

Tugas 4 Pemodelan Matematika

a. Membuat kodingan python model SEIR

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import odeint

# Parameter model
beta = 0.3      # laju infeksi
gamma = 0.1     # laju pemulihan (1/gamma = 10 hari)
N = 1000        # total populasi
sigma = 0.01    # laju kematian

# Kondisi awal
S0 = N-50      # Semua individu rentan kecuali 1 terpapar dan 1 terinfeksi
E0 = 32        # Individu yang terpapar pada awalnya
I0 = 18        # Individu terinfeksi pada
R0 = 0         # Tidak ada yang sembuh pada awalnya

# WAKTU SIMULASI (DALAM HARI)
t = np.linspace(0, 500, 500) # simulasi selama 160 hari

# model SIR
def sir_model(y, t, N, beta, gamma, sigma):
    S, E, I, R = y
    dSdt = - (beta * S * I / N)
    dEdt = (beta * S * I / N) - sigma * E
    dIdt = sigma * E - gamma * I
    dRdt = gamma * I
    return [dSdt, dEdt, dIdt, dRdt]

# Menyelesaikan sistem persamaan diferensial
y0 = [S0, E0, I0, R0]
solution = odeint(sir_model, y0, t, args=(N, beta, gamma, sigma))
S, E, I, R = solution.T

# Plot hasil simulasi
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(t, S, label='Susceptible', color='blue')
plt.plot(t, E, label='Exposed', color='orange')
plt.plot(t, I, label='Infected', color='red')
plt.plot(t, R, label='Recovered', color='green')
plt.xlabel('Hari')
plt.ylabel('Jumlah Individu')
plt.title('Simulasi Model SEIR', color='purple')
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()
```

b. Membuat model SEIR dengan melibatkan angka kelahiran dan kematian.

Identifikasi masalah penyakit campak dengan laju penularan nonlinier incidence rate

Campak adalah penyakit menular dan masih sering muncul dalam bentuk wabah. Menurut jurnal penyakit ini bisa menyebabkan komplikasi serius termasuk peradangan otak dan gangguan pernapasan, bahkan kematian. Model SEIR standar biasanya menggunakan laju penularan bilinear (βSI) yang mengasumsikan bahwa semakin banyak individu yang terinfeksi maka semakin tinggi pula laju penularannya. Pada kenyataannya, respons masyarakat terhadap penyakit ini bisa mengurangi penularan (kesadaran akan vaksinasi dan isolasi mandiri). Oleh karena itu model ini menggunakan laju penularan nonlinier ($\frac{\beta S^2 I}{N^2}$).

Persamaan model:

$$\frac{dS}{dt} = bN - \frac{\beta S^2 I}{N^2} - \mu S$$

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \frac{\beta S^2 I}{N^2} - \delta E - \mu E \\ \frac{dI}{dt} &= \delta E - \gamma I - \mu I - \alpha I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - \mu R\end{aligned}$$

Parameter yang digunakan:

$$\begin{aligned}b &= \text{laju kelahiran} \\ \mu &= \text{laju kematian alami} \\ \beta &= \text{laju penularan} \\ \delta &= \text{laju infeksi dari } E \text{ ke } I \\ \gamma &= \text{laju kesembuhan} \\ \alpha &= \text{laju kematian akibat penyakit} \\ N &= \text{jumlah populasi} \\ S(t) &= \text{jumlah individu susceptible} \\ E(t) &= \text{jumlah individu exposed} \\ I(t) &= \text{jumlah individu infected} \\ R(t) &= \text{jumlah individu recovery}\end{aligned}$$

Dalam model SEIR penyakit campak dengan nonlinier incidence rate, terdapat dua titik ekuilibrium karena sistem epidemiologi memiliki dua kemungkinan hasil jangka panjang yaitu titik ekuilibrium bebas penyakit dan endemik.