

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

**JAWABAN**

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**

**PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**

**EULER**

Nama : Gilang Pratama Putra Siswanto

NIM : 1227030017

Prodi : Fisika (Angkatan 2022)

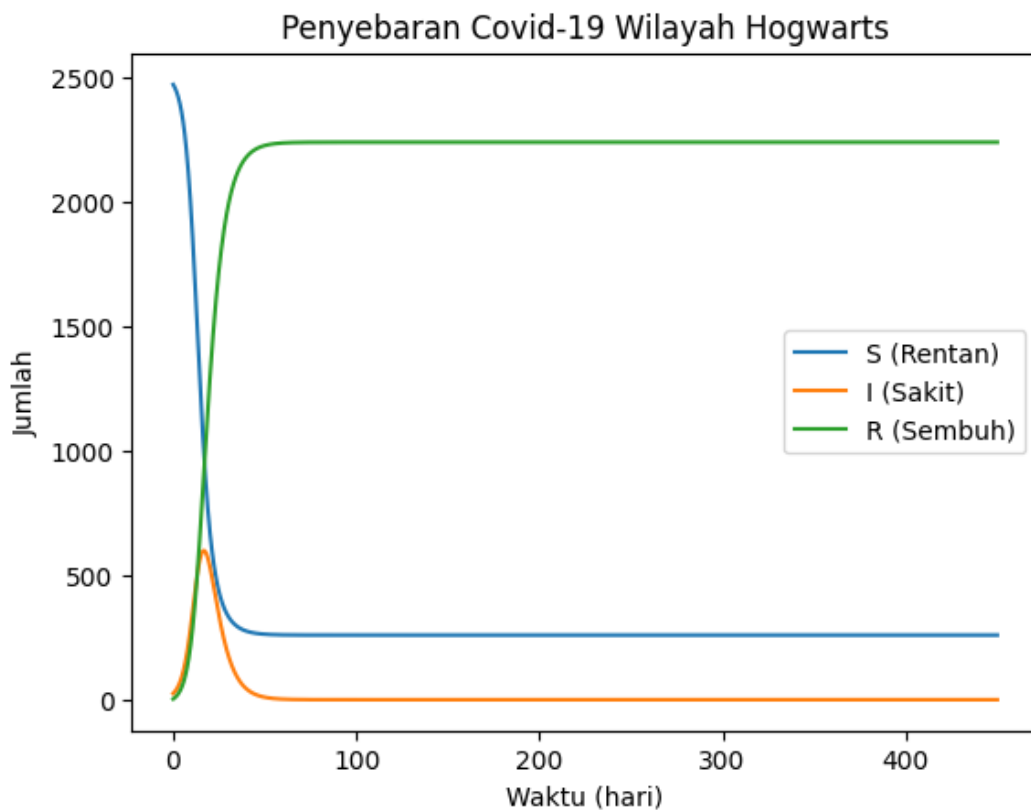
Kode Tugas : TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN  
METODE EULER

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

**BABAK 1 – GRAFIK PENYEBARAN VIRUS COVID-19 WILAYAH**  
**HOGWARTS SELAMA 450 HARI**

Grafik penyebaran virus Covid-19 terhadap 2500 penduduk wilayah Hogwarts dalam rentang waktu 450 hari, dengan laju penularan sebesar 0.5 dan laju pemulihan sebesar 0.2, penduduk terinfeksi di hari pertama sebanyak 25 orang dan jumlah penduduk sembuh pada hari pertama sebanyak 3 orang menggunakan metode Euler disajikan dalam grafik sebagai berikut.

**Gambar 1 – Grafik Penyebaran Virus Covid-19 Wilayah Hogwarts**  
**Rentang Waktu 450 Hari**

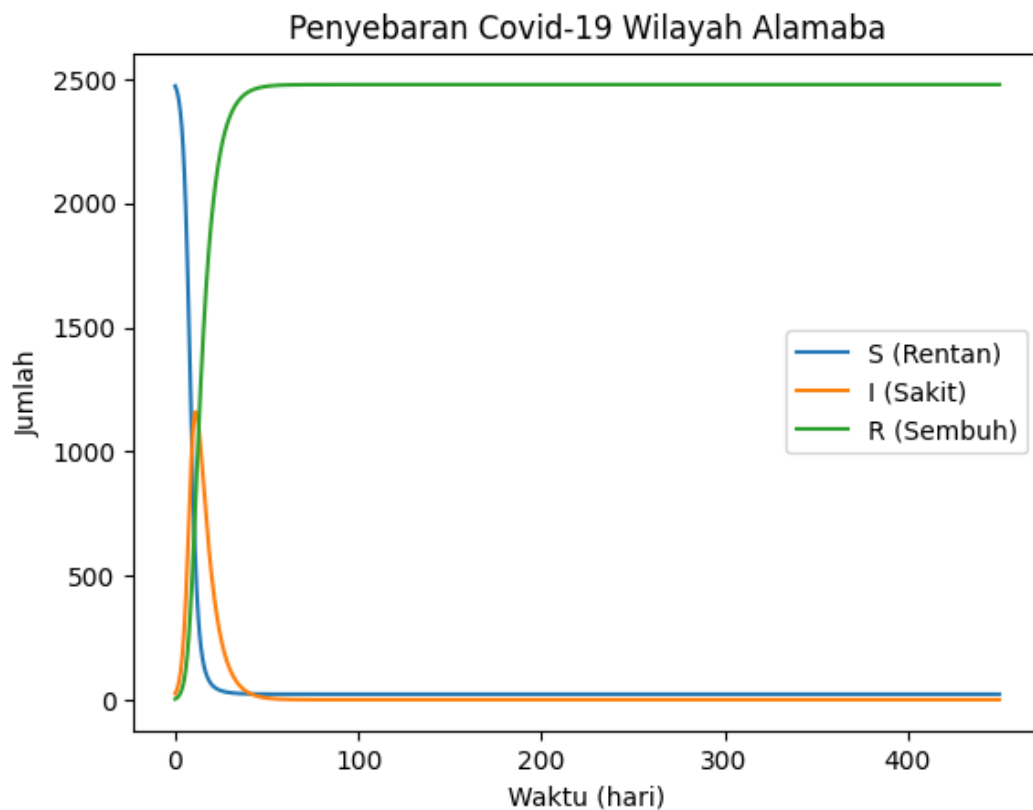


**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

**BABAK 2 – GRAFIK PENYEBARAN VIRUS COVID-19 WILAYAH**  
**ALAMABA SELAMA 450 HARI**

Grafik penyebaran virus Covid-19 terhadap 2500 penduduk wilayah Alamaba dalam rentang waktu 450 hari, dengan laju penularan sebesar 0.7 dan laju pemulihan sebesar 0.15, penduduk terinfeksi di hari pertama adalah sama yaitu sebanyak 25 orang dan jumlah penduduk sembuh pada hari pertama sebanyak 3 orang menggunakan metode Euler disajikan dalam grafik sebagai berikut.

**Gambar 2 – Grafik Penyebaran Virus Covid-19 Wilayah Alamaba**  
**Rentang Waktu 450 Hari**



**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

**BABAK 3 – ANALISIS GRAFIK PENYEBARAN COVID-19 WILAYAH**  
**HOGWARTS DAN ALAMABA**

**Gambar 1** menampilkan grafik penyebaran Virus Covid-19 di wilayah Hogwarts dengan jumlah populasi di wilayah tersebut adalah 2500 jiwa, dimana terkonfirmasi 25 penduduk terinfeksi virus di hari pertama virus terdeteksi di wilayah tersebut, dan 3 penduduk terkonfirmasi sembuh pada hari yang sama. Diidentifikasi bahwa laju penularan  $\beta$  virus bernilai 0.5 dan laju pemulihannya adalah 0.2. Pada hari pertama ( $t=0$ ) hingga rentang hari ke-25, jumlah penduduk yang rentan terpapar virus dari 2500 jiwa turun secara eksponensial hingga 1000 jiwa. Hal ini turut berimplikasi dengan penduduk terinfeksi virus yang meningkat drastis menjadi 550 jiwa pada hari yang sama. Adapun penduduk yang sembuh serta kebal dari penyakit turut meningkat secara eksponensial hingga 900 jiwa. Hal ini dapat diidentifikasi dengan melakukan pendekatan model penyebaran penyakit SIR (*susceptible, infected, dan recovered*) menggunakan metode Euler. Dalam pengukuran jumlah penduduk rentan seiring pergantian hari, jumlah penduduk rentan terkena penyebaran virus berkurang seiring dengan semakin bertambahnya hari, dengan pengaruh terhadap seberapa besar laju penularan, seberapa banyak penduduk rentan dan penduduk terinfeksi. Semakin tinggi penduduk yang rentan terkena infeksi dan penduduk yang terinfeksi, maka semakin besar penurunan masyarakat rentan terkena virus. Hal ini berimplikasi terhadap semakin banyaknya penduduk yang terkena penyebaran virus dan/atau kebal terhadap virus. Peningkatan penyebaran penduduk yang terinfeksi ini dipengaruhi oleh pengaruh laju penyebaran yang dipengaruhi oleh banyaknya angka penduduk rentan terpapar virus. Namun, peningkatan penduduk terinfeksi ini dapat teratasi seiring banyaknya penduduk yang sembuh dan resisten terhadap virus, dimana ia dipengaruhi oleh adanya pengaruh laju penyembuhan. Kemudian, peningkatan jumlah penduduk ini turut dapat dicapai dengan pengaruh laju penyembuhan seiring bertambahnya waktu. Pada rentang hari ke-30, dapat teramati bahwa sejak hari ke-25 jumlah penduduk terinfeksi kembali menurun secara drastis hingga tidak ada satupun penduduk terinfeksi virus. Pada rentang hari yang sama, jumlah penduduk yang rentan untuk terpapar virus ini menurun secara drastis meski masih menyisakan

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

penduduk yang berpotensi terpapar virus sekitar 400 jiwa. Pada hari yang sama, penduduk yang sembuh serta kebal terhadap virus ini terkonfirmasi meningkat sangat drastis hingga hampir seluruh penduduk, yaitu mencapai sekitar 2250 jiwa. Pada rentang hari ke-100 hingga hari ke-450, terkonfirmasi tidak ada perubahan kondisi penduduk yang terpapar virus, penduduk yang sembuh atau kebal, serta penduduk yang masih rentan untuk terpapar virus. Hal ini perlu adanya mitigasi dari pihak kesehatan wilayah Hogwarts untuk meningkatkan adaptasi daripada penyebaran virus lanjutan, serta melakukan tindakan preventif sehingga masyarakat yang rentan terpapar virus dapat resisten dari virus tersebut bahkan dalam kondisi yang memungkinkan untuk virus bermutasi.

**Gambar 2** menunjukkan grafik penyebaran Virus Covid-19 di Alamaba, dengan populasi sebesar 2500 jiwa. Pada hari pertama virus terdeteksi, tercatat ada 25 penduduk yang terinfeksi, sementara 3 penduduk sudah sembuh sama seperti wilayah Hogwarts. Diketahui bahwa laju penularan virus ( $\beta$ ) bernilai 0.7 dan laju pemulihannya ( $\gamma$ ) adalah 0.15. Dari hari pertama ( $t=0$ ) hingga hari ke-25, jumlah penduduk yang rentan terpapar virus mengalami penurunan eksponensial hampir menyentuh seluruh penduduk. Pada saat yang sama, jumlah penduduk yang terinfeksi meningkat tajam hingga sekitar 1100 jiwa, sementara jumlah penduduk yang sembuh dan kebal terhadap penyakit bertambah secara signifikan hingga mencapai sekitar 1000 jiwa. Perubahan ini dapat dipahami melalui model penyebaran penyakit SIR (*susceptible, infected, recovered*) menggunakan metode Euler. Dalam model ini, jumlah penduduk rentan menurun seiring waktu karena penularan virus bergantung pada laju infeksi dan jumlah penduduk rentan dan terinfeksi. Semakin banyak penduduk yang rentan dan terinfeksi, semakin cepat jumlah penduduk rentan berkurang. Akibatnya, jumlah penduduk yang terinfeksi meningkat, tetapi kemudian diimbangi oleh semakin banyaknya penduduk yang sembuh dan kebal terhadap virus, yang dipengaruhi oleh laju pemulihan. Setelah puncak di hari ke-25, jumlah penduduk terinfeksi menurun drastis hingga tidak ada lagi penduduk yang terinfeksi. Pada waktu yang sama, jumlah penduduk rentan juga menurun tajam, menyisakan hingga tidak ada masyarakat yang rentan terkena virus. Di sisi lain, jumlah penduduk yang sembuh dan kebal terhadap virus meningkat

## **PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**

### **TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE EULER**

pesat hingga seluruh populasi, yaitu sekitar 2500 jiwa. Selama periode dari hari ke-50 hingga hari ke-450, tidak ada perubahan pada jumlah penduduk yang terinfeksi, sembuh, maupun yang rentan. Wilayah Alamaba dinilai lebih efektif dan lebih efisien dalam adaptasi penyebaran virus. Hal ini dapat diamati pada angka kenaikan penduduk yang sembuh dan kebal dari virus serta penanganan penduduk terinfeksi yang cukup cepat.

#### **BABAK 4 – ALGORITMA PEMROGRAMAN**

Kode program yang digunakan Dalam mengimplementasikan metode Euler Dalam model SIR penyebaran virus Covid-19 pada wilayah Hogwarts maupun Alamaba disajikan dalam tabulasi sebagai berikut.

```
#Nama      : Gilang Pratama Putra Siswanto
#NIM       : 1227030017

# Tugas 5 - Praktikum Fisika Komputasi - Model SIR Metode
Euler

#Wilayah Hogwarts (Wingardium Leviosa)

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

t0 = 0 # waktu awal (t=0)
tn = 450 # penyebaran dalam waktu 450 hari
ndata = 2500 # jumlah data (samakan dengan penduduk)
t = np.linspace(t0, tn, ndata)
h = t[2] - t[1]

N = 2500 # jumlah populasi
I0 = 25 # jumlah awal individu terinfeksi (dingin, tetapi
tidak kejam)
R0 = 3 # jumlah awal individu sembuh (aku sehat)
S0 = N - I0 - R0 # jumlah awal individu rentan (tetap
waspada)

I = np.zeros(ndata)
S = np.zeros(ndata)
```

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

```
R = np.zeros(ndata)

I[0] = I0 # jumlah awal individu terinfeksi (lekas sembuh)
S[0] = S0 # jumlah awal individu rentan (hati-hati, tetap waspada)
R[0] = R0 # jumlah awal individu sehat (kamu kuat)

beta = 0.5 # laju penularan
gamma = 0.2 # laju pemulihan

for n in range(0, ndata-1):
    S[n+1] = S[n] - h*beta/N*S[n]*I[n]
    I[n+1] = I[n] + h*beta/N*S[n]*I[n] - h*gamma*I[n]
    R[n+1] = R[n] + h*gamma*I[n]

plt.plot(t, S, label='S (Rentan)')
plt.plot(t, I, label='I (Sakit)')
plt.plot(t, R, label='R (Sembuh)')
plt.xlabel('Waktu (hari)')
plt.ylabel('Jumlah')
plt.title('Penyebaran Covid-19 Wilayah Hogwarts')
plt.legend()
plt.show()
```

```
#Nama : Gilang Pratama Putra Siswanto
#NIM : 1227030017

# Tugas 5 - Praktikum Fisika Komputasi - Model SIR Metode Euler

#Wilayah Alamaba (Home Sweet Home)

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

t0 = 0 # waktu awal (t=0)
tn = 450 # penyebaran dalam waktu 450 hari
ndata = 2500 # jumlah data (samakan dengan penduduk)
t = np.linspace(t0, tn, ndata)
h = t[2] - t[1]

N = 2500 # jumlah populasi
I0 = 25 # jumlah awal individu terinfeksi (dingin, tetapi tidak kejam)
```

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

```
R0 = 3 # jumlah awal individu sembuh (aku sehat)
S0 = N - I0 - R0 # jumlah awal individu rentan (tetap
waspada)

I = np.zeros(ndata)
S = np.zeros(ndata)
R = np.zeros(ndata)

I[0] = I0 # jumlah awal individu terinfeksi (lekas sembuh)
S[0] = S0 # jumlah awal individu rentan (hati-hati, tetap
waspada)
R[0] = R0 # jumlah awal individu sehat (kamu kuat)

beta = 0.7 # laju penularan
gamma = 0.15 # laju pemulihan

for n in range(0, ndata-1):
    S[n+1] = S[n] - h*beta/N*S[n]*I[n]
    I[n+1] = I[n] + h*beta/N*S[n]*I[n] - h*gamma*I[n]
    R[n+1] = R[n] + h*gamma*I[n]

plt.plot(t, S, label='S (Rentan)')
plt.plot(t, I, label='I (Sakit)')
plt.plot(t, R, label='R (Sembuh)')
plt.xlabel('Waktu (hari)')
plt.ylabel('Jumlah')
plt.title('Penyebaran Covid-19 Wilayah Alamaba')
plt.legend()
plt.show()
```

Tahapan pertama yang diinisiasi yaitu adalah menggunakan pustaka ‘numpy’ untuk menggunakan fungsi matematis seperti ‘np.linspace’ dan ‘np.zeros’ serta pustaka ‘matplotlib’ untuk melakukan *plotting* grafik dari data yang diperoleh. Tahapan selanjutnya yaitu inisiasi waktu awal  $t_0$  dimana waktu awal untuk keduanya yaitu ditentukan dengan nilai 0. Selain itu, ditentukan waktu akhir ( $t_n$ ) yaitu 450 hari. Ditentukan ndata sebesar 2500 merepresentasikan jumlah data yang akan diuji dalam *plotting* dimana jumlahnya direkomendasikan untuk memiliki nilai yang sama dengan nilai populasi/penduduk agar hasil *plotting* lebih baik.



**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

Untuk *plotting* waktu dari  $t_0$  hingga  $t_n$ , maka digunakan fungsi ‘np.linspace’ untuk membuat barisan angka dari batas awal 0 hingga akhir 450 dengan jumlah data antara dua batas tersebut ditentukan sebesar 2500 data. Selain itu, didefinisikan  $h$  sebagai selisih waktu  $n$  data dikurangi waktu  $n-1$  data. Untuk membuat urutan data (*array*) dari nilai  $I$  (terinfeksi),  $S$  (rentan), dan  $R$  (sembuh/kebal), maka digunakan fungsi ‘np.zeros’ dimana data ketiga tersebut dihitung dan kemudian akan *diplotting* sesuai dengan jumlah data yang ditentukan. Selanjutnya, didefinisikan nilai  $I$ ,  $S$ , dan  $R$  awal sebagai  $I_0$ ,  $S_0$ , dan  $R_0$  serta didefinisikan nilai laju penularan sebagai  $\beta$  dan laju penyembuhan sebagai  $\gamma$  dengan nilai keduanya menyesuaikan soal 1 dan 2. Selanjutnya, digunakan persamaan (solusi) dari metode Euler untuk mencari nilai  $I$ ,  $S$ , dan  $R$  dengan mengikuti persamaan berikut.

- Untuk  $S_{n+1}$  (jumlah individu rentan)

$$S_{n+1} = S_n - h \cdot \frac{\beta}{N} S_n \cdot I_n$$

- Untuk  $I_{n+1}$  (jumlah individu terinfeksi)

$$I_{n+1} = I_n + h \cdot \frac{\beta}{N} S_n \cdot I_n - h \cdot \gamma \cdot I_n$$

- Untuk  $R_n$  (jumlah individu sembuh)

$$R_n = R_n + h \cdot \gamma \cdot I_n$$

Adapun fungsi atau algoritma pemrograman yang disusun kemudian disusun sebagai berikut.

```
for n in range(0, ndata-1):  
    S[n+1] = S[n] - h*beta/N*S[n]*I[n]  
    I[n+1] = I[n] + h*beta/N*S[n]*I[n] - h*gamma*I[n]  
    R[n+1] = R[n] + h*gamma*I[n]
```

dengan  $n$  dihitung dari batas awal 0 hingga jumlah data – 1.

Selanjutnya, digunakan fungsi dari ‘matplotlib’ untuk *plotting* data yaitu ‘plt.plot’ pada ketiga nilai ( $I$ ,  $S$ , dan  $R$ ) dalam satu *plot* yang sama, dimana sumbu  $x$  yaitu parameter waktu ( $t$ ), dan sumbu  $y$  yaitu jumlah penduduk rentan ( $S$ ), jumlah

**PRAKTIKUM FISIKA KOMPUTASI**  
**TUGAS 5 – PENYELESAIAN MODEL SIR MENGGUNAKAN METODE**  
**EULER**

penduduk terinfeksi (I), dan jumlah penduduk sembuh (R) dan diberi label untuk masing-masing *plot*. Warna pada masing-masing *plotting* otomatis memiliki warna berbeda dimana Python menetapkan warna *default* yaitu warna biru untuk kurva  $S(t)$ , warna jingga untuk kurva  $I(t)$ , dan warna hijau untuk kurva  $R(t)$ . Diberi judul untuk sumbu x yaitu 'Waktu (hari)' dan judul untuk sumbu y adalah 'Jumlah' serta diberi judul untuk masing-masing grafik menyesuaikan wilayah yang *diplotting*. Digunakan fungsi '`plt.legend()`' untuk dapat menampilkan legenda dari grafik yang dihasilkan, dan tahapan akhir yang penting dilakukan adalah menggunakan fungsi '`plt.show()`' untuk dapat menampilkan grafik.