitu data penyebaran Covid-19 di DKI Jakarta periode bulan Maret-Desember 2020. Dari serangkaian pengujian, didapatkan hasil prediksi yaitu puncak penyebaran Covid-19 di DKI Jakarta adalah pada sekitar bulan Agustus-Oktober 2020. Berdasarkan perbandingan dengan kenyataan, ditemukan perbedaan hasil puncak dimana pada prediksi hanya dapat memprediksi satu kali puncak penyebaran yaitu pada sekitar bulan Agustus-September, dan pada kenyataan puncak terjadi dua kali yaitu pada sekitar bulan Agustus-Oktober 2020 dan Januari-Februari 2020.

Kata Kunci: Covid-19, Pemodelan Matematika, SEIR, Runge Kutta Fehlberg (RKF45), Matlab.

ABSTRACT : *Covid-19 (Corona Virus Disease) is a virus that attacks humans and animals, generally the virus can interfere with the respiratory tract. Based on previous research, this study predicts the peak of the spread of Covid-19 in the DKI Jakarta Province using SEIR mathematical modeling. To predict the peak distribution, the Runge Kutta Fehlberg order 10 method is used in the Matlab application. The data used is data on the spread of Covid-19 in DKI Jakarta for the period March-December 2020. From several tests, it was found that the peak of the spread of Covid-19 in DKI Jakarta was around August-October 2020. Based on comparison with reality, differences in peak results were found where the predictions could only predict one peak of spread, namely around August-September, and in fact the peak occurred twice, namely around August-October 2020 and January-February 2020.*

Keywords : Covid-19, Mathematical Modeling, SEIR, Runge Kutta Fehlberg (RKF45), Matlab

PENDAHULUAN

Pada akhir tahun 2019 dunia dikejutkan dengan penemuan virus baru yang bernama Coronavirus di Wuhan, China. Dalam waktu singkat, virus tersebut mulai menyebar ke pedagang lainnya, masyarakat di sekitar pasar dan hingga saat ini virus tersebut terus menerus menyebar luas ke berbagai negara di dunia termasuk Indonesia dan telah memakan korban hingga berjuta-juta jiwa. Dengan adanya pandemi ini, banyak negara yang memberlakukan berbagai macam cara mulai pembatasan sosial hingga sistem *lockdown*, demi memutus rantai penyebaran virus tersebut. Hal tersebut sangat berdampak pada bidang perekonomian, pendidikan, dan pemerintahan.

Prediksi awal dan pemodelan kasus ini sangat dibutuhkan untuk pengendalian penyebaran virus *Covid-19*, terutama untuk mengembangkan strategi mitigasi. Dengan memadukan informatika dan data survei jumlah kasus *Covid-19* serta beberapa disiplin ilmu lainnya, akan dapat membantu pemerintah dalam mengolah data dan memperhitungkan prediksi puncak penyebaran *Covid-19*, dengan demikian pemerintah dapat memproyeksikan perkiraan resiko dan langkah apa saja yang akan dilakukan oleh pemerintah untuk beberapa waktu ke depan.

Kusumo, dkk, telah meneliti prediksi awal penyebaran Covid-19 di DIY dengan model berbasis SIR dengan metode *Ordinary Least Square* dan metode *Nelder-Mead Simplex*. Pada penelitian kali ini akan memodelkan Covid-19 dengan pemodelan SEIR dengan metode *Runge Kutta Fehlberg orde 10* dan data dari Provinsi DKI Jakarta. Dengan pemodelan yang lebih baik lagi dan menggunakan data terbaru yang diambil dari wilayah dengan jumlah kasus terbanyak di Indonesia, diharapkan akan lebih meningkatkan keakuratan hasil prediksi.

SEIR MODEL PENYEBARAN COVID-19

SEIR Model merupakan Pemodelan Matematika dengan mengelompokkan tiap populasi menjadi empat kelas yaitu orang dengan risiko (*Susceptible / S*), orang dengan gejala (*Exposed / E*), orang terinfeksi (*Infected / I*), dan orang yang sudah sembuh (*Recovered / R*). Dengan asumsi pola kehidupan masyarakat dan penanganan Covid-19 adalah sama, maka jumlah kelas dalam waktu tertentu dapat diketahui.

SEIR Model yang digunakan pada prediksi penyebaran Covid-19 di DKI Jakarta adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SE \\ \frac{dE}{dt} &= \beta SE - \gamma E \\ \frac{dI}{dt} &= \gamma E - \mu I - \delta I \\ \frac{dR}{dt} &= \delta I\end{aligned}$$

Dimana β adalah parameter yang menunjukkan laju gejala atau laju variabel S menuju E, lalu γ adalah parameter yang menunjukkan laju terinfeksi, δ adalah parameter yang menunjukkan laju kesembuhan, dan μ adalah parameter yang menunjukkan laju kematian. Parameter tersebut didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

β merupakan parameter yang menyatakan laju gejala

$\beta_n : \beta_{n-1}, n = \text{hari ke } 1,2,3, \dots \text{ dan } n - 1 = \text{hari sebelum } n$

$$n = 1 \rightarrow \beta_1 : \beta_0 = 519 : 8.411.353 = 0,000062$$

$$n = 2 \rightarrow \beta_2 : \beta_1 = 316 : 8.410.834 = 0,000038$$

$$n = 3 \rightarrow \beta_3 : \beta_2 = 652 : 8.410.518 = 0,000078$$

γ merupakan parameter yang menyatakan laju terinfeksi

$\gamma_n : \gamma_{n-1}, n = \text{hari ke } 1,2,3, \dots \text{ dan } n - 1 = \text{hari sebelum } n$

$$n = 1 \rightarrow \gamma_1 : \gamma_0 = 111 : 37.375 = 0,0029699$$

$$n = 2 \rightarrow \gamma_2 : \gamma_1 = 76 : 37.783 = 0,00201149$$

$$n = 3 \rightarrow \gamma_3 : \gamma_2 = 80 : 38.023 = 0,00210399$$

Δ merupakan parameter yang menyatakan laju kesembuhan

$\Delta_n : \Delta_{n-1}, n = \text{hari ke } 1,2,3, \dots \text{ dan } n - 1 = \text{hari sebelum } n$

$$n = 1 \rightarrow \Delta_1 : \Delta_0 = 144 : 5.270 = 0,027853$$

$$n = 2 \rightarrow \Delta_2 : \Delta_1 = 159 : 5.237 = 0,03095192$$

$$n = 3 \rightarrow \Delta_3 : \Delta_2 = 129 : 5.054 = 0,02552434$$

μ merupakan parameter yang menyatakan laju kematian

$\mu_n : \mu_{n-1}, n = \text{hari ke } 1,2,3, \dots \text{ dan } n - 1 = \text{hari sebelum } n$

$$n = 1 \rightarrow \mu_1 : \mu_0 = 1 : 6.752 = 0,000148104$$

$$n = 2 \rightarrow \mu_2 : \mu_1 = 4 : 6.862 = 0,00058292$$

$$n = 3 \rightarrow \mu_3 : \mu_2 = 4 : 6.934 = 0,000576868$$

PENERAPAN PADA KASUS COVID-19 DI DKI Jakarta

Dalam kasus ini diasumsikan bahwa $N = 8.456.000$, dimana N adalah jumlah masyarakat DKI Jakarta. Hal ini diterapkan karena pada pemodelan ini diasumsikan bahwa perilaku setiap individu adalah sama, atau dalam arti lain adalah masyarakat diasumsikan memiliki kedisiplinan dan perilaku yang sama antara sebelum dan sesudah prediksi.

Berikut merupakan contoh sebagian data yang digunakan pada penelitian ini :

Date	Suspected	Exposed	pertambahan per hari	Laju S → E	Infected	pertambahan per hari	Laju E → I	Recovered	pertambahan per hari	Laju I → R	Death	pertambahan per hari	Laju I → D
25-Mar	8.456.000	2.669	142		440	440		24	24		37	37	
26-Mar		2.811	142	0,000017	515	75	0,033647	29	5	0,01202	49	12	0,02978
27-Mar		2.917	106	0,000013	566	51	0,022213	31	2	0,00412	57	8	0,01717
28-Mar		3.185	268	0,000032	603	37	0,015738	43	12	0,02243	62	5	0,00982
29-Mar		3.335	150	0,000018	701	98	0,037955	48	5	0,00893	67	5	0,00924
30-Mar		3.385	50	0,000006	727	26	0,009871	49	1	0,00153	78	11	0,01735
31-Mar		3.561	176	0,000021	794	67	0,025207	51	2	0,00295	88	10	0,01541
01-Apr		3.591	30	0,000004	816	22	0,007951	51	0	0	90	2	0,00283
02-Apr		3.671	80	0,000009	909	93	0,033514	54	3	0,00392	95	5	0,00689
03-Apr		4.525	854	0,000101	990	81	0,029327	56	2	0,00234	98	3	0,00369
04-Apr		4.536	11	0,000001	1071	81	0,022914	58	2	0,00214	99	1	0,00112
05-Apr		4.606	70	0,000008	1151	80	0,023088	64	6	0,00592	123	24	0,02469
06-Apr		4.786	180	0,000021	1299	148	0,042836	68	4	0,00368	131	8	0,00778
07-Apr		4.793	7	0,000001	1395	96	0,027531	69	1	0,00081	133	2	0,00171
08-Apr		4.852	59	0,000007	1552	157	0,046204	75	6	0,00452	144	11	0,00872
09-Apr		5.062	210	0,000025	1632	80	0,024242	82	7	0,00474	149	5	0,00355
10-Apr		5.225	163	0,000019	1810	178	0,051895	82	0	0	156	7	0,00472
...
31-Dec		936.315	4.021	0,000534	183735	2022	0,002693	164881	1970	0,10478	3287	21	0,00012
Total		=		0,011092			0,006436			0,0518			0,00125

Pada data tersebut kemudian dicari rata-rata laju kecepatan tiap parameter. Setelah ditemukan lalu diaplikasikan pada SEIR Model di aplikasi Matlab :

```

%Numerical Programming
%Parameter
miu=0.0483007; %laju kematian covid
beta= 0.011092; %laju s-e
gamma=0.006435751; %laju terinfeksi
delta=0.05180394; %laju kesembuhan
    
```

Setelah mengaplikasikan seluruh parameter laju pada SEIR Model di aplikasi Matlab, selanjutnya adalah membuat pemodelan di aplikasi Matlab :

```
%Persamaan Diferensial Biasa
fS=@(t,S,E,I,R)-(beta.*S);
fE=@(t,S,E,I,R)(beta.*S)-(gamma.*E);
fI=@(t,S,E,I,R)(gamma.*E)-(miu.*I)-(delta.*I);
fR=@(t,S,E,I,R)(delta.*I);
```

Setelah membuat pemodelan, selanjutnya adalah menentukan nilai awal yang akan digunakan pada penelitian kali ini :

```
%Nilai awal
t(1)=1;
S(1)=8456000;
E(1)=0;
I(1)=0;
R(1)=0;
```

Keterangan :

t = Nilai awal dari waktu penelitian (Dalam satuan hari)

S = Nilai awal orang dengan resiko (ODR / *Susceptible*)

E = Nilai awal orang dengan gejala (ODP / *Exposed*)

I = Nilai awal orang positif terinfeksi (Positif / *Infected*)

R = Nilai awal orang yang sudah sembuh (Sembuh / *Recovered*)

Lalu selanjutnya adalah menentukan batas iterasi :

```
%Batas iterasi dan waktu
tfinal=600;
h=0.1;
n=ceil(tfinal/h);
```

Keterangan :

tfinal = Batas jumlah waktu penelitian (Dalam satuan hari)

h = Jarak antar Partisi

n = Banyaknya Partisi

Selanjutnya adalah proses pengaplikasian Runge Kutta Fehlberg pada matlab :

```

Editor - O:\kuliah\skripsi\projek\orde10.m
orde10.m
25 - R(1)=0;
26
27 %Batas iterasi dan waktu
28 tfinal=600;
29 h=0.1;
30 n=ceil(tfinal/h);
31
32 %Iterasi
33 disp(' i      t      S      E      I      R');
34 for i=1:n+1
35     k1S=FS(t(i),S(i),E(i),I(i),R(i));
36     k1E=FE(t(i),S(i),E(i),I(i),R(i));
37     k1I=FI(t(i),S(i),E(i),I(i),R(i));
38     k1R=FR(t(i),S(i),E(i),I(i),R(i));
39
40     %k2
41     k2S=FS(t(i)+h/9,S(i)+(h*k1S/9),E(i)+(h*k1E/9),I(i)+(h*k1I/9),R(i)+(h*k1R/9));
42     k2E=FE(t(i)+h/9,S(i)+(h*k1S/9),E(i)+(h*k1E/9),I(i)+(h*k1I/9),R(i)+(h*k1R/9));
43     k2I=FI(t(i)+h/9,S(i)+(h*k1S/9),E(i)+(h*k1E/9),I(i)+(h*k1I/9),R(i)+(h*k1R/9));
44     k2R=FR(t(i)+h/9,S(i)+(h*k1S/9),E(i)+(h*k1E/9),I(i)+(h*k1I/9),R(i)+(h*k1R/9));
45
46     k3S=FS(t(i)+(2*h/9),S(i)+((-1617*k1S+1697*k2S)*h/360),E(i)+((-1617*k1E+1697*k2E)*h/360),I(i)+((-1617*
47     k3E=FE(t(i)+(2*h/9),S(i)+((-1617*k1S+1697*k2S)*h/360),E(i)+((-1617*k1E+1697*k2E)*h/360),I(i)+((-1617*
48     k3I=FI(t(i)+(2*h/9),S(i)+((-1617*k1S+1697*k2S)*h/360),E(i)+((-1617*k1E+1697*k2E)*h/360),I(i)+((-1617*
49     k3R=FR(t(i)+(2*h/9),S(i)+((-1617*k1S+1697*k2S)*h/360),E(i)+((-1617*k1E+1697*k2E)*h/360),I(i)+((-1617*

```

Selanjutnya adalah perintah untuk menampilkan hasil iterasi :

```

%Nilai Numerik yang diperoleh
disp(['jumlah iterasi = ',num2str(i)]);
disp(['Nilai Numerik S(Susceptible) = ',num2str(S(i))]);
disp(['Nilai Numerik E(Exposed) = ',num2str(E(i))]);
disp(['Nilai Numerik I(Infectiuos) = ',num2str(I(i))]);
disp(['Nilai Numerik R(Recovered) = ',num2str(R(i))]);

```

Lalu yang terakhir adalah perintah untuk menampilkan grafik :

```

%plot solusi
hold on
grid on
plot(t,S,'r')
plot(t,E,'y')
plot(t,I,'g')
plot(t,R,'k')
title('Grafik Penyebaran Virus Covid-19 di DKI Jakarta',...
'color',[0 0 1],'fontweight','bold','fontsize',20);
xlabel('Time (D)','color',[0 0 1],...
'fontweight','bold','fontsize',14);
ylabel('Modelling','color',[0 0 1],...
'fontweight','bold','fontsize',14);
legend('Susceptible','Exposed','Infectiuos','Recovered','fontsize',20);

```

Setelah semua perintah telah diaplikasikan pada matlab, selanjutnya adalah proses running, pada proses ini ditemukan hasil iterasi adalah sebagai berikut :

Command Window

New to MATLAB? See resources for [Getting Started](#).

 **New MATLAB Graphics System**
 MATLAB R2014b introduces a new MATLAB graphics system, with new default colors, fonts, and styles, and many new features. Some existing code may need to be revised to work in this version of MATLAB.
[Learn more](#)

Analisis Numerik Model SEIR
 Untuk Penyebaran Virus Covid-19 di DKI Jakarta
 Menggunakan Metode Runge Kutta Fehlberg Orde 10

t	S	E	I	R
1	8456000.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	8446625.8117	9371.1680	2.9961	0.0125
3	8437262.0154	18725.9181	11.9582	0.0560
4	8427908.5990	28064.2725	26.8163	0.1612
5	8418565.5531	37386.2532	47.5012	0.3584
6	8409232.8641	46691.8822	73.9443	0.6776
7	8399910.5210	55981.1815	106.0780	1.1486
8	8390598.5126	65254.1732	143.8349	1.9005
9	8381296.8274	74510.8790	187.1488	2.6624
10	8372005.4538	83751.3210	235.9537	3.7629
11	8362724.3805	92975.5211	290.1847	5.1303
12	8353453.5961	102183.5011	349.7772	6.7925
13	8344193.0891	111375.2828	414.6675	8.7771
14	8334942.8482	120550.8880	484.7924	11.1114
15	8325702.8619	129710.3387	560.0856	13.8223
16	8316473.1190	138853.6564	640.4970	16.9365

Command Window

New to MATLAB? See resources for [Getting Started](#).

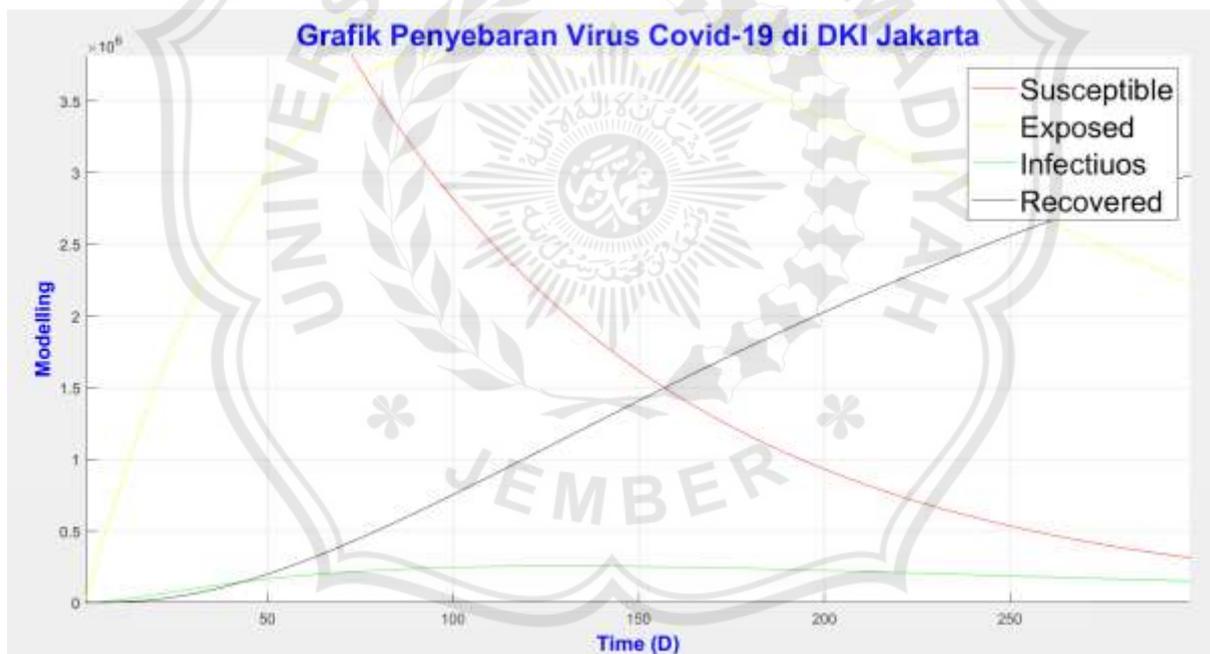
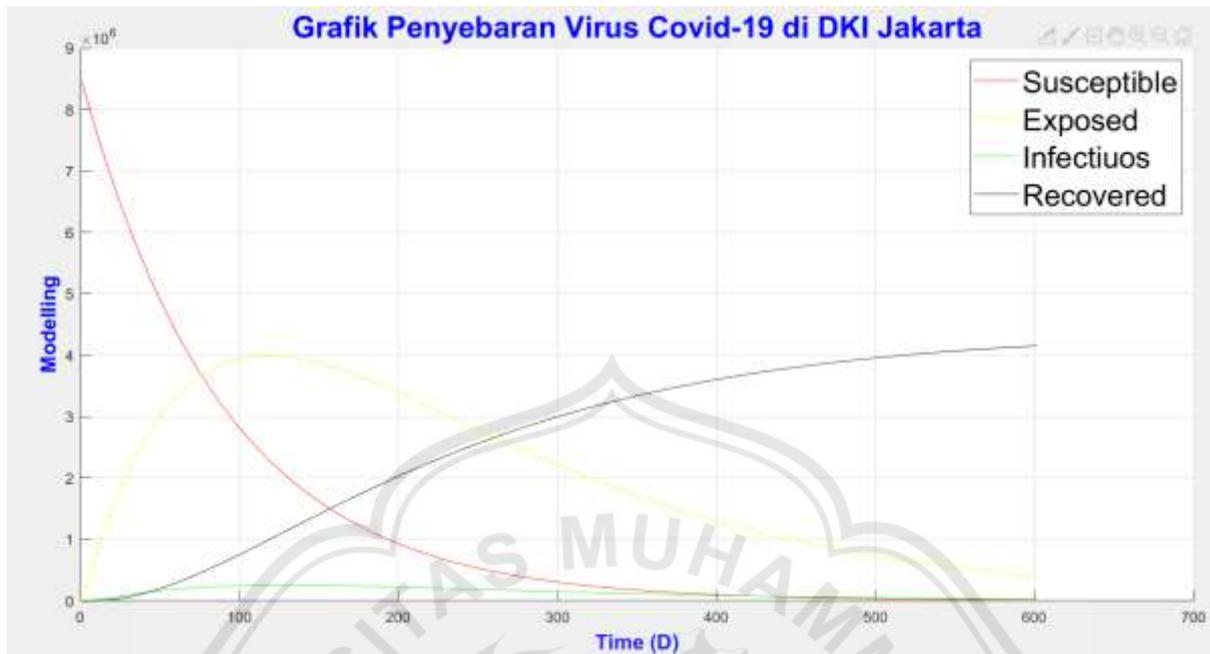
 **New MATLAB Graphics System**
 MATLAB R2014b introduces a new MATLAB graphics system, with new default colors, fonts, and styles, and many new features. Some existing code may need to be revised to work in this version of MATLAB.
[Learn more](#)

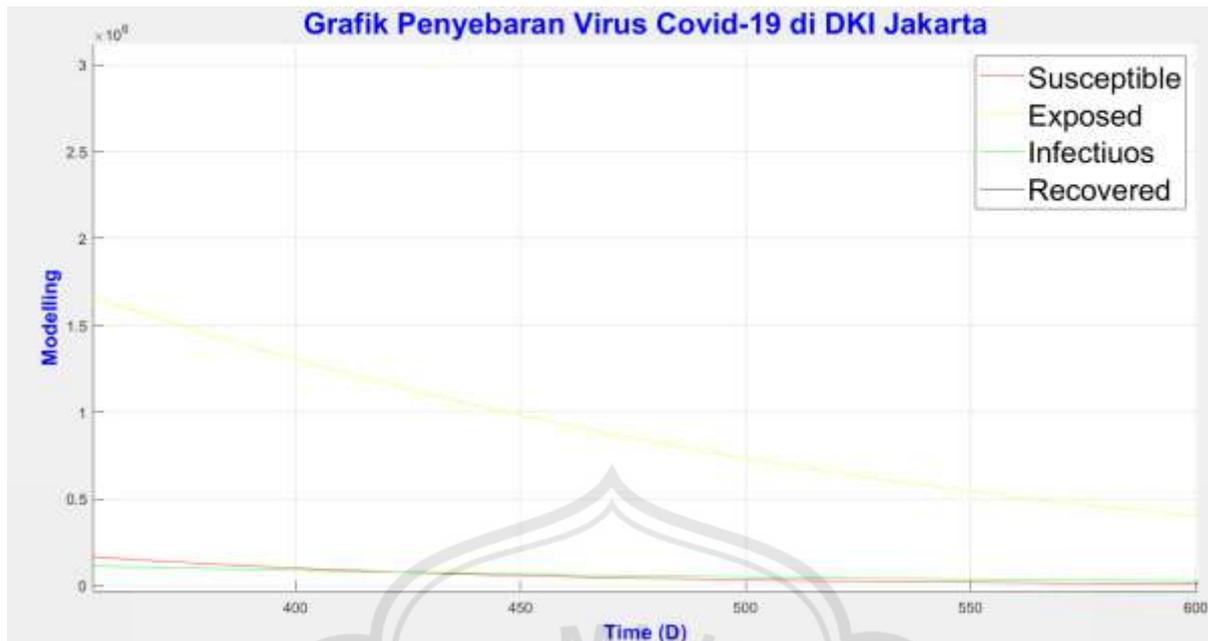
5988	599.7000	11043.6553	401024.8595	27456.8447	4148507.6784
5989	599.8000	11031.4125	400779.0919	27442.0634	4148649.8825
5990	599.9000	11019.1833	400533.4688	27425.2920	4148791.9997
5991	600.0000	11006.9676	400287.9903	27408.5304	4148934.0300
5992	600.1000	10994.7654	400042.6561	27391.7786	4149075.9736
5993	600.2000	10982.5760	399797.4662	27375.0366	4149217.8303
5994	600.3000	10970.4017	399552.4206	27358.3043	4149359.6004
5995	600.4000	10958.2401	399307.5192	27341.5819	4149501.2838
5996	600.5000	10946.0919	399062.7618	27324.8693	4149642.8806
5997	600.6000	10933.9573	398818.1484	27308.1664	4149784.3909
5998	600.7000	10921.8361	398573.6790	27291.4733	4149925.8147
5999	600.8000	10909.7283	398329.3534	27274.7900	4150067.1520
6000	600.9000	10897.6339	398085.1716	27258.1164	4150208.4029
6001	601.0000	10885.5530	397841.1335	27241.4526	4150349.5674

jumlah iterasi = 6001
 Nilai Numerik S (Susceptible) = 10885.553
 Nilai Numerik E (Exposed) = 397841.1335
 Nilai Numerik I (Infectious) = 27241.4526
 Nilai Numerik R (Recovered) = 4150349.5674

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah iterasi adalah 6001 iterasi. Lalu nilai S adalah 10885.553, nilai E adalah 397841.1335, nilai I adalah 27241.4526, dan nilai R adalah 4150349.5674.

Berikut merupakan hasil prediksi SEIR Model pada kasus penyebaran Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta :





Dengan ini dapat disimpulkan bahwa, dengan asumsi pola kehidupan, kedisiplinan, dan perilaku masyarakat antara sebelum dan sesudah penelitian adalah sama dan tidak ada perubahan yang signifikan dari kebijakan pemerintah dan penanganan medis, maka puncak penyebaran Covid-19 adalah sekitar 150 hari setelah $t(1)$ atau hari pertama penelitian dalam hal ini adalah 5 bulan setelah Maret 2020 yaitu pada sekitar bulan Agustus dan September 2020. Dan angka penyebaran virus ini baru akan mendekati nol pada sekitar 550 hari setelah $t(1)$ atau sekitar 18 bulan setelah Maret 2020 yaitu sekitar bulan September 2021.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Puncak penyebaran Covid-19 di DKI Jakarta berada pada sekitar bulan Agustus-September 2020, dan diperkirakan Jumlah kasus penyebaran Covid-19 di DKI Jakarta akan mendekati nol pada Sekitar bulan September 2020.

Perbandingan hasil prediksi dengan kenyataan adalah adanya perbedaan yakni antara hasil prediksi dengan kenyataan, dimana hasil prediksi menggambarkan puncak penyebaran Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta adalah sekitar bulan Agustus hingga September 2020 dan pada kenyataannya puncak penyebaran Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta adalah pada bulan Januari hingga Februari 2021. Hasil akhir pada penelitian ini adalah terdapat perbedaan sekitar 5 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.

Penelitian ini menggunakan data penyebaran Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta Mulai bulan Maret-Desember 2020, Peneliti lain dapat Mengembangkan Penelitian ini dengan data dari wilayah lain dan data yang lebih baru. Dengan memadukan data yang lebih baru dan pemodelan yang lebih baik lagi, diharapkan akan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

Pemodelan ini dapat diterapkan pada Studi kasus yang berbeda. Dengan demikian diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti lain dalam memodelkan permasalahan lain di dunia nyata ke pemodelan matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Covid-19, S. P. (t.thn.). *Peta Sebaran*. Diambil kembali dari KOMITE PENANGANAN COVID-19 DAN PEMULIHAN EKONOMI NASIONAL: <https://covid19.go.id/peta-sebaran>
- Open Data Covid-19 Provina DKI Jakarta*. (t.thn.). Diambil kembali dari Riwayat File Covid-19 DKI Jakarta: <https://riwayat-file-covid-19-dki-jakarta-jakartagis.hub.arcgis.com/>
- pertanyaan dan jawaban terkait Covid-19*. (t.thn.). Diambil kembali dari KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA: <https://www.kemkes.go.id/folder/view/full-content/structure-faq.html>
- Raharja, W. (2015, Maret 2). *Kategori:TI (Teknik Informatika)*. Diambil kembali dari Widuri: [https://widuri.raharja.info/index.php?title=Kategori:TI_\(Teknik_Informatika\)](https://widuri.raharja.info/index.php?title=Kategori:TI_(Teknik_Informatika))
- redaksi. (2020, April 8). *Gpriority.co.id*. Diambil kembali dari MENDAGRI TITO: PANDEMI COVID-19 SEPERTI PERANG DUNIA KE-3: <https://gpriority.co.id/mendagri-tito-pandemi-covid-19-seperti-perang-dunia-ke-3/>
- Cahyono, B. (2016). *Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier*. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 3(1), 45–62. <https://doi.org/10.21580/phen.2013.3.1.174>
- Gunawan, I., Benty, D. D. N., Kusumaningrum, D. E., Sumarsono, R. B., Sari, D. N., Pratiwi, F. D., Ningsih, S. O., & Hui, L. K. (2019). *Validitas Dan Reliabilitas Angket Keterampilan Manajerial Mahasiswa*. *Jurnal Administrasi Dan Manajemen Pendidikan*, 2(4), 247–257. <https://doi.org/10.17977/um027v2i42019p247>
- Halim, D. (2020). *Kasus Covid-19 di Indonesia, Penambahan Tertinggi di DKI*. *Kompas.Com*, 1. [kompas.com: https://nasional.kompas.com/read/2020/06/02/05492301/update-1-juni-26940-kasus-covid-19-di-indonesia-penambahan-tertinggi-di-dki?page=all](https://nasional.kompas.com/read/2020/06/02/05492301/update-1-juni-26940-kasus-covid-19-di-indonesia-penambahan-tertinggi-di-dki?page=all)
- Hurint, R. U., Ndi, M. Z., & Lobo, M. (2017). *Analisis Sensitivitas Model Epidem SEIR*. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(1), 22–28. <https://doi.org/10.22487/25411969.2017.v6.i1.8076>
- Janti, S. (2014). *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014 Yogyakarta, 15 November 2014 ISSN: 1979-911X*. Snast, November, 211–216.
- Kusumo, F. A., Susyanto, N., Endrayanto, I., & Meliala, A. (2020). *Model Berbasis SIR dalam Prediksi Awal Penyebaran Covid-19 Di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)*. *Jurnal Matematika Thales*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.22146/jmt.55820>
- Side, S. (2015). *Model SEIR pada Penularan Hepatitis B*. *Scientific Pinisi*, 1(1), 97–102.

- Sihombing, S. C., & Dahlia, A. (2018). *Penyelesaian Persamaan Diferensial Linier Orde 1 dan 2 disertai Nilai Awal dengan Menggunakan Metode Runge Kutta Orde Lima Butcher dan Felhberg (RKF45)*. *Jurnal Matematika Integratif*, 14(1), 51. <https://doi.org/10.24198/jmi.v14.n1.15953.51-60>
- Soleh, M., & Rahma, S. (2012). *Model Seir Penyakit Campak dengan Vaksinasi dan Migrasi*. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri MODEL*, 9(2), 113–123.
- Umari, T. (2013). *the Test Validity and Reliability Self Adjustment Level of the First Year Students of Sma Negeri 2 Siak Hulu in Academic Year 2012 / 2013 Uji Validitas Dan Realibilitas Skala Tugas*. 1–11.
- Wijayanti, H., & Wati, M. (2011). *Metode Runge Kutta dalam Penyelesaian Model Radang Akut*. *Ekologia*, 11(2), 46–52.
- Wulandari, W., Darmawijoyo, D., & Hartono, Y. (2016). *Pengaruh Pendekatan Pemodelan Matematika Terhadap Kemampuan Argumentasi Siswa Kelas Viii Smp Negeri 15 Palembang*. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1). <https://doi.org/10.22342/jpm.10.1.3292.114-126>
- Yuliana, Y. (2020). *Corona virus diseases (Covid-19): Sebuah tinjauan literatur*. *Wellness And Healthy Magazine*, 2(1), 187–192. <https://doi.org/10.30604/well.95212020>

