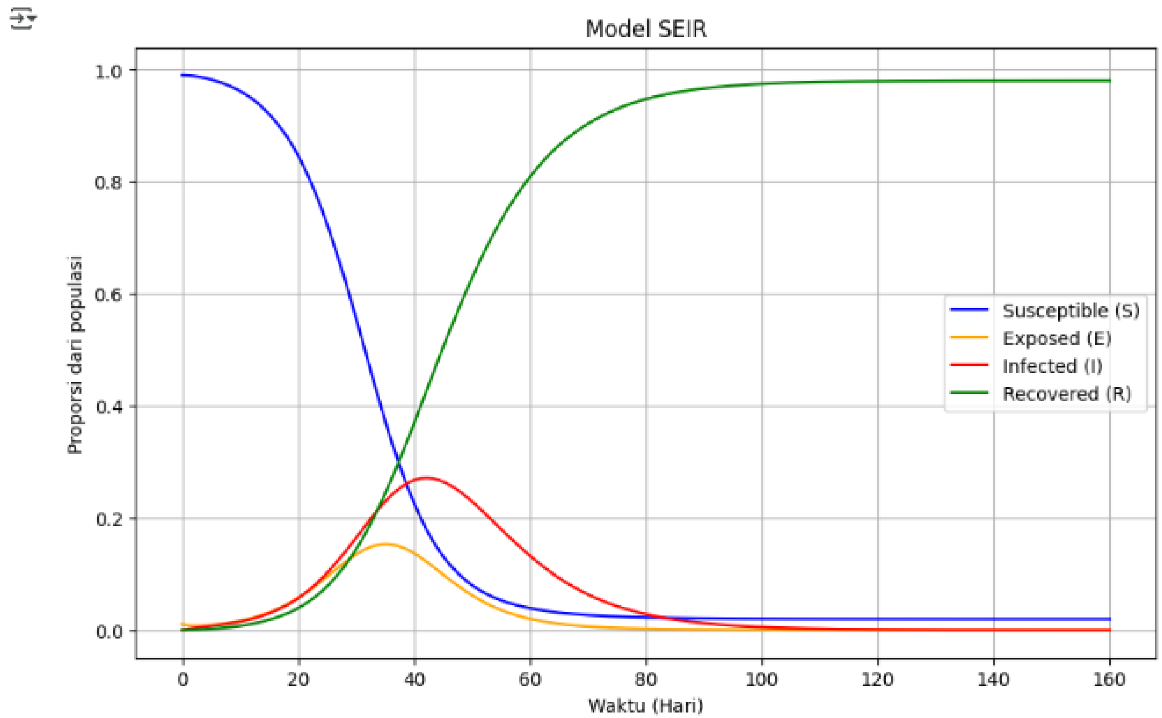
Username Github : GloriaLiwulanga1508

a. Buat codingan dari model SEIR

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

# Definisikan parameter
beta = 0.4  # Laju penularan (probabilitas kontak yang mengarah pada infeksi)
sigma = 1/4.5  # Laju perubahan dari terpapar ke terinfeksi (1/latensi)
gamma = 1/10  # Laju pemulihan (1/masa pemulihan)

# Definisikan fungsi sistem persamaan diferensial untuk SEIR
def model_SEIR(y, t, beta, sigma, gamma):
    S, E, I, R = y
    dSdt = -beta * S * I  # Perubahan jumlah orang rentan
    dEdt = beta * S * I - sigma * E  # Perubahan jumlah orang yang terpapar
    dIdt = sigma * E - gamma * I  # Perubahan jumlah orang yang terinfeksi
    dRdt = gamma * I  # Perubahan jumlah orang yang sembuh
    return [dSdt, dEdt, dIdt, dRdt]

# Kondisi awal
S0 = 0.99  # Proporsi populasi yang rentan (99%)
E0 = 0.01  # Proporsi populasi yang terpapar (1%)
I0 = 0.0   # Proporsi populasi yang terinfeksi (0%)
R0 = 0.0   # Proporsi populasi yang pulih (0%)

# Waktu simulasi (dalam hari)
t = np.linspace(0, 160, 160)  # 160 hari

# Solusi ODE
result = odeint(model_SEIR, [S0, E0, I0, R0], t, args=(beta, sigma, gamma))

# Ambil hasil S, E, I, R dari hasil integrasi
S, E, I, R = result.T

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



Interpretasi hasil :

Dari grafik diatas menunjukkan sebagai berikut :

1. **Kurva S(t) (Susceptible - Biru)**

- Awalnya, hampir seluruh populasi rentan (S = 99%).
- Seiring waktu, jumlah individu rentan menurun karena mereka terpapar dan kemudian terinfeksi.

2. **Kurva E(t) (Exposed - Oranye)**

- Populasi yang terpapar meningkat pada awalnya karena individu dari kelompok rentan mulai terkena penyakit.
- Setelah mencapai puncak, jumlahnya menurun karena individu yang terpapar mulai menjadi terinfeksi.

3. **Kurva I(t) (Infected - Merah)**

- Jumlah individu yang terinfeksi mulai dari 0, lalu meningkat seiring waktu.
- Puncak infeksi terjadi setelah beberapa waktu, menunjukkan periode ketika jumlah kasus aktif tertinggi.
- Setelah itu, infeksi mulai menurun karena individu mulai pulih.

4. **Kurva R(t) (Recovered - Hijau)**

- Populasi yang pulih mulai dari 0 dan terus meningkat.
- Akhirnya, sebagian besar populasi akan berada di kategori ini, menunjukkan bahwa mereka telah sembuh dan kemungkinan memiliki kekebalan.

Kesimpulannya model ini menggambarkan dinamika penyebaran penyakit di mana awalnya hampir seluruh populasi rentan. Seiring waktu, semakin banyak orang terpapar, terinfeksi, dan akhirnya pulih. Dengan parameter yang diberikan, infeksi menyebar cukup cepat tetapi akhirnya mereda karena pemulihan.

b. Membuat model SEIR dengan menambahkan parameter kelahiran dan kematian

I. Identifikasi Masalah :

Penyakit tifus adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*. Penyakit ini menyebar melalui makanan atau air yang terkontaminasi.

Pertanyaan :

- Bagaimana kelahiran dan kematian memengaruhi penyebaran tifus?
- Bagaimana menentukan kondisi kestabilan penyakit dalam populasi?
- Bagaimana menentukan bilangan reproduksi dasar (R0) untuk melihat apakah penyakit akan menyebar atau menghilang?

II. Membuat asumsi

1. Populasi terbagi menjadi empat kelompok:
   - $S(t)$: Individu rentan yang bisa terinfeksi.
   - $E(t)$: Individu terpapar (terinfeksi tetapi belum menularkan).
   - $I(t)$: Individu terinfeksi yang dapat menularkan penyakit.
   - $R(t)$: Individu sembuh dan kebal dari tifus.
2. Kelahiran (α) menambah populasi ke kelompok rentan (S).
3. Kematian alami (μ) terjadi pada semua individu dalam populasi.
4. Penyebaran penyakit terjadi melalui kontak antara individu rentan (S) dan individu terinfeksi (I) dengan laju β.
5. Individu yang terpapar E) berpindah ke kelompok terinfeksi (I) setelah masa inkubasi dengan laju σ.
6. Individu yang terinfeksi (I) bisa sembuh dengan laju γ atau meninggal karena tifus dengan laju δ.

 Individu yang sembuh (R) tidak bisa terinfeksi lagi (kekebalan permanen).

III. Formulasi masalah ke dalam matematika

Variabel yang digunakan :

- $S(t)$: Individu rentan yang bisa terinfeksi.
- $E(t)$: Individu terpapar (terinfeksi tetapi belum menularkan).
- $I(t)$: Individu terinfeksi yang dapat menularkan penyakit.
- $R(t)$: Individu sembuh dan kebal dari tifus.

Parameter :

α : $Tingakat\ kelahiran\ (individu\ baru\ masuk\ ke\ S)$

β : $Laju\ perubahan\ penyakit\ (kontak\ antara\ S\ dan\ I)$

σ : $Laju\ perpindahan\ dari\ terpapar\ (E)\ ke\ infeksi\ (i)$

γ : $Laju\ pemulihan\ dari\ I\ ke\ Recavery\ (R)$

μ : $Tingakat\ kematian\ alami\ (berlaku\ untuk\ S, E, I, R)$

R_0 : $Bilangan\ reproduksi\ dasar\ (indikator\ tingkat\ penyebaran\ penyakit)$

IV. Penurunan model matematika

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

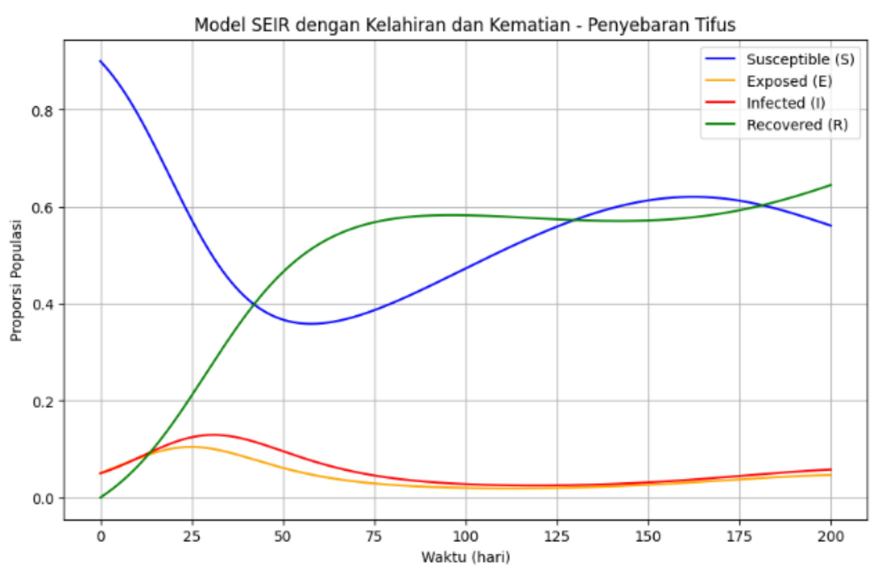
$$\frac{dE}{dt} = \beta SI - \sigma E - \mu E$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - (\gamma + \delta + \mu)I$$

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

V. Penyelesaian model

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

# Definisi parameter
Lambda = 0.01    # Laju kelahiran
mu = 0.005       # Laju kematian alami
beta = 0.3       # Laju transmisi infeksi
sigma = 0.2      # Laju individu dari E ke I
gamma = 0.1      # Laju pemulihan
delta = 0.05     # Laju kematian akibat tifus

# Sistem persamaan diferensial
def seir_model(y, t, Lambda, mu, beta, sigma, gamma, delta):
    S, E, I, R = y
    dSdt = Lambda - beta * S * I - mu * S
    dEdt = beta * S * I - sigma * E - mu * E
    dIdt = sigma * E - (gamma + delta + mu) * I
    dRdt = gamma * I - mu * R
    return [dSdt, dEdt, dIdt, dRdt]

# Kondisi awal
S0 = 0.9  # 90% populasi rentan
E0 = 0.05 # 5% populasi terpapar
I0 = 0.05 # 5% populasi terinfeksi
R0 = 0    # 0% populasi sembuh

# Waktu simulasi
t = np.linspace(0, 200, 1000) # 200 hari

# Simulasi ODE
sol = odeint(seir_model, [S0, E0, I0, R0], t, args=(Lambda, mu, beta, sigma, gamma, delta))
S, E, I, R = sol.T

# Plot hasil
plt.figure(figsize=(10,6))
plt.plot(t, S, 'b', label='Susceptible (S)')
plt.plot(t, E, 'orange', label='Exposed (E)')
plt.plot(t, I, 'r', label='Infected (I)')
plt.plot(t, R, 'g', label='Recovered (R)')
plt.xlabel('Waktu (hari)')
plt.ylabel('Proporsi Populasi')
plt.title('Model SEIR dengan Kelahiran dan Kematian - Penyebaran Tifus')
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()

# Menghitung bilangan reproduksi dasar R0
R0_value = beta / (gamma + delta + mu)
print(f'Bilangan Reproduksi Dasar (R0) = {R0_value:.2f}')
```




```
Bilangan Reproduksi Dasar (R0) = 1.94
```

Dari grafik diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. **Susceptible (S) - Garis Biru**

- Awalnya tinggi karena banyak individu yang rentan terhadap tifus.
- Menurun seiring waktu karena individu terpapar penyakit dan berpindah ke kategori exposed (E).
- Setelah mencapai titik terendah, jumlahnya meningkat kembali karena adanya kelahiran yang menambah populasi rentan.

2. **Exposed (E) - Garis Orange**

- Mengalami kenaikan awal karena individu yang rentan mulai terpapar.
- Setelah mencapai puncak, jumlahnya menurun karena individu dalam kategori ini berpindah ke kategori terinfeksi (I).
- Pada akhir grafik, terdapat sedikit kenaikan yang menunjukkan bahwa masih ada infeksi yang terjadi secara berulang.

3. **Infected (I) - Garis Merah**

- Meningkat setelah exposed mencapai titik maksimum karena individu yang terpapar mulai jatuh sakit.
- Setelah mencapai puncaknya, jumlah individu yang terinfeksi menurun karena pemulihan dan kematian.
- Namun, pada akhir grafik terlihat sedikit peningkatan kembali, yang bisa mengindikasikan penyebaran yang terus berlangsung akibat interaksi dalam populasi.

4. **Recovered (R) - Garis Hijau**

- Mengalami peningkatan seiring waktu karena individu yang sembuh dari tifus atau mendapatkan kekebalan.
- Stabil di kisaran tertentu, tetapi meningkat lagi karena adanya siklus infeksi yang masih terjadi dalam populasi.

Kesimpulan

- Penyakit tifus tetap ada dalam populasi karena bilangan reproduksi dasar (R_0) = 1.94, yang lebih besar dari 1, sehingga infeksi masih bisa menyebar.
- Adanya kelahiran menyebabkan jumlah individu rentan (S) meningkat kembali, yang memungkinkan infeksi terus terjadi meskipun jumlah individu terinfeksi sempat turun.
- Untuk mengendalikan penyebaran, diperlukan intervensi seperti vaksinasi, peningkatan sanitasi, dan pengobatan yang lebih efektif untuk menekan angka R_0 di bawah 1.