

NAMA : ZAKY MUBAROK

NIM : 301220054

MATA KULIAH : PEMODELAN DAN SIMULASI

DESKRIPSI STUDI KASUS DAN PENJELASAN PROGRAM

1. Deskripsi Studi Kasus

Stunting atau pertumbuhan terhambat pada balita masih menjadi masalah besar terutama di negara berkembang termasuk Indonesia. Berdasarkan data dari UNICEF pada tahun 2019 terdapat 2 dari 5 balita di seluruh dunia mengalami pertumbuhan terhambat.¹ Di Indonesia, stunting merupakan persoalan gizi yang belum dapat terselesaikan. Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar 2018 kondisi gizi balita Indonesia telah menunjukkan perbaikan. Pada tahun 2013 prevalensi stunting di Indonesia 37,21% dan pada tahun 2018 menjadi 30,79%.² Namun angka ini masih diatas toleransi dari WHO untuk stunting yakni 20%.³

Kejadian stunting pada balita di Sumatera Utara masih tinggi yaitu 32,4% pada tahun 2018. Menurut Badan Pusat Statistik, Terdapat 5 wilayah di Sumatera Utara yang memiliki persentase stunting tertinggi yaitu Nias (61,3%), Mandailing Natal (48,3%), Padang Lawas Utara (47,5 %), Nias Barat (45,9 %) dan Serdang Bedagai (36,0 %).⁴

2. Tujuan Studi

Tujuan utama dari studi kasus ini adalah untuk **menganalisis dinamika dan dampak intervensi terhadap penurunan prevalensi stunting** di Sumatera.

Dengan demikian, tujuan utama dari studi ini adalah:

1. **Menganalisis dan memahami faktor-faktor penyebab stunting** di Sumatera Utara, baik yang bersifat langsung (misalnya, kekurangan gizi, kurangnya akses layanan kesehatan) maupun yang bersifat tidak langsung (misalnya, kemiskinan, sanitasi, pola makan).
2. **Membangun dan menerapkan model simulasi dinamika sistem** untuk mensimulasikan perubahan angka stunting dalam beberapa tahun ke depan, berdasarkan intervensi kesehatan dan kebijakan yang diterapkan, serta mengidentifikasi kebijakan yang paling efektif dalam mengurangi stunting.
3. **Memprediksi dampak jangka panjang terhadap kualitas kesehatan masyarakat** dan pembangunan ekonomi di Sumatera Utara jika intervensi penurunan stunting berhasil diterapkan secara efektif.

3. Metodologi: Model Sistem Dinamik

Dalam kasus penurunan stunting, kita menggunakan **model sistem dinamik** untuk memodelkan perubahan **persentase stunting** di beberapa wilayah. **Stunting** dalam hal ini adalah stok, dan penurunan stunting akibat intervensi kesehatan adalah aliran yang mempengaruhi stok tersebut.

- **Data Stunting Awal:** Nilai persentase stunting di masing-masing wilayah pada waktu awal (2018) yang digunakan sebagai kondisi awal model.
- **Laju Intervensi:** Laju penurunan stunting yang dihasilkan dari intervensi kesehatan (misalnya, 1% per tahun dalam kode yang diberikan).
- **Waktu:** Periode waktu yang dianalisis, dalam hal ini dari tahun 2018 hingga 2024.

4. Model Matematika

Untuk menyusun model, kita bisa menggunakan persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\frac{dR(t)}{dt} = \beta (R_{\max} - R(t)) [1 - \alpha \cdot f(I(t), P(t), S(t), F(t))]$$

Dimana:

- $R(t)$ adalah tingkat prevalensi stunting pada waktu t (sebagai persentase).
- β adalah laju pertumbuhan stunting yang terhambat oleh faktor-faktor eksternal.
- R_{\max} adalah nilai maksimal stunting jika tidak ada intervensi (nilai maksimum prevalensi stunting).
- $I(t)$, $P(t)$, $S(t)$, dan $F(t)$ adalah faktor-faktor intervensi (seperti gizi, sanitasi, dan akses ke layanan kesehatan) yang mempengaruhi pengurangan stunting.
- α adalah konstanta yang menunjukkan efektivitas intervensi.

5. Pemodelan Menggunakan Python

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

# Model Sistem Dinamika untuk Peningkatan Stunting
def model(y, t, intervensi_rate):
    # Variabel stok
```

```
stunting = y[0]

# Aliran (misalnya penurunan stunting karena intervensi kesehatan)
# Semakin tinggi intervensi_rate, semakin cepat penurunan stunting
d_stunting_dt = -intervensi_rate * stunting

return [d_stunting_dt]

# Persentase stunting awal berdasarkan data
# Data awal stunting di wilayah Sumatera Utara
data_stunting = {
    "Nias": 61.3,
    "Mandailing Natal": 48.3,
    "Padang Lawas Utara": 47.5,
    "Nias Barat": 45.9,
    "Serdang Bedagai": 36.0
}

# Parameter laju intervensi (misalnya, 1% per tahun penurunan stunting)
intervensi_rate = 0.01 # 1% per tahun

# Waktu simulasi (dalam tahun)
t = np.linspace(2018, 2024, 100)
```

```

# Plot hasil simulasi untuk setiap wilayah
plt.figure(figsize=(10, 6))

for region, stunting_initial in data_stunting.items():
    # Initial condition (jumlah anak yang mengalami stunting pada tahun pertama)
    y0 = [stunting_initial]

    # Simulasi menggunakan odeint
    result = odeint(model, y0, t, args=(intervensi_rate,))

    # Plot hasil simulasi
    plt.plot(t, result[:, 0], label=f'{region} (Awal: {stunting_initial}%)')

# Menambahkan label dan judul
plt.title('Simulasi Penurunan Stunting di Sumatera Utara')
plt.xlabel('Waktu (Tahun)')
plt.ylabel('Persentase Stunting')
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.show()

```

6. Penjelasan Coding

```
import numpy as np
```

- numpy (np): Digunakan untuk

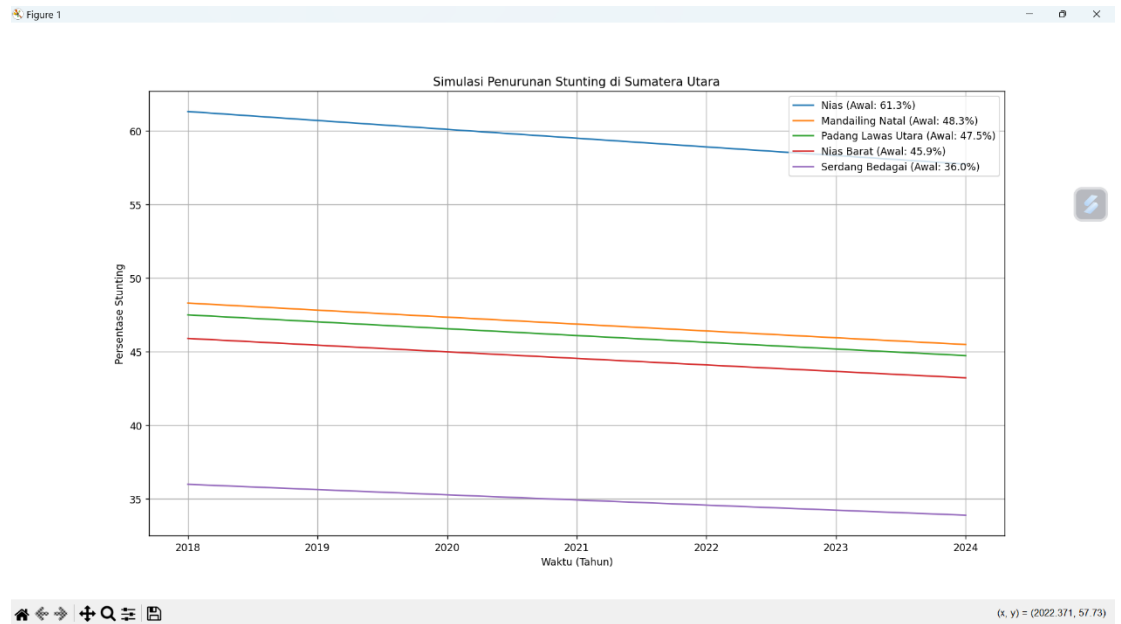
<pre>import matplotlib.pyplot as plt from scipy.integrate import odeint</pre>	<p>operasi numerik, seperti pembuatan array dan rentang waktu simulasi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • matplotlib.pyplot (plt): Digunakan untuk membuat grafik dan visualisasi data. • scipy.integrate.odeint: Digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial numerik. Dalam hal ini, digunakan untuk menghitung perubahan persentase stunting dari waktu ke waktu berdasarkan model yang diberikan.
<pre>def model(y, t, intervensi_rate): # Variabel stok stunting = y[0] # Aliran (misalnya penurunan stunting karena intervensi kesehatan) # Semakin tinggi intervensi_rate, semakin cepat penurunan stunting d_stunting_dt = - intervensi_rate * stunting return [d_stunting_dt]</pre>	<ul style="list-style-type: none"> • y: Ini adalah variabel stok dalam bentuk array, yang menyimpan nilai persentase stunting. Hanya ada satu variabel, yaitu persentase stunting (y[0]). • t: Waktu (tahun) yang digunakan dalam simulasi. • intervensi_rate: Laju penurunan stunting per tahun yang ditentukan oleh intervensi kesehatan.
<pre>data_stunting = { "Nias": 61.3, "Mandailing Natal": 48.3,</pre>	<p>data_stunting: Dictionary yang berisi data persentase stunting awal untuk masing-masing wilayah di Sumatera Utara. Nilai-nilai ini menunjukkan persentase anak yang mengalami</p>

<pre> "Padang Lawas Utara": 47.5, "Nias Barat": 45.9, "Serdang Bedagai": 36.0 } </pre>	<p>stunting di masing-masing wilayah pada tahun pertama (misalnya, pada tahun 2018).</p>
<pre> intervensi_rate = 0.01 # 1% per tahun t = np.linspace(2018, 2024, 100) </pre>	<ul style="list-style-type: none"> • intervensi_rate: Laju penurunan stunting yang diasumsikan sebesar 1% per tahun (0.01). Ini adalah nilai yang digunakan untuk semua wilayah dalam simulasi ini (tetapi bisa berbeda untuk tiap wilayah jika dibutuhkan). • t: Rentang waktu simulasi, dimulai dari tahun 2018 hingga 2024, dibagi menjadi 100 titik waktu. Ini akan digunakan untuk memodelkan evolusi stunting dari tahun ke tahun.
<pre> plt.figure(figsize=(10, 6)) for region, stunting_initial in data_stunting.items(): # Initial condition (jumlah anak yang mengalami stunting pada tahun pertama) y0 = [stunting_initial] # Simulasi menggunakan </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembuatan Grafik: <ul style="list-style-type: none"> • <code>plt.figure(figsize=(10, 6)):</code> Membuat figure (kanvas) dengan ukuran tertentu untuk menampilkan grafik. 2. Simulasi untuk Setiap Wilayah: <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan perulangan <code>for region, stunting_initial in data_stunting.items()</code> untuk mengakses setiap wilayah dan nilai awal persentase stunting.

<pre> odeint result = odeint(model, y0, t, args=(intervensi_rate,)) # Plot hasil simulasi plt.plot(t, result[:, 0], label=f'{region} (Awal: {stunting_initial}%)') # Menambahkan label dan judul plt.title('Simulasi Penurunan Stunting di Sumatera Utara') plt.xlabel('Waktu (Tahun)') plt.ylabel('Persentase Stunting') plt.legend(loc='best') plt.grid(True) plt.show() </pre>	<ul style="list-style-type: none"> • <code>y0 = [stunting_initial]:</code> Menentukan kondisi awal (jumlah stunting pada tahun pertama) untuk setiap wilayah. • <code>odeint(model, y0, t, args=(intervensi_rate,)):</code> Fungsi ini melakukan integrasi numerik untuk menyelesaikan persamaan diferensial model dengan kondisi awal <code>y0</code> untuk waktu <code>t</code> dan tingkat intervensi <code>intervensi_rate</code>. • Hasil integrasi disimpan dalam <code>result</code>, yang kemudian digunakan untuk membuat grafik penurunan stunting di setiap wilayah. <p>3. Pembuatan Grafik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <code>plt.plot(t, result[:, 0], label=f'{region} (Awal: {stunting_initial}%)'):</code> Membuat grafik garis untuk setiap wilayah, dengan <code>t</code> sebagai sumbu x (waktu) dan <code>result[:, 0]</code> sebagai sumbu y (persentase stunting yang dihitung pada setiap waktu). • <code>label:</code> Menambahkan label untuk setiap wilayah dengan informasi persentase stunting awal.
---	---

	<p>4. Menambahkan Label, Judul, dan Grid:</p> <ul style="list-style-type: none">• <code>plt.title('Simulasi Penurunan Stunting di Sumatera Utara')</code>: Memberikan judul pada grafik.• <code>plt.xlabel('Waktu (Tahun)')</code>: Memberikan label pada sumbu x (tahun).• <code>plt.ylabel('Persentase Stunting')</code>: Memberikan label pada sumbu y (persentase stunting).• <code>plt.legend(loc='best')</code>: Menambahkan legenda di posisi terbaik.• <code>plt.grid(True)</code>: Menambahkan grid pada grafik untuk memudahkan pembacaan data. <p>5. Menampilkan Grafik:</p> <ul style="list-style-type: none">• <code>plt.show()</code>: Menampilkan grafik yang sudah dibuat.
--	--

7. Tampilan Grafik



8. Penjelasan Grafik

1. Sumbu X (Waktu - Tahun)

- **Sumbu X** (horizontal) pada grafik mewakili **waktu**, dalam hal ini **tahun**, dari 2018 hingga 2024. Grafik ini menunjukkan bagaimana persentase stunting berubah setiap tahunnya selama 7 tahun.
- Titik-titik pada sumbu X adalah tahun-tahun dalam rentang waktu tersebut, dengan pembagian 100 titik waktu di antara kedua ujungnya (2018 dan 2024).

2. Sumbu Y (Persentase Stunting)

- **Sumbu Y** (vertikal) mewakili **persentase stunting** yang dihitung dalam model pada setiap titik waktu.
- Nilai pada sumbu Y menunjukkan berapa banyak anak yang mengalami stunting pada tahun tertentu, dalam bentuk persentase (%)

dari total populasi anak.

3. Kurva untuk Setiap Wilayah

Setiap wilayah yang dimasukkan dalam **data_stunting** (misalnya: Nias, Mandailing Natal, Padang Lawas Utara, Nias Barat, Serdang Bedagai) memiliki kurva masing-masing yang menunjukkan bagaimana persentase stunting di wilayah tersebut berkurang selama waktu simulasi (2018–2024).

- **Contoh Kurva:** Jika wilayah Nias memiliki stunting awal sebesar 61.3% pada tahun 2018, maka kurva untuk wilayah Nias akan dimulai pada titik (2018, 61.3%). Seiring berjalannya waktu, persentase stunting akan menurun, sesuai dengan **laju intervensi** yang ditentukan (1% per tahun dalam kasus ini).
- **Penurunan Stunting:** Semua kurva akan menurun karena model yang digunakan menunjukkan penurunan persentase stunting seiring berjalannya waktu, dipengaruhi oleh intervensi kesehatan yang dilakukan. Semakin besar laju intervensi (misalnya, 2% per tahun dibandingkan 1% per tahun), semakin cepat penurunan stunting.

4. Perbedaan Kurva Berdasarkan Wilayah

- **Wilayah dengan Stunting Tinggi:** Misalnya, wilayah seperti **Nias** dengan stunting awal 61.3% akan memiliki kurva yang lebih tinggi di awal simulasi dan akan menunjukkan penurunan yang signifikan seiring waktu.
- **Wilayah dengan Stunting Lebih Rendah:** Misalnya, **Serdang Bedagai** dengan stunting awal 36.0% akan mulai dari titik yang lebih rendah dan akan menurun lebih lambat karena sudah memiliki tingkat stunting yang lebih rendah.

5. Intervensi yang Sama untuk Semua Wilayah

- Pada grafik ini, **laju intervensi yang sama** digunakan untuk semua wilayah, yaitu **1% per tahun** (dalam kode yang diberikan). Hal ini berarti bahwa setiap tahun, persentase stunting berkurang sebanyak 1% dari persentase yang ada pada awal tahun tersebut.

Contoh:

- Jika pada tahun 2018 stunting di Nias adalah 61.3%, pada tahun 2019 stunting akan menjadi 61.3% - (1% dari 61.3%), yaitu sekitar 60.7%, dan seterusnya.

6. Interpretasi Kurva dan Tren Penurunan

- **Kurva Menurun Secara Eksponensial:** Model yang digunakan adalah model **linier eksponensial**, di mana perubahan persentase stunting pada setiap waktu adalah proporsional terhadap nilai stunting saat ini. Ini berarti semakin rendah persentase stunting, semakin lambat penurunannya. Dengan kata lain, di awal (ketika stunting masih tinggi), penurunan lebih cepat, namun semakin mendekati 0%, penurunan menjadi lebih lambat.
- **Kecepatan Penurunan yang Stabil:** Karena tingkat intervensi adalah konstan (1% per tahun), setiap kurva akan menunjukkan penurunan yang konsisten selama periode simulasi. Penurunan ini mengikuti pola yang hampir sama, hanya saja dimulai dari nilai awal yang berbeda-beda tergantung pada tingkat stunting masing-masing wilayah.

9. Interpretasi

- **Semua wilayah mengalami penurunan stunting:** Grafik menunjukkan bahwa dalam semua wilayah yang dianalisis, **persentase stunting berkurang seiring berjalannya waktu** (2018–2024), karena adanya intervensi kesehatan yang dilakukan.
- **Wilayah dengan stunting tinggi awalnya** (misalnya Nias yang memiliki 61,3% stunting di 2018) cenderung mengalami **penurunan yang lebih cepat** di awal periode simulasi. Hal ini karena mereka mulai dari tingkat stunting yang lebih tinggi, sehingga intervensi dapat mengurangi persentase stunting lebih besar dalam waktu yang lebih singkat.
- **Wilayah dengan stunting lebih rendah** (misalnya Serdang Bedagai dengan 36% stunting) akan mengalami penurunan yang lebih **lambat**, karena mereka

sudah mulai dengan tingkat stunting yang lebih rendah, sehingga penurunan menjadi lebih kecil per tahunnya.

- **Penurunan eksponensial:** Penurunan stunting mengikuti pola **penurunan yang lebih cepat di awal**, namun semakin mendekati nilai yang lebih rendah, laju penurunan akan semakin melambat. Hal ini terjadi karena model mengasumsikan bahwa intervensi mengurangi stunting secara **proporsional** dengan jumlah stunting yang ada.

10. Kesimpulan

Model sistem dinamik untuk penurunan stunting ini memberikan pendekatan yang sederhana namun efektif untuk memodelkan dan menganalisis perubahan persentase stunting di beberapa wilayah. Dengan menggunakan persamaan diferensial untuk menggambarkan aliran penurunan stunting akibat intervensi, kita dapat memprediksi tren stunting di masa depan dan mengevaluasi dampak kebijakan atau program kesehatan yang diterapkan.