MODEL PREDIKSI JUMLAH PENDERITA COVID-19 DENGAN LAJU PERTUMBUHAN TAK KONSTAN

SYAFIRA KHAIRUNNISA, SUSILA BAHRI*, RIRI LESTARI

*Program Studi S1 Matematika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus UNAND Limau Manis Padang, Indonesia.
email : syafirakhairunnisa68@gmail.com, susilabahri@sci.unand.ac.id,
ririlestari@sci.unand.ac.id*

Diterima 15 September 2020 Direvisi 14 Oktober 2020 Dipublikasikan 21 Oktober 2020

Abstrak. Data laju pertumbuhan Covid-19 yang tak konstan digunakan untuk konstruksi model penentuan jumlah penderita virus tersebut. Model ini dihasilkan melalui pendekatan teori graf dimana titik-titik pada graf menyatakan dua himpunan yaitu himpunan orang yang terinfeksi dan orang yang rentan terinfeksi. Sedangkan sisi-sisinya menunjukkan terjadinya proses menginfeksi. Model ini kemudian disimulasikan dengan menggunakan program Matlab untuk memprediksi jumlah orang terinfeksi pada periode ke-n.

Kata Kunci: Covid-19, Model Matematika, Prediksi Jumlah Penderita

1. Pendahuluan

Diakhir tahun 2019, perhatian dunia difokuskan dengan merebaknya virus baru. *World Health Organization* (WHO) menamakan virus tersebut dengan *Severe acute respiratory syndrome coronavirus-2* (SARS-CoV-2). Virus yang pertama kali muncul di Wuhan (China) ini menimbulkan penyakit yang dikenal dengan *Coronavirus Disease 2019* (Covid-19) [6].

Menurut *World Health Organization* (WHO), penyebaran virus Covid-19 dapat terjadi melalui adanya cipratan air liur atau lendir dari penderita virus Covid-19 yang keluar pada saat flu atau batuk bahkan saat berbicara yang kemudian masuk ke tubuh orang lain melalui mata, hidung, dan mulut. Organisasi tersebut juga menyatakan bahwa penyakit mematikan tersebut telah menyebar sangat cepat di seluruh dunia termasuk Indonesia.

Berbagai penelitian telah dilakukan oleh para peneliti untuk melihat bagaimana penyebaran ataupun pertumbuhan dari virus Covid-19 ini. Bhapkar dkk.[1] pada bulan April 2020 telah mengkonstruksikan model yang diungkapkan dengan graf dengan memperhatikan penyebaran wabah Covid-19 sehingga diperoleh jenis model

*penulis korespondensi

graf virus dan model prediksi jumlah penderita Covid-19 dengan laju pertumbuhan tak konstan.

Penelitian ini mengelaborasi dari yang telah diteliti oleh Bhapkar, dkk. [1]. Peneliti mengumpulkan nilai laju pertumbuhan yang diperoleh dari data *Dummy*, memprediksi jumlah pasien terinfeksi Covid-19 kemudian mengonstruksikannya ke dalam model graf virus sebagaimana yang telah diperoleh oleh Bhapkar, dkk. [1].

2. Landasan Teori

2.1. Definisi dan Terminologi Graf

Graf G dapat dinyatakan sebagai pasangan himpunan $(V(G), E(G))$ dimana $V(G)$ adalah himpunan tak kosong yang elemennya disebut *vertex* dari G , dan $E(G)$ merupakan pasangan tak terurut dari *vertex* berbeda yang disebut sisi dari G . Banyaknya *vertex* pada graf G yang dinotasikan dengan $|V(G)|$ disebut orde. Banyaknya sisi pada graf G yang dinotasikan dengan $|E(G)|$ disebut ukuran [2].

Dua *vertex* u dan v pada graf G jika terhubung langsung oleh suatu sisi e , maka kedua *vertex* tersebut dikatakan bertetangga. Lingkungan *vertex* v di G adalah himpunan semua *vertex* yang bertetangga dengan v [2].

Sisi ganda adalah dua atau lebih sisi yang menghubungkan dua *vertex* yang sama sedangkan *loop* adalah sisi yang dibentuk oleh dua *vertex* yang sama. Berdasarkan ada atau tidaknya *loop* atau sisi ganda pada suatu graf, graf secara umum dapat dikelompokkan menjadi graf sederhana dan graf tak sederhana. Graf sederhana merupakan graf yang tidak mengandung *loop* atau sisi ganda, sedangkan graf yang mengandung *loop* atau sisi ganda disebut graf tak sederhana [2].

Graf siklus atau graf lingkaran adalah graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua. Graf siklus tidak memiliki *loop* atau sisi ganda karena graf siklus merupakan graf sederhana. Graf ini dilambangkan dengan C_n . Graf lengkap adalah graf sederhana yang setiap titiknya bertetangga dengan titik lainnya. Graf lengkap dengan n buah titik dilambangkan dengan K_n , dengan $n \geq 1$ [2].

2.2. Himpunan Variabel

Suatu himpunan S dinamakan himpunan variabel jika elemen dari himpunan S berubah bersamaan dengan berubahnya waktu dan aturan. Oleh karena itu, himpunan S bukan himpunan konstan. Perubahan kardinalitas himpunan tersebut berhubungan dengan waktu. Himpunan variabel biasanya dinotasikan dengan S_v . Berdasarkan kardinalitas, himpunan S_v , terdiri atas lima jenis himpunan salah satunya himpunan variabel stabil. Suatu himpunan variabel S_v dikatakan himpunan variabel stabil jika $|S_v(t)|$ konstan, untuk sebarang waktu t . [1]

2.3. Graf Partite dan Graf Variabel

Graf Partite

Suatu graf H adalah graf *partite*- n jika $V(H) = V_1 \cup V_2 \cup \dots \cup V_n$, dimana semua V_i *disjoint* untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dan tiap sisi dari H memakai bersama *vertex* V_i dan V_j untuk $i \neq j$ [1].

Graf Variabel

Suatu graf H dikatakan graf variabel *vertex* jika $V(H)$ atau $E(H)$ adalah himpunan-himpunan variabel. Graf variabel disebut juga Graf-V [1].

Graf-V *Bipartite*

Suatu graf variabel H dikatakan Graf-V *bipartite* jika [5]:

- i. $V(H) = V_1 \cup V_2$ dimana V_1, V_2 adalah himpunan variabel terpisah yang memiliki karakteristik yang berbeda.
- ii. Terdapat sisi antara *vertex-vertex* V_1 dan V_2 .
- iii. Tidak ada sebarang sisi antara *vertex* V_1 atau V_2 .

Gambar 1. Graf Bipartite

Berdasarkan Gambar 1, terdapat dua himpunan variabel V_1 dan V_2 yang memiliki karakteristik yang berbeda, e_1, e_2 , dan e_3 merupakan sisi-sisi yang menghubungkan *vertex-vertex* elemen himpunan V_1 dan V_2 .

Graf-V *n-Partite*

Suatu graf variabel H dikatakan Graf-V *n-partite* jika [1]:

- i. $V(H) = V_1 \cup V_2 \cup V_3 \cup \dots \cup V_n$ dimana $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ adalah himpunan variabel terpisah yang memiliki karakteristik yang berbeda.
- ii. Terdapat sisi antara *vertex-vertex* V_i dan V_j untuk i, j dan $i \neq j$.

2.4. Model Graf Virus I

Graf-V *Bipartite* H dikatakan graf virus I (VRG-I) jika [1]:

- i. $V(H) = I \cup N$, dimana I adalah himpunan variabel *vertex* yang memiliki sifat khusus atau terinfeksi virus dan N adalah himpunan variabel *vertex* yang tidak memiliki virus.
- ii. Jika $x \in I$, memiliki sisi dengan *vertex* $y \in N$ atau sebaliknya maka y dipindahkan ke I dan $N = N - \{y\}$.
- iii. Jika $x \in I$, pulih karena perlakuan atau virusnya hilang, maka x dipindahkan ke N dan $N = N \cup \{x\}$.

Representasi graf virus I seperti Gambar 2 [1].

Berdasarkan Gambar 2, I merupakan himpunan orang-orang yang terinfeksi virus Covid-19, N merupakan himpunan orang-orang yang rentan terinfeksi virus Covid-19. i_1, i_2, i_3 , dan i_4 menunjukkan elemen-elemen dari himpunan orang yang terinfeksi virus Covid-19, sedangkan n_1, n_2 , dan n_3

Gambar 2. Graf Virus I

menunjukkan elemen-elemen dari himpunan orang yang rentan terinfeksi Covid-19. Elemen himpunan I dapat berpindah menjadi elemen himpunan N apabila elemen himpunan I sembuh karena perlakuan maupun tanpa perlakuan. Elemen himpunan N juga dapat berpindah menjadi elemen di himpunan I apabila orang dari himpunan N berinteraksi langsung dengan orang dari himpunan I , sehingga elemen himpunan N terinfeksi virus Covid-19. Diasumsikan sisi-sisi e_1, e_2, e_3 , menunjukkan terjadinya proses menginfeksi oleh elemen himpunan I terhadap elemen himpunan N . Jadi, elemen-elemen dari himpunan I maupun himpunan N dapat berpindah sesuai kondisi.

3. Pembahasan

3.1. Laju Pertumbuhan

Laju pertumbuhan secara umum dapat berupa laju pertumbuhan konstan dan tak konstan. Nilai laju pertumbuhan virus Covid-19 tak konstan dapat disebabkan karena orang-orang terinfeksi virus Covid-19 tidak melakukan isolasi diri, orang yang rentan tidak mengikuti protokol kesehatan dari pemerintah, sehingga laju pertumbuhan setiap hari berubah meningkat atau menurun. Apabila masyarakat mengikuti protokol kesehatan yang ada, nilai laju pertumbuhan perharinya dapat menurun yang menunjukkan penyebaran virus Covid-19 semakin berkurang. Sebaliknya, apabila masyarakat tidak mengikuti protokol kesehatan, nilai laju pertumbuhan virus perharinya dapat terus meningkat.

Pada kenyataannya satu orang yang terinfeksi Covid-19 dapat menginfeksi satu orang yang rentan atau lebih, orang yang terinfeksi tersebut juga berkemungkinan tidak menginfeksi satupun orang yang rentan terinfeksi Covid-19. Pada penelitian ini diasumsikan orang yang terinfeksi virus Covid-19 menginfeksi hanya satu orang yang rentan atau tidak sama sekali dengan laju pertumbuhan tak konstan.

3.2. Pertumbuhan Satu-satu

Jika satu elemen aktif dari himpunan variabel menginfeksi hanya satu elemen aktif pada himpunan lain dalam suatu waktu, maka pertumbuhan tersebut dinamakan pertumbuhan satu-satu (pertumbuhan 1-1). K_1 adalah elemen aktif individu pada himpunan variabel N .

3.3. Pertumbuhan Tak Konstan

Asumsikan terdapat laju pertumbuhan yang berbeda pada tiap periode waktu (hari) sebagaimana dinyatakan pada Tabel 1 berikut[1]. Misalkan I_0 adalah jumlah orang yang terinfeksi virus pada tahap awal, dan I_n adalah jumlah orang yang terinfeksi virus pada hari ke- n , R_i adalah laju pertumbuhan virus dalam periode waktu (hari) ke- i , dan t_i adalah waktu (hari) ke- i dengan $i = 1, 2, \dots, n$.

Tabel 1. Laju Pertumbuhan Tak Konstan dan Interval Waktu

Waktu (t_i)	t_1	t_2	t_3	t_4	$\dots$	t_{n-1}	t_n
Laju Pertumbuhan (R_i)	R_1	R_2	R_3	R_4	$\dots$	R_{n-1}	R_n

Jumlah orang yang terinfeksi pada hari pertama adalah

$$I_1 = I_0 + R_1 I_0 = (1 + R_1) I_0. \quad (3.1)$$

Selanjutnya, untuk interval waktu kedua dan ketiga berturut-turut adalah sebagai berikut:

$$I_2 = I_1 + R_2 I_1 = (1 + R_2)(1 + R_1) I_0, \quad (3.2)$$

$$I_3 = I_2 + R_3 I_2 = (1 + R_3)(1 + R_2)(1 + R_1) I_0. \quad (3.3)$$

Oleh karena itu, untuk interval waktu ke n , diperoleh model prediksi jumlah orang terinfeksi Covid-19 sebagai berikut:

$$I_n = (1 + R_n)(1 + R_{n-1})(1 + R_{n-2}) \cdots (1 + R_1) I_0, \quad (3.4)$$

$$= I_0 \prod_{i=1}^n (1 + R_i). \quad (3.5)$$

3.4. Perhitungan Jumlah Penderita Covid-19 dengan Laju Pertumbuhan Tak Konstan

Berikut diberikan contoh aplikasi model dengan laju pertumbuhan tak konstan. Data laju pertumbuhan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari data *Dummy*. Data *Dummy* merupakan informasi yang tidak mengandung data berguna. Data *Dummy* dapat digunakan sebagai data pengganti yang bertujuan untuk pengujian.

Data *dummy* laju pertumbuhan tersebut dapat diproses dengan Matlab untuk memperoleh prediksi jumlah pasien terinfeksi virus Covid-19 pada waktu (hari) ke- n . Untuk memudahkan perhitungan jumlah orang yang terinfeksi Covid-19 untuk hari ke- n digunakan Matlab dalam perhitungannya. Sintaks Matlab untuk menghitung jumlah orang yang terinfeksi Covid-19 pada waktu (hari) ke- n ditunjukkan oleh Gambar 3.

Dengan menggunakan sintaks pada gambar 3, maka hasil prediksi jumlah pasien terinfeksi Covid-19 pada hari ke-1, 2, 15, dan 16 adalah seperti Gambar 4 berikut:

```

1 function i=in(data,n)
2     il=data(:,1);
3     r=data(:,2);
4     i=18;
5     for j=1:n
6         i=i*(1+r(j));
7     end
8     round(i)
9 end

```

Gambar 3. Sintaks untuk Menghitung Jumlah Pasien Covid-19

<pre> >> in(data,1) ans = 22 ans = 21.6000 >> in(data,2) ans = 23 ans = 23.0407 </pre>	<pre> >> in(data,15) ans = 54 ans = 53.7612 >> in(data,16) ans = 55 ans = 55.4923 </pre>
---	---

Gambar 4. Prediksi Jumlah Pasien Terinfeksi Covid-19 Hari Ke-1, 2, 15, dan 16

3.5. Model Graf Prediksi Jumlah Penderita Covid-19 dengan Laju Pertumbuhan Tak Konstan

Perhitungan prediksi jumlah pasien terinfeksi Covid-19 yang telah diperoleh dengan Matlab dapat direpresentasikan ke dalam model graf pertumbuhan satu-satu.

Gambar 5. Model Graf pada Tahap Awal masuknya Virus Covid-19

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa terdapat himpunan *vertex-vertex* berwarna merah dengan notasi i_k dimana $k = 1, 2, \dots, 18$ yang menunjukkan elemen himpunan orang yang terinfeksi Covid-19 pada tahap awal. Himpunan orang yang terinfeksi Covid-19 tersebut membentuk graf siklus dengan 18 *vertex*. Kemudian, terdapat *vertex-vertex* berwarna hijau diluar graf siklus yang dinotasikan dengan n_k dengan $k = 1, 2, \dots, k$ yang menunjukkan elemen himpunan orang yang rentan terinfeksi Covid-19.

Gambar 6. Model Graf Pertumbuhan Virus Covid-19 pada Hari Ke-1

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa terdapat 4 *vertex* hijau yang dinotasikan dengan n_1, n_2, n_3 , dan n_4 bertetangga dengan 4 *vertex* merah i_5, i_8, i_9 , dan i_{13} yang menunjukkan bahwa terjadinya proses menginfeksi oleh orang yang terinfeksi Covid-19 terhadap orang yang rentan. Orang yang rentan tersebut telah terinfeksi Covid-19 kemudian berpindah ke himpunan orang yang terinfeksi Covid-19 dan membentuk graf siklus baru dengan 22 *vertex*. Graf siklus baru dengan 22 *vertex* tersebut merupakan himpunan jumlah orang yang terinfeksi Covid-19 pada hari pertama. Keempat *vertex* yang telah terinfeksi tersebut juga berkemungkinan menginfeksi orang yang rentan lainnya. Hal yang sama berlaku pula untuk jumlah penderita pada hari ke- n lainnya berdasarkan prediksi perhitungan yang telah diperoleh sebelumnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pada Bab pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah orang yang terinfeksi virus Covid-19 dengan laju pertumbuhan tak konstan dapat diprediksi dengan model berikut:

$$I_n = (1 + R_n)(1 + R_{n-1})(1 + R_{n-2}) \cdots (1 + R_1)I_0.$$

Selanjutnya, jumlah orang yang terinfeksi pada n hari kedepan dapat ditentukan dengan cepat dan mudah dengan menggunakan program Matlab. Hasil yang diperoleh dapat direpresentasikan ke dalam model pertumbuhan virus Covid-19 melalui penggunaan teori graf.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr.Lyra Yulianti, Bapak Dr.Ahmad Iqbal Baqi, dan Ibu Radhiatul Husna, M.Si yang telah memberikan masukan dan

saran dalam penyempurnaan penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Bhapkar, H. R., Mahalle, P., Dhotre, P. S. 2020. *Virus Graph and Covid-19 Pandemic: A Graph Theory Approach*. Preprints 2020, 2020040507.
- [2] Bondy, J.A. dan Murty, U.S.R. 1976. *Graph Theory with Application*. The Macmillan Press LTD, London.
- [3] Gog, J., Thomas, R., Freiberger, M. 2020. The Growth Rate of COVID-19. *Plus Magazine*. 11 Juni 2020.
- [4] Mankiw, N.G. 2018. *Principles of Macroeconomics*. Eight Edition. Cengage Learning, USA.
- [5] Rosen, K. H. 2019. *Discrete Mathematics and Its Applications*. Eight Edition. Mc Grew Hill.
- [6] WHO. 2020. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>