TUGAS METODE NUMERIK

PERSEBARAN COVID 19 DI JAWA TENGAH DAN JAKARTA

Ditujukan untuk memenuhi salah satu tugas mata kuliah Metode Numerik

Dosen Pembimbing: Dr. Umi Salamah, S.Si., M.Kom.

Disusun Oleh:

Nirmala Aliffia Syafitri	(M0516037)
Bintang Pradana Erlangga Putra	(M0518010)
Candra Tangguh Pradipta	(M0518012)
Nur Habib Rizki Saputro	(M0518042)
Virdha Berliana Rizqita	(M0518066)

Program Studi S-1 Informatika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret

2020

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virus Corona merupakan sebuah penyakit menular yang menyerang saluran pernapasan, virus ini diketahui sebelumnya berasal dari Wuhan, China pada Desember 2019. Virus Corona ini termasuk satu keluarga seperti SARS, dimana virus ini menyebabkan infeksi saluran pernapasan, mulai dari flu ringan hingga pada akhirnya memiliki gejala pernapasan yang berat. Oleh karena itu, virus ini diberi nama *Coronavirus Disease-2019* (COVID-19).

Penularan virus ini sangat lah mudah, seseorang yang terinfeksi virus ini biasanya dapat tertular melalui tetesan/percikan kecil (*droplet*) dari hidung atau mulut ketika kita bersin atau batuk. Juga bisa melalui benda benda yang sebelumnya akibat dari tetesan kecil yang dibersinkan kemudian menempel pada benda tersebut kemudian dipegang oleh seseorang yang tanpa sengaja dan tanpa diketahui, lalu orang tersebut memegang area wajah yaitu mulut, hidung, dan mata, maka orang tersebut dapat terinfeksi virus covid-19 ini.

Tidak melihat siapa orang tersebut, virus ini sangat berisiko bagi mereka yang yang tinggal pada daerah yang terpapar sirkulasi covid-19. Terutama bagi mereka yang memiliki penyakit bawaan yang sudah akut, sangatlah mudah terpapar virus ini. Sampai saat ini covid-19 masih terus-menerus menyebar sangat signifikan, terutama pada akhir Februari yang sebelumnya Indonesia dinyatakan salah satu negara terbesar Asia yang belum terkena dampak virus ini, namun dengan cepat virus ini masuk pada awal Maret kemudian semakin berjalannya waktu tingkat kewaspadaan di Indonesia terus meningkat.

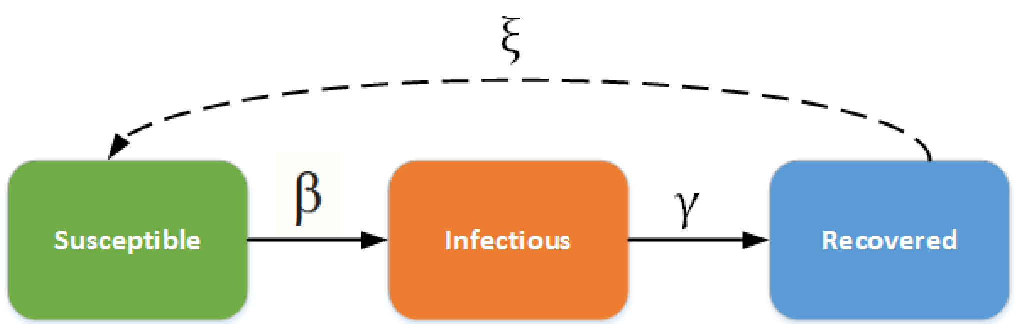
Covid-19 memiliki gejala-gejala hampir sama dengan SARS antara lain demam ≥ 38 derajat celcius, gatal pada tenggorokan, batuk kering, dan sesak napas. Jika ada orang yang dalam 14 hari sebelum muncul gejala tersebut pernah melakukan perjalanan ke negara terjangkit, maka terhadap orang tersebut akan dilakukan pemeriksaan laboratorium lebih lanjut untuk memastikan diagnosisnya.

Di Indonesia penyebaran virus ini sangatlah signifikan, hingga saat ini update per hari Indonesia masih terus bertambah angka positif yang terjangkit virus ini yaitu 500-an orang baru positif covid-19 dari berbagai daerah di Indonesia. Hal tersebut diakibatkan karena kurang ketatnya peraturan untuk meminimalisir atau pemutusan rantai penularan di Indonesia, dimana masih banyak orang orang yang sebelumnya berada di daerah yang tersirkulasi virus covid-19 pergi ke daerah yang sebelumnya belum terpapar, padahal orang tersebut sudah terinfeksi virus covid-19.

1.2 Dasar Teori

a. Model SIR dan SIRS

Topik ini menjelaskan persamaan diferensial yang mengatur model kompartemen SIR dan SIR deterministik klasik dan menjelaskan cara mengkonfigurasi EMOD, model stokastik berbasis agen, untuk mensimulasikan epidemi SIR / SIRS. Dalam model SIR, individu dalam keadaan pulih mendapatkan kekebalan total terhadap patogen; dalam model SIRS, kekebalan berkurang dari waktu ke waktu dan individu dapat terinfeksi kembali. Simulasi generik EMOD menggunakan model penyakit seperti SEIR secara default. Anda dapat memodifikasi model SEIR default menjadi model SIR dengan mematikan periode inkubasi.



Gambar 1.2.1 Model SIR-SIRS

Tingkat infeksi β, mengontrol laju penyebaran yang mewakili kemungkinan penularan penyakit antara individu yang rentan dan yang menular. Tingkat pemulihan, γ= 1 / D, ditentukan oleh durasi rata-rata, D, dari infeksi. Untuk model SIRS, ξadalah laju pemulihan individu yang kembali ke patung yang rentan karena kehilangan kekebalan.

Model SIR

Model SIR pertama kali digunakan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927 dan selanjutnya telah diterapkan pada berbagai penyakit, terutama penyakit anak-anak di udara dengan kekebalan seumur hidup pada saat pemulihan, seperti campak, gondong, rubella, dan pertusis. S, I dan R mewakili jumlah individu yang rentan, terinfeksi, dan pulih, dan N = S + I + R adalah total populasi.

SIR tanpa dinamika vital

Jika perjalanan infeksinya singkat (munculnya wabah) dibandingkan dengan masa hidup seseorang dan penyakitnya tidak fatal, dinamika vital (kelahiran dan kematian) dapat diabaikan. Dalam bentuk deterministik, model SIR dapat ditulis sebagai persamaan diferensial biasa (ODE) berikut:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta S I}{N}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta S I}{N} - \gamma I$$

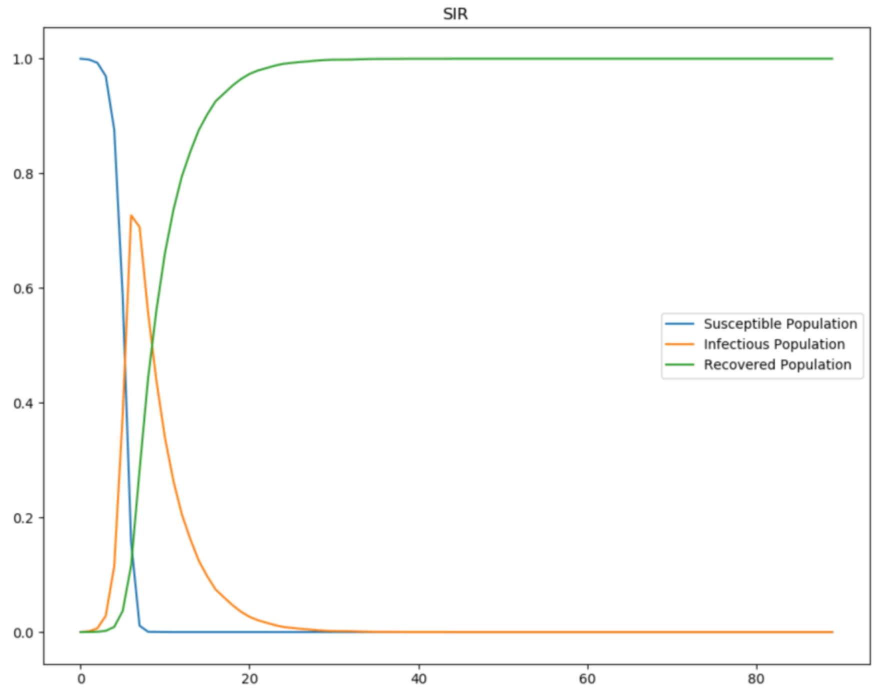
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

di mana N = S + I + Rtotal populasi.

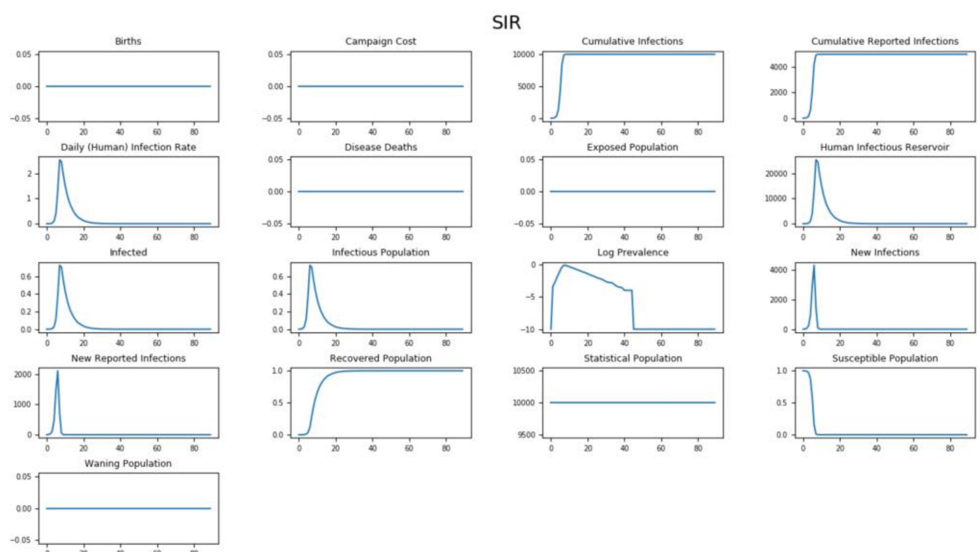
Dalam populasi tertutup tanpa dinamika vital, epidemi pada akhirnya akan mati karena jumlah individu yang rentan tidak cukup untuk mempertahankan penyakit. Orang yang terinfeksi yang ditambahkan kemudian tidak akan memulai epidemi lagi karena kekebalan seumur hidup dari populasi yang ada.

Dalam populasi tertutup tanpa dinamika vital, epidemi pada akhirnya akan mati karena jumlah individu yang rentan tidak cukup untuk mempertahankan penyakit. Orang yang terinfeksi yang ditambahkan kemudian tidak akan memulai epidemi lagi karena kekebalan seumur hidup dari populasi yang ada.

Grafik berikut menunjukkan bagan inset dan bagan untuk semua saluran dalam wabah SIR yang khas.



Gambar 1.2.2 Pertumbuhan infeksi dan penipisan populasi yang rentan dalam wabah SIR



Gambar 1.2.3 Semua saluran output untuk SIR tanpa dinamika vital

SIR dengan dinamika vital

Namun dalam populasi dengan dinamika vital, kelahiran baru dapat memberikan individu yang lebih rentan terhadap populasi, mempertahankan epidemi atau memungkinkan perkenalan baru menyebar ke seluruh populasi. Dalam populasi yang realistis seperti ini, dinamika penyakit akan mencapai kondisi mapan. Ini adalah kasus ketika penyakit endemik ke suatu daerah.

Biarkan μ dan νmewakili tingkat kelahiran dan kematian, masing-masing, untuk model. Untuk mempertahankan populasi yang konstan, asumsikan itu $\mu = \nu$. Dalam kondisi $\frac{dl}{dt}$= 0. ODE kemudian menjadi:

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \frac{\beta SI}{N} - \nu S$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I - \nu I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \nu R$$

di mana N = S + I + Rtotal populasi.

Model SIRS

Model SIRS mengasumsikan orang membawa kekebalan seumur hidup terhadap suatu penyakit setelah pemulihan; ini adalah kasus untuk berbagai penyakit. Untuk kelas lain dari penyakit yang ditularkan melalui udara, misalnya influenza musiman, kekebalan seseorang dapat berkurang dari waktu ke waktu. Dalam hal ini, model SIRS digunakan untuk memungkinkan individu pulih untuk kembali ke keadaan rentan.

SIRS tanpa dinamika vital

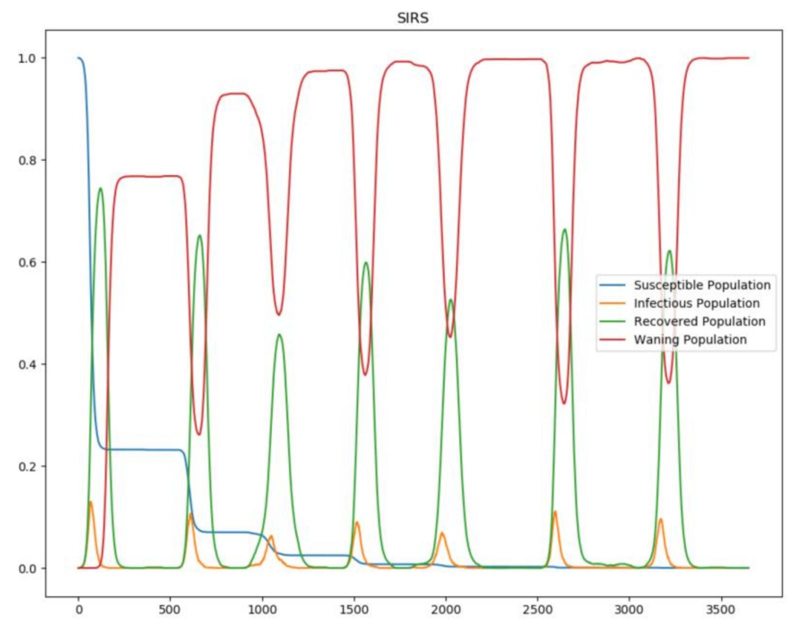
Jika ada cukup arus masuk ke populasi yang rentan, pada kesetimbangan dinamika akan berada dalam keadaan endemik dengan osilasi teredam. ODE kemudian menjadi:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta SI}{N} + \xi R$$
$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I$$
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \xi R$$

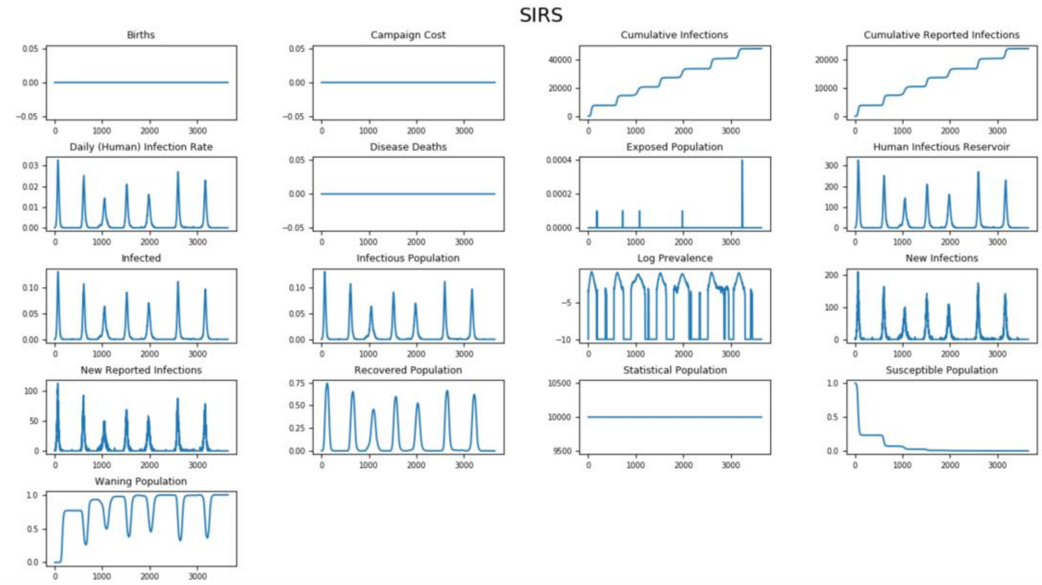
di mana N = S + I + Rtotal populasi.

EMOD mensimulasikan berkurangnya kekebalan oleh distribusi eksponensial yang tertunda. Individu tetap kebal untuk jangka waktu tertentu kemudian kekebalan berkurang setelah distribusi eksponensial.

Grafik di bawah ini menunjukkan osilasi teredam karena orang kehilangan kekebalan dan menjadi rentan lagi.



Gambar 1.2.4 Osilasi lembab dalam wabah SIRS



Gambar 4: Semua saluran output untuk SIRS tanpa dinamika vital

SIRS dengan dinamika vital

Anda juga dapat menambahkan dinamika vital ke model SIRS, di mana \ mudan \ nulagi mewakili angka kelahiran dan kematian, masing-masing. Untuk mempertahankan populasi yang konstan, asumsikan itu $\mu = \nu$. Dalam kondisi stabil $\frac{dl}{dt}$ = 0. ODE kemudian menjadi:

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \frac{\beta SI}{N} + \xi R - \nu S$$
$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma I - \nu I$$
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \xi R - \nu R$$

di mana N = S + I + Rtotal populasi.

BAB II

PEMBAHASAN

2.1 Data Persebaran COVID-19 di DKI Jakarta dan Jawa Tengah

Tanggal	New Case	New Recovered	Active	Total Case	Total Death	Total Recovered
04/21/20	167	49	2688	3279	305	286
04/22/20	120	5	2800	3399	308	291
04/23/20	107	1	2898	3506	316	292
04/24/20	99	35	2947	3605	331	327
04/25/20	76	7	2997	3681	350	334
04/26/20	65	4	3051	3746	357	338
04/27/20	86	0	3119	3832	375	338
04/28/20	118	3	3230	3950	379	341
04/29/20	83	71	3240	4033	381	412
04/30/20	105	0	3345	4138	381	412
05/01/20	145	15	3463	4283	393	427
05/02/20	72	135	3393	4355	400	562
05/03/20	62	60	3385	4417	410	622
05/04/20	55	28	3410	4472	412	650

05/05/20	169	61	3516	4641	414	711
05/06/20	68	2	3576	4709	420	713
05/07/20	66	5	3627	4775	430	718
05/08/20	126	45	3707	4901	431	763
05/09/20	57	4	3754	4958	437	767
05/10/20	182	36	3893	5140	444	803
05/11/20	55	33	3906	5195	453	836
05/12/20	108	426	3584	5303	457	1262
05/13/20	134	15	3699	5437	461	1277
05/14/20	180	2	3872	5617	466	1279
05/15/20	62	7	3919	5679	474	1286
05/16/20	106	6	4018	5785	475	1292
05/17/20	137	3	4149	5922	478	1295
05/18/20	74	6	4212	5996	483	1301

Tabel 2.1 Data Persebaran COVID-19 di DKI Jakarta

Sumber: https://corona.jakarta.go.id/id/data-pemantauan, 2020

Tanggal	New Case	New Recovered	New Death	Total Case	Total Recovered	Total Death
4/17/2020	5	3	2	142	51	42
4/18/2020	18	6	2	168	57	44
4/19/2020	6	2	1	177	59	45
4/20/2020	7	2	6	192	61	51
4/21/2020	17	1	3	213	62	54
4/22/2020	23	4	2	242	66	56
4/23/2020	21	6	3	272	72	59
4/24/2020	15	4	3	294	76	62
4/25/2020	21	9	2	326	85	64
4/26/2020	29	0	0	355	85	64
4/27/2020	12	10	2	379	95	66
4/28/2020	27	20	1	427	115	67
4/29/2020	18	8	3	456	123	70
4/30/2020	10	9	2	477	132	72
5/1/2020	11	7	0	495	139	72
5/2/2020	12	7	0	514	146	72

5/3/2020	2	8	1	525	154	73
5/4/2020	12	7	1	545	161	74
5/5/2020	25	20	0	590	181	74
5/6/2020	21	30	0	641	211	74
5/7/2020	4	25	2	672	236	76
5/8/2020	23	38	0	733	274	76
5/9/2020	16	52	2	803	326	78
5/10/2020	13	6	1	823	332	79
5/11/2020	7	33	0	863	365	79
5/12/2020	21	13	1	898	378	80
5/13/2020	27	16	1	942	394	81
5/14/2020	25	47	0	1014	441	81
5/15/2020	17	17	0	1048	458	81
5/16/2020	45	22	2	1117	480	83
5/17/2020	15	9	1	1142	489	84
5/18/2020	9	33	2	1186	522	86
5/19/2020	2	12	2	1202	534	88

Tabel 2.2 Data Persebaran COVID-19 di Jawa Tengah

Sumber: https://corona.jatengprov.go.id/data, 2020

2.2 Model Persamaan Diferensial yang biasa digunakan untuk persebaran penyakit (SIRS Model)

Menurut Resmawan tahun 2018, sebagai langkah pertama dalam proses pemodelan, kita mengidentifikasi variabel independen dan dependen. Variabel independen adalah waktu t, yang diukur dalam beberapa hari. Kita pertimbangkan dua kelompok variabel dependen yang berkaitan.

Kelompok variabel dependen pertama mewakili setiap kelompok populasi manusia, masing-masing dalam fungsi waktu yaitu:

S = S(t) mewakili proporsi individu rentan,

I = I(t) mewakili proporsi individu terinfeksi dan

R = R(t) mewakili proporsi individu yang pulih dari penyakit.

Kelompok variabel dependen selanjutnya mewakili hasil perbandingan dari masing-masing kategori populasi dengan total populasi. Dengan demikian, jika N adalah total populasi (Misal: 7.900.000), maka diperoleh

s(t) = S(t)/N mewakili banyaknya individu rentan,

i(t) = I(t)/N mewakili banyaknya individu terinfeksi dan

r(t) = R(t)/N mewakili banyaknya individu yang pulih dari penyakit.

Mungkin akan terlihat lebih alami untuk bekerja dengan jumlah populasi, namun beberapa perhitungan akan lebih sederhana jika digunakan nilai proporsi sebagai gantinya. Dua kelompok variabel dependen diatas saling proporsional satu sama lain, sehingga salah satu akan kita gunakan untuk memperoleh informasi terkait perkembangan penyakit.

Selanjutnya kita buat beberapa asumsi terkait tingkat perubahan variabel antara lain:

Tidak ada penambahan pada ke kelompok rentan, karena kita mengabaikan kelahiran dan imigrasi. Satu-satunya cara individu meninggalkan kelompok rentan adalah dengan berpindah ke kelompok terinfeksi.

Kita berasumsi bahwa laju perubahan S(t), tergantung pada jumlah individu rentan, jumlah individu terinfeksi, dan jumlah kontak antara individu rentan dengan individu terinfeksi.

Lebih khusus, kita berasumsi bahwa setiap individu yang terinfeksi memiliki jumlah kontak tetap b, per hari yang cukup untuk menyebarkan penyakit. Tidak semua kontak terjadi dengan individu rentan.

Jika kita berasumsi bahwa populasi bercampur secara homogen, maka proporsi kontak dengan individu rentan adalah s(t). Dengan demikian, rata-rata setiap individu yang terinfeksi menghasilkan b*s(t) individu terinfeksi baru per hari. [Dengan populasi rentan yang besar dan populasi terinfeksi yang relatif kecil, kita dapat mengabaikan situasi penghitungan yang rumit seperti individu rentan bertemu lebih dari satu individu terinfeksi pada hari tertentu].

Kita juga berasumsi bahwa ada proporsi tetap k dari kelompok individu terinfeksi yang akan pulih setiap hari tertentu. Misalnya, jika durasi rata-rata infeksi adalah tiga hari, maka rata-rata sepertiga dari populasi yang terinfeksi saat ini akan pulih pulih setiap harinya. (Untuk lebih jelasnya, yang kita maksud dengan "individu terinfeksi" adalah individu yang benar-benar "menular," yaitu individu yang mampu menyebarkan penyakit ke individu rentan. Individu yang telah "pulih" masih mungkin merasakan gejala penyakit, dan bahkan bisa jadi meninggal dunia kemudian akibat pneumonia).

Berdasarkan asumsi-asumsi ini, kita lihat apa yang dapat diketahui tentang turunan dari variabel dependen kita.

2.3 Model persamaan diferensial yang sesuai untuk kondisi data yang diperoleh adalah model SIRS dan SIR

Alasan memilih metode SIR dan SIR sesuai dengan kondisi data tersebut karena model SIR digunakan di mana individu menginfeksi satu sama lain secara langsung (bukan melalui vektor penyakit seperti nyamuk). Seseorang yang sembuh dari penyakit juga dimodelkan untuk memiliki kekebalan sempurna terhadap penyakit setelahnya. Kontak antar orang juga dimodelkan secara acak.

Tingkat orang yang terinfeksi sebanding dengan jumlah orang yang terinfeksi, dan jumlah orang yang rentan. Jika ada banyak orang yang terinfeksi, kemungkinan orang yang rentan untuk melakukan kontak dengan seseorang yang terinfeksi adalah tinggi. Demikian juga, jika ada sangat sedikit orang yang rentan, kemungkinan orang yang rentan terkena infeksi lebih rendah (karena sebagian besar kontak akan terjadi di antara orang yang tidak rentan - baik yang terinfeksi maupun yang resisten).

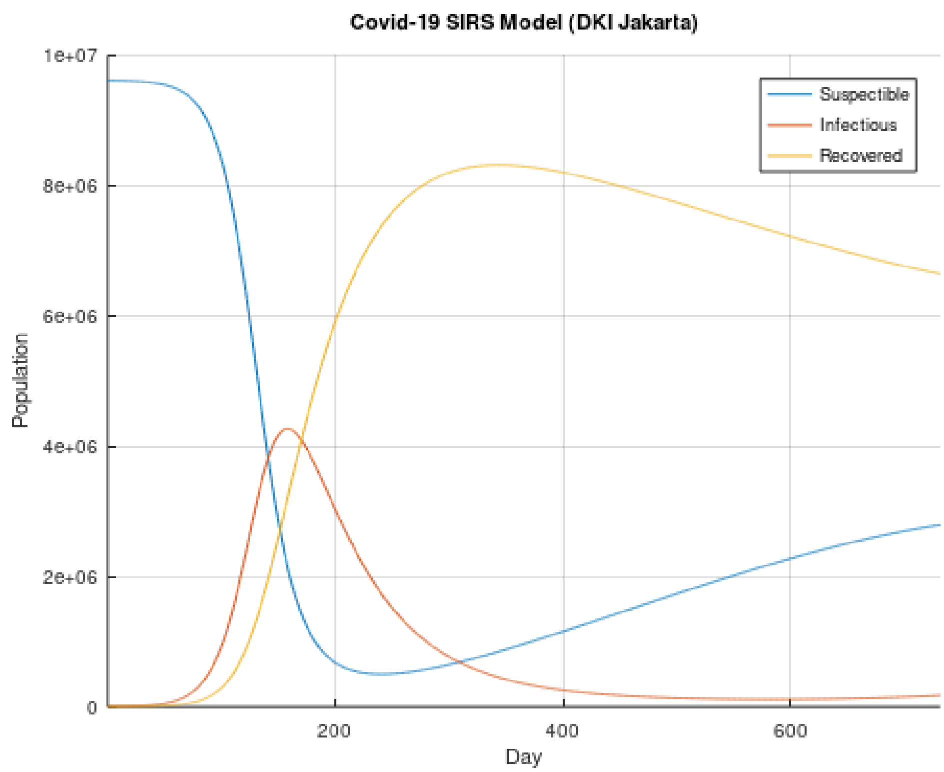
2.4 Prediksi untuk tiap unit waktu (sesuai data yang diperoleh) menggunakan model yang sudah didapatkan pada 2.3

DKI Jakarta

```
clc;
clear;


I_Real = [2688    2800  2898  2947  2997  3051  3119  3230  3240  3345
      3463  3393  3385  3410  3516  3576  3627  3707  3754  3893  3906
      3584  3699  3872  3919  4018  4149  4212]
R_Real = [286     291   292   327   334   338   338   341   412   412
      427   562   622   650   711   713   718   763   767   803   836
      1262  1277  1279  1286  1292  1295  1301]


S(1) = 9608000
I(1) = 2688
R(1) = 286

beta  = 0.0804
gamma = 0.0183
xi    = 0.001

DAY = 365*2

N = S(1) + I(1) + R(1)

for i=1:DAY
    dS_dt = -(beta*S(i)*I(i)) / N + xi*R(i);
    dI_dt = (beta*S(i)*I(i)) / N - gamma*I(i);
    dR_dt = gamma*I(i) - xi*R(i);

    S(i+1) = S(i) + dS_dt;
    I(i+1) = I(i) + dI_dt;
    R(i+1) = R(i) + dR_dt;
end

hold on
grid on

xlim([1 DAY+1])

plot(S)
plot(I)
plot(R)

title('Covid-19 SIRS Model (DKI Jakarta)')
xlabel('Day')
```

```
ylabel('Population')
legend('Suspectible','Infectious','Recovered')
```

Hasil pada Grafik untuk DKI Jakarta

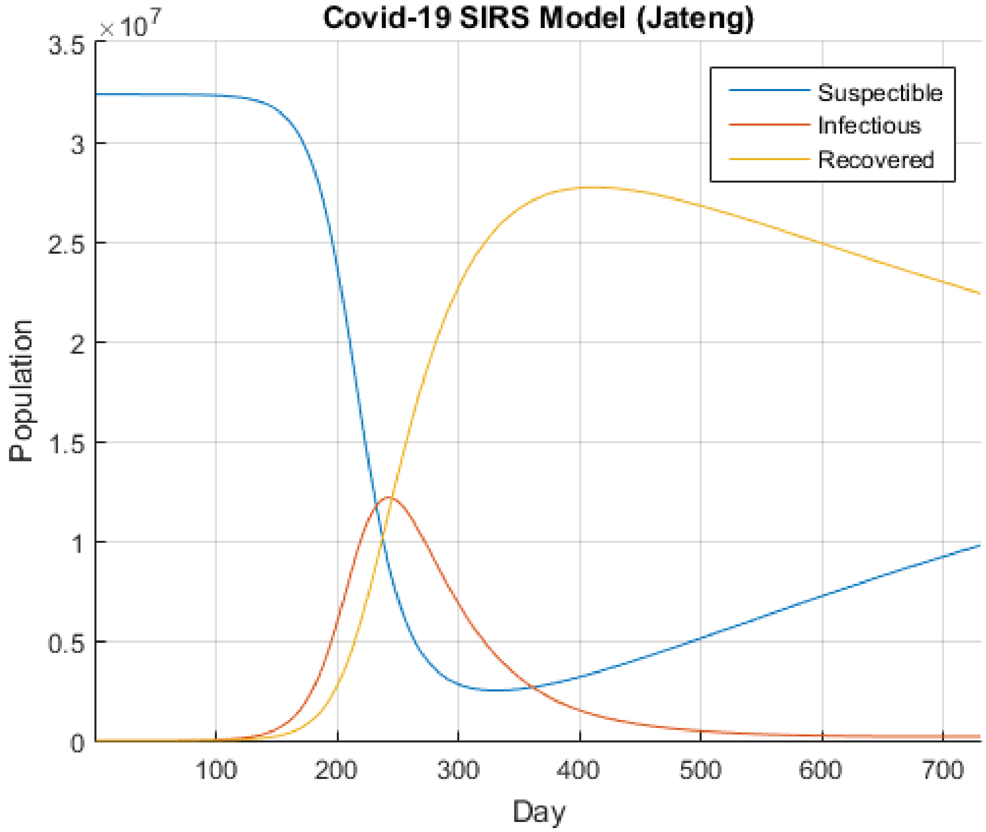


Jawa Tengah

```
clc;
clear;

I_Real = [142 168  177  192  213  242  272  294  326  355  379  427
456  477  495  514  525  545  590  641  672  733  803  823  863  898
942  1014  1048  1117  1142  1186  1202]
R_Real = [51 57  59  61  62  66  72  76  85  85  95  115  123  132
139  146  154  161  181  211  236  274  326  332  365  378  394  441
458  480  489  522  534]

S(1)  = 32380000
I(1)  = 168
R(1)  = 57

beta  = 0.0778244
gamma = 0.0214859
xi    = 0.001

DAY = 365*2

N = S(1) + I(1) + R(1)
```

```
for i=1:DAY
    dS_dt = -(beta*S(i)*I(i)) / N + xi*R(i);
    dI_dt = (beta*S(i)*I(i)) / N - gamma*I(i);
    dR_dt = gamma*I(i) - xi*R(i);

    S(i+1) = S(i) + dS_dt;
    I(i+1) = I(i) + dI_dt;
    R(i+1) = R(i) + dR_dt;
end

hold on
grid on

xlim([1 DAY+1])

plot(S)
plot(I)
plot(R)

title('Covid-19 SIRS Model (Jateng)')
xlabel('Day')
ylabel('Population')
legend('Suspectible','Infectious','Recovered')
```

Hasil pada Grafik untuk Jawa Tengah

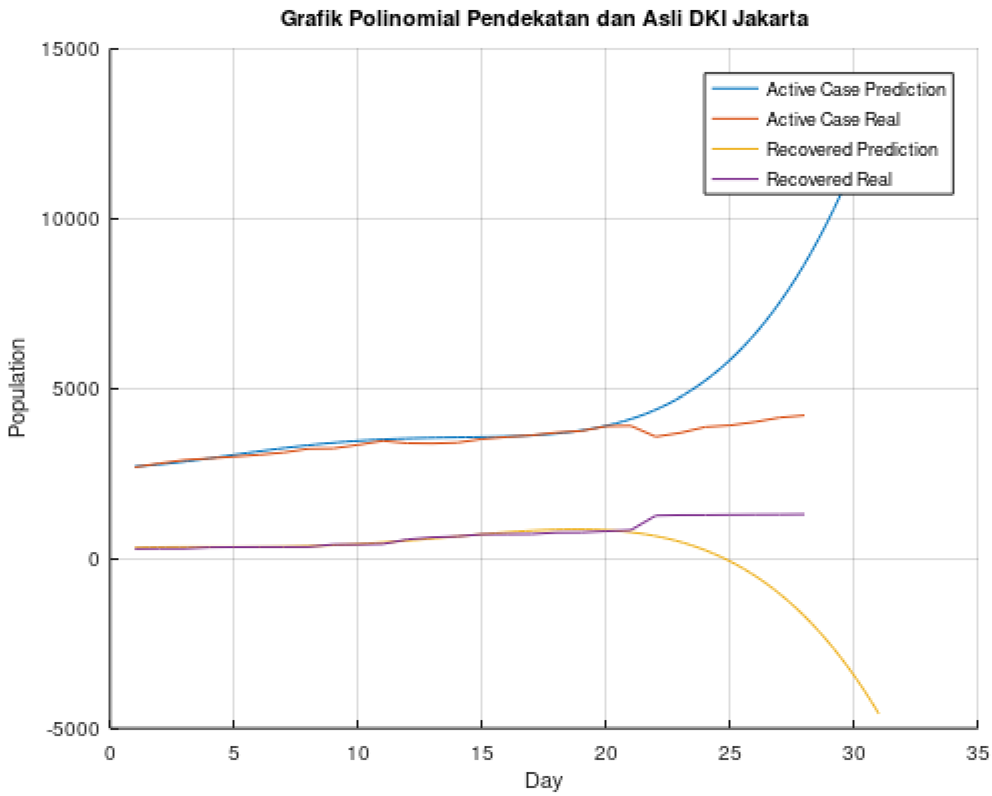


2.5 **Polinomial Menggunakan Data-Data Poin 2.1 dan Nomor 2.6 Gambar Grafiknya (Pendekatan dan Data Asli)**

DKI Jakarta 28 hari dari 21 April-18 Mei 2020

Pendekatan Polinomial untuk Kasus Aktif : 2688 + 72.6(x-0) + 0.98(x-0)(x-5) - 0.464(x-0)(x-5)(x-10) + 0.0576(x-0)(x-5)(x-10)(x-15)

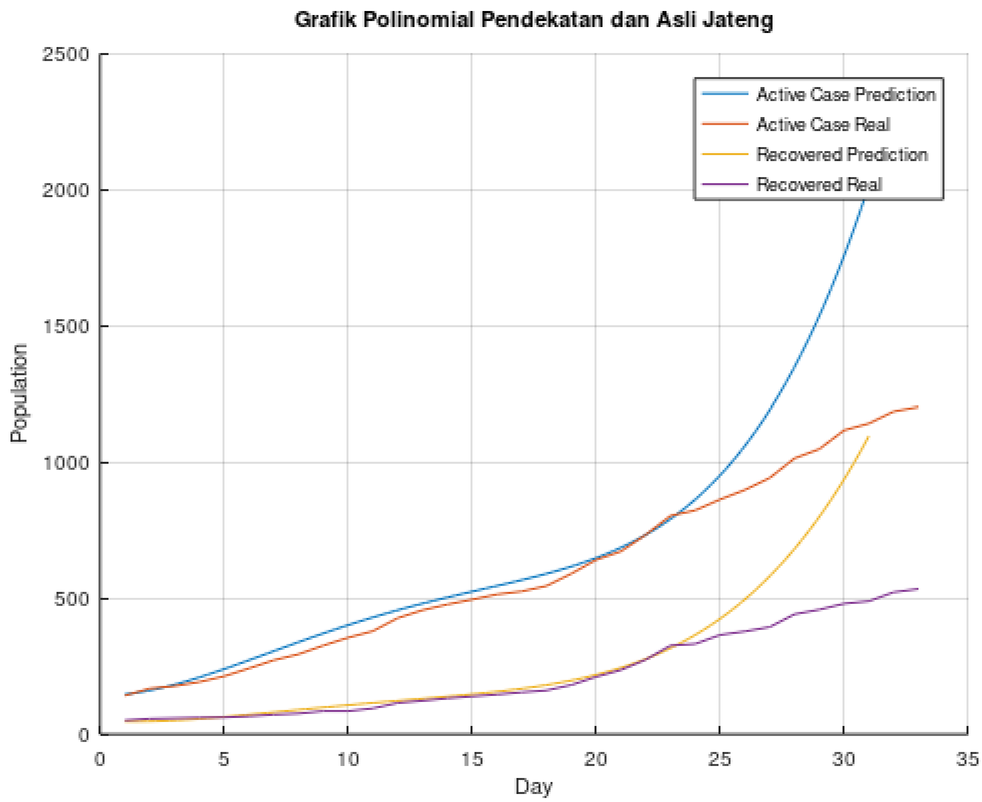
Pendekatan Polinomial untuk Kasus Recovered : 286 + 10.4(x-0) + 0.74(x-0)(x-5) + 0.21333(x-0)(x-5)(x-10) - 0.03467(x-0)(x-5)(x-10)(x-15)



Jawa Tengah 33 hari dari 17 April-19 Mei 2020

Pendekatan Polinomial untuk Kasus Aktif :142 + 21.667(x-0) + 0.75(x-0)(x-6) - 0.08025(x-0)(x-6)(x-12) + 0.00942(x-0)(x-6)(x-12)(x-18)

Pendekatan Polinomial untuk Kasus Recovered : 51 + 3.5(x-0) + 0.41667(x-0)(x-6) - 0.01775(x-0)(x-6)(x-12) + 0.00457(x-0)(x-6)(x-12)(x-18)

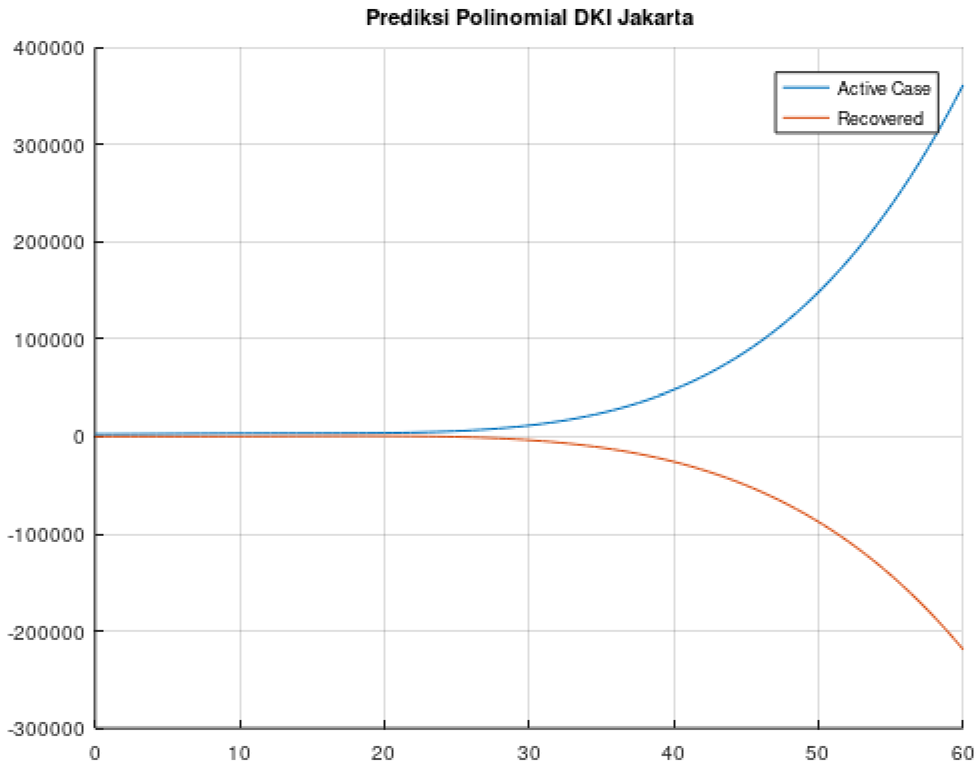


2.6 Prediksi dari Waktu ke Waktu dengan Polinomial

Prediksi DKI Jakarta dalam Jangka Waktu 60 hari

Pendekatan Polinomial untuk Kasus Aktif : 2688 + 72.6(x-0) + 0.98(x-0)(x-5) - 0.464(x-0)(x-5)(x-10) + 0.0576(x-0)(x-5)(x-10)(x-15)

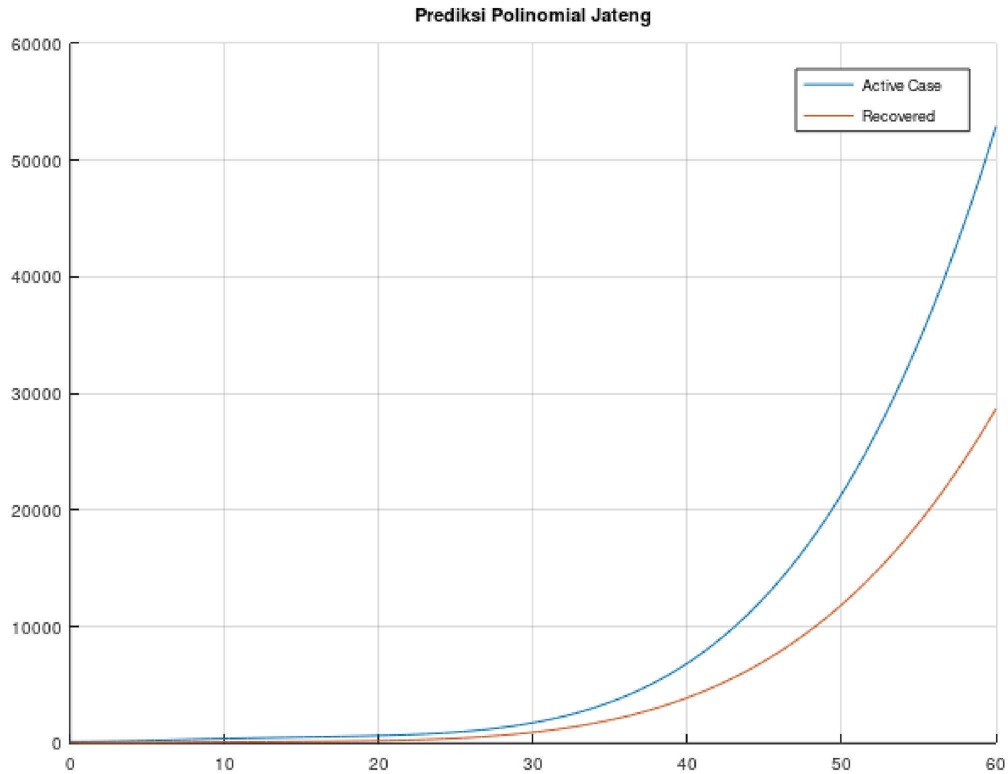
Pendekatan Polinomial untuk Kasus Recovered : 286 + 10.4(x-0) + 0.74(x-0)(x-5) + 0.21333(x-0)(x-5)(x-10) - 0.03467(x-0)(x-5)(x-10)(x-15)



Prediksi Jawa Tengah dalam Jangka Waktu 60 hari

Pendekatan Polinomial untuk Kasus Aktif :142 + 21.667(x-0) + 0.75(x-0)(x-6) - 0.08025(x-0)(x-6)(x-12) + 0.00942(x-0)(x-6)(x-12)(x-18)

Pendekatan Polinomial untuk Kasus Recovered : 51 + 3.5(x-0) + 0.41667(x-0)(x-6) - 0.01775(x-0)(x-6)(x-12) + 0.00457(x-0)(x-6)(x-12)(x-18)



BAB III
PENUTUP

3.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan SIR model kita dapat mengetahui tingkat penularan virus COVID-19 di DKI Jakarta dan Jawa Tengah. Berdasarkan grafik yang didapat dari pendekatan Polinomial Newton , virus COVID-19 yang ada di DKI Jakarta dan Jawa Tengah terus mengalami kenaikan yang signifikan baik dari kasus pasien positif COVID-19, pasien sembuh maupun pasien yang meninggal. Walaupun kasus virus COVID-19 ini terus bertambah, namun nilai dari kenaikan pasien sembuh lebih banyak dibandingkan pasien yang meninggal.

DAFTAR PUSTAKA

Jateng Tanggap Covid-19.(2020). *Sebaran Kasus COVID-19 di Jawa Tengah*. Dipetik 20 Mei 2020, dari https://corona.jatengprov.go.id/data.

Jakarta Tanggap Covid-19. (2020). *Data Pemantauan COVID-19 DKI JAKARTA*. Dipetik 20 Mei 2020, dari https://corona.jakarta.go.id/id/data-pemantauan.

Generic Model. (2020). *SIR and SIRS Models*. Dipetik 20 Mei 2020, dari https://idmod.org/docs/general/model-sir.html.

Resmawan. (2018). *Model SIR untuk Penyebaran Penyakit - Model Persamaan Diferensial*. Dipetik 20 Mei 2020, dari https://dosen.ung.ac.id/resmawan/home/2018/6/17/model-sir-untuk-penyebaran-penyakit-model-persamaan-diferensial.html.