

SIMULASI PEMODELAN MATEMATIKA SEIR TERHADAP PENGARUH SANITASI PADA KASUS *STUNTING* DI INDONESIA.

Muh. Isbar Pratama¹, Angri Lismayani²

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Makassar¹

Jurusan PGPAUD, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Makassar¹

Email: isbarpratama@unm.ac.id¹, angri.lismayani@unm.ac.id²

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model matematika untuk menggambarkan perubahan jumlah kasus stunting dengan faktor sanitasi tipe SEIR (Susceptible – Exposed - Infected – Recovered) di Indonesia. Model matematika yang telah dibuat kemudian dianalisis kestabilan modelnya. Setelah kestabilan model dianalisis, dilanjutkan dengan simulasi model menggunakan *software* Maple 18. Simulasi dilakukan sebanyak 3 kali dengan nilai faktor sanitasi yang berbeda yaitu 0.0002, 0.451, dan 0.5217. Hasil simulasi menunjukkan semakin tinggi angka sanitasi maka angka kasus stunting lebih cepat menurun.

Kata Kunci: Stunting, Sanitasi, Model Matematika, Model SEIR

Abstract. This study aims to build a SEIR (Susceptible – Exposed – Infected – Recovered) mathematical model to describe changes in the number of stunting cases with sanitation factors in Indonesia. The mathematical model that has been made is analyzed for the stability of the model. After the stability of the model was analyzed, it was followed by model simulation using Maple 18 software. The simulation was carried out 3 times with different values of the sanitation factor, namely 0.0002, 0.451, and 0.5217. The simulation results show that the higher the sanitation rate will affect the faster the stunting rate will decrease.

Keywords: Stunting, Sanitation, Mathematical Model, SEIR Model

A. Pendahuluan

Stunting merupakan suatu kondisi balita (bawah lima tahun) yang mengalami kegagalan tumbuh disebabkan oleh kekurangan gizi kronis. Kekurangan gizi terjadi sejak bayi berada di dalam kandungan dan pada masa awal setelah bayi dilahirkan. Akan tetapi, kondisi stunting baru akan muncul setelah anak berusia 2 tahun (Yahya, 2022). Masalah stunting dipengaruhi oleh rendahnya akses terhadap makanan dari segi jumlah dan kualitas gizi, serta seringkali tidak beragam. Selanjutnya, dipengaruhi juga oleh pola asuh yang kurang baik terutama pada aspek perilaku, terutama pada praktek pemberian makan bagi bayi dan Balita. Selain itu, stunting juga dipengaruhi dengan rendahnya akses terhadap pelayanan kesehatan, termasuk di dalamnya adalah akses sanitasi dan air bersih (Arsyati, 2019).

Studi Status Gizi Indonesia (SSGI) Kementerian Kesehatan (Kemenkes) mengungkapkan bahwa prevalensi balita yang mengalami *stunting* di Indonesia sebanyak 24,4% pada 2021. Dengan demikian, hampir seperempat balita di Indonesia yang mengalami stunting pada tahun 2021 (Dimas, 2021). Pemerintah menargetkan prevalensi stunting menurun hingga angka 14% pada tahun 2024 (Sudarman et al., 2021). Peraturan Presiden (PerPres) Nomor 72 Tahun 2021 tentang Percepatan Penurunan *Stunting* merupakan bentuk keseriusan pemerintah dalam menurunkan angka *stunting* yang ada di Indonesia. Dalam Perpres nomor 72 Tahun 2021 terdapat beberapa langkah strategis yang akan dilakukan pemerintah untuk menurunkan stunting dimana salah satu diantaranya adalah melakukan sanitasi.

Sanitasi merupakan upaya menjaga kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat melalui pengawasan terhadap faktor lingkungan. Sanitasi dibutuhkan untuk melindungi setiap



orang dari faktor yang menimbulkan gangguan kesehatan fisik maupun mental. Sanitasi yang sehat bermanfaat untuk menjaga kebersihan lingkungan dan juga kesehatan (Wadu et al., 2020).

Pengaruh faktor sanitasi terhadap perubahan jumlah kasus stunting di Indonesia dapat digambarkan dalam bentuk pemodelan matematika. Pemodelan matematika yang dapat digunakan dalam kasus stunting ini adalah model matematika SEIR (*Susceptible, Exposed, Infected, and Recovered*). Pada pemodelan matematika SEIR, populasi dibagi menjadi 4 subpopulasi yaitu populasi rentan terkena penyakit (S), populasi yang menunjukkan gejala terkena penyakit (E), populasi terinfeksi penyakit (I), Populasi yang sembuh/bebas dari infeksi (R) (Sanusi et al., 2021). Beberapa peneliti telah melakukan pemodelan terhadap penyebaran penyakit, seperti pemodelan matematika SEIR terhadap penyebaran penyakit tubercolosis (Side et al., 2016), Pemodelan matematika SEIR terhadap Covid-19 (Annas et al., 2020), dan Pemodelan matematika terhadap penyakit pneumonia (Side et al., 2021). Penelitian ini bertujuan memodelkan perubahan jumlah kasus stunting di Indonesia jika dilakukan proses sanitasi yang baik.

B. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literature dengan data kasus stunting dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2021. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

- Membangun model matematika SEIR yaitu dengan mengumpulkan informasi dan data untuk menentukan batasan asumsi dan parameter model SEIR,
- Menentukan diagram alir dari model SEIR berdasarkan batasan asumsi dan parameter yang telah dibuat.
- Menganalisis kestabilan model SEIR yaitu dengan menentukan titik tetap model SEIR yang telah dibuat kemudian menganalisis dari model untuk menentukan kelayakan model untuk digunakan dalam simulasi.
- Mengetahui pengaruh sanitasi menggunakan simulasi dari model SEIR dengan bantuan aplikasi Maple 18.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Model Matematika SEIR kasus stunting dengan faktor sanitasi di Indonesia.

Masalah stunting pada anak dibagi menjadi empat populasi yaitu S, E, I, dan R. Anak yang baru lahir memungkinkan terkena stunting dinotasikan dengan Suspectibel (S). Anak yang memperlihatkan gejala stunting dinotasikan dengan Exposed (E), Anak yang terkena stunting dan tidak bisa disembuhkan dinotasikan dengan Infected (I), dan Anak yang memperlihatkan gejala stunting tetapi tidak terkena stunting (bebas stunting) karena diberikan penanganan khusus terhadap gejala dinotasikan dengan Recovered (R). Populasi tersebut dapat didefinisikan dalam bentuk matematika, yaitu sebagai berikut :

$$N = S + E + I + R \quad (1)$$

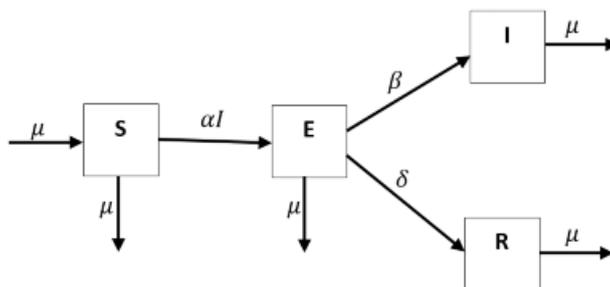
Dalam pembentukan model matematika SEIR kejadian stunting pada anak, ditetapkan asumsi-asumsi untuk membatasi dan memperjelas model yang akan dibentuk, yaitu :

1. Anak yang baru lahir memungkinkan terkena stunting.



2. Jumlah populasi konstan (laju kelahiran dan kematian diasumsikan sama) (μ)
3. Laju perubahan populasi dari S ke E karena adanya penularan secara tidak langsung dari orang yang terkena stunting (αI)
4. Laju Perubahan populasi dari E ke I Anak karena tidak diberikan perlakuan khusus
5. Laju perubahan populasi dari E ke R (δ) (tidak terkena stunting secara permanen) karena diberikan perlakuan khusus, yaitu sanitasi.

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas, maka dibentuk model yang sesuai dengan model SEIR. Hubungan keempat populasi dapat disajikan dalam bagan berikut.



Gambar 1. Diagram alir model matematika SEIR terhadap kasus stunting dengan faktor sanitasi

Berdasarkan bagan di atas, dapat dibentuk sistem persamaan model matematika SEIR seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned}
 \frac{ds}{dt} &= \mu - (\alpha I + \mu)S \\
 \frac{dE}{dt} &= \alpha IS - (\beta + \delta + \mu)E \\
 \frac{dI}{dt} &= \beta E - \mu I \\
 \frac{dr}{dt} &= \delta E - \mu R
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Tabel 1. Definisi Variabel dan Parameter

Parameter/Variabel	Definisi
S	Anak yang baru lahir memungkinkan terkena stunting
E	Anak yang memperlihatkan gejala stunting
I	Anak yang terkena stunting dan tidak bisa disembuhkan
R	Anak yang memperlihatkan gejala stunting tetapi tidak terkena stunting (bebas stunting) karena diberikan penanganan khusus
μ	Laju kelahiran/kematian
α	Laju perubahan populasi dari S ke E karena adanya penularan secara tidak langsung dari orang yang terkena stunting
β	Laju Perubahan populasi dari E ke I Anak karena tidak diberikan perlakuan khusus
δ	Laju perubahan populasi dari E ke R (δ) (tidak terkena stunting secara permanen) karena diberikan perlakuan khusus, yaitu sanitasi

2. Analisis Model

2.1. Titik kesetimbangan bebas stunting

Untuk mengetahui titik kesetimbangan bebas penyakit stunting, maka diasumsikan $I = 0$ yang berarti tidak terdapat populasi yang memungkinkan terkena gejala stunting secara permanen. Sehingga diperoleh titik kesetimbangan bebas stunting adalah

$$(S, E, I, R) = (1, 0, 0, 0) \quad (3)$$

2.2. Titik kesetimbangan Endemik

Titik keseimbangan endemik diperoleh jika $I \neq 0$ yang menunjukkan bahwa terdapat populasi yang terkena stunting secara permanen. Dengan menggunakan Maple, diperoleh titik kesetimbangan endemik model matematika SEIR terhadap kasus stunting dengan faktor sanitasi adalah:

$$S = \frac{\mu(\beta + \delta + \mu)}{\alpha\beta}, E = \frac{\mu(-\alpha\beta + \delta\mu + \mu^2 + \beta\mu)}{\alpha\beta(\beta + \delta + \mu)}, I = \frac{(-\alpha\beta + \delta\mu + \mu^2 + \beta\mu)}{\alpha(\beta + \delta + \mu)}, R = \frac{\delta(-\alpha\beta + \delta\mu + \mu^2 + \beta\mu)}{\alpha\beta(\beta + \delta + \mu)} \quad (4)$$

2.3. Analisis Kestabilan

Berdasarkan sistem persamaan (2) dapat ditentukan matriks Jacobinya sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} -\alpha I - \mu & 0 & -\alpha S & 0 \\ \alpha I & -\beta - \delta - \mu & \alpha S & 0 \\ 0 & \beta & -\mu & 0 \\ 0 & \delta & 0 & -\mu \end{bmatrix} \quad (5)$$

Berdasarkan matriks jacobian pada persamaan (5) diperoleh nilai eigen model sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_2 = -\mu \\ \lambda_3 &= -\left(\mu + \frac{1}{2}\alpha I + \frac{1}{2}\beta - \frac{1}{2}\sqrt{\alpha^2 I^2 - 2\alpha\beta I - 2\alpha\delta I + \beta^2 + 2\beta\delta + \delta^2 + 4\alpha\beta S}\right) \\ \lambda_4 &= -\left(\mu + \frac{1}{2}\alpha I + \frac{1}{2}\beta + \frac{1}{2}\delta + \frac{1}{2}\sqrt{\alpha^2 I^2 - 2\alpha\beta I - 2\alpha\delta I + \beta^2 + 2\beta\delta + \delta^2 + 4\alpha\beta S}\right) \end{aligned}$$

Karena nilai eigen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ bernilai negatif maka kestabilan model matematika SEIR untuk kasus stunting dengan faktor sanitasi stabil.

2.4. Bilangan Reproduksi Dasar

Bilangan reproduksi dasar model matematika SEIR untuk kasus stunting dengan faktor sanitasi diperoleh menggunakan metode *next generation matrix* seperti di bawah ini:



$$\begin{aligned}
 & \bullet F = \begin{pmatrix} \alpha I S \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \alpha S \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \alpha \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \\
 & \bullet V = \begin{pmatrix} (\beta + \delta + \mu) E \\ \mu I - \beta E \end{pmatrix} \\
 & V = \begin{pmatrix} \beta + \delta + \mu & 0 \\ -\beta & \mu \end{pmatrix} \\
 & \bullet V^{-1} = \frac{1}{\det V} (\text{adj } V) \\
 & V^{-1} = \frac{1}{\det V} \begin{pmatrix} \mu & 0 \\ \beta & \beta + \delta + \mu \end{pmatrix} \\
 & V^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\beta + \delta + \mu} & 0 \\ \frac{\beta}{(\beta + \delta + \mu)\mu} & \frac{1}{\mu} \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$$K = FV^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \begin{pmatrix} 0 & \alpha \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\beta + \delta + \mu} & 0 \\ \frac{\beta}{(\beta + \delta + \mu)\mu} & \frac{1}{\mu} \end{pmatrix} \\
 K &= \begin{pmatrix} \frac{\alpha\beta}{(\beta + \delta + \mu)\mu} & \frac{\alpha}{\mu} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$$R_0 = \frac{\alpha\beta}{(\beta + \delta + \mu)\mu}$$

Bilangan reproduksi dasar adalah nilai eigen terbesar dari matriks K di atas yaitu

$$R_0 = \frac{\alpha\beta}{(\beta + \delta + \mu)\mu} \tag{6}$$

2.5. Simulasi Model

Simulasi dilakukan menggunakan nilai awal yang disajikan pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Nilai awal

Variabel	Proporsi populasi	Sumber
S(0)	0,412	Kemenkes RI
E(0)	0,231	Asumsi
I(0)	0,244	Kemenkes RI
R(0)	0,16	Asumsi

Parameter yang digunakan dalam simulasi ini disajikan pada tabel 3 di bawah ini:

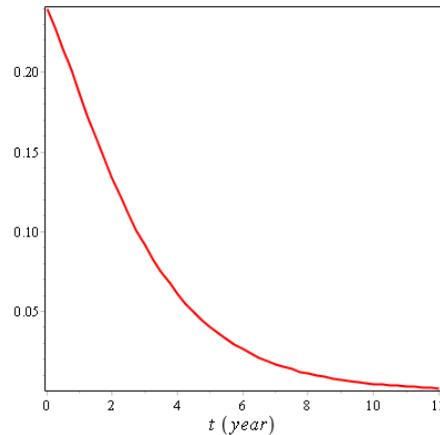
Tabel 3. Nilai Parameter

Parameter	Nilai
α	0.0084
δ	0.0451
μ	0.0045
β	0.0032



Simulasi numerik model matematika SEIR untuk kasus stunting dengan faktor sanitasi diproses menggunakan aplikasi maple 18. Simulasi dilakukan sebanyak 3 kali untuk melihat pengaruh dari faktor sanitasi terhadap perubahan jumlah kasus stunting di Indonesia.

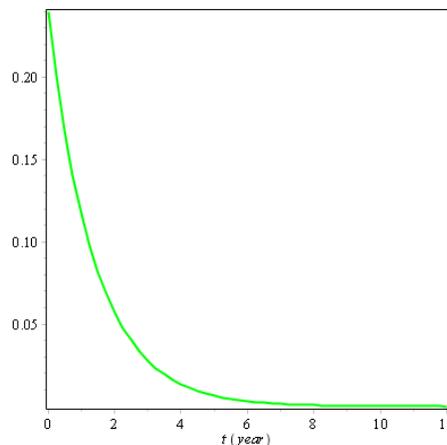
Simulasi 1 ($\delta = 0.0421$)



Gambar 2. Diagram alir model matematika SEIR terhadap kasus stunting dengan faktor sanitasi $\delta = 0.0421$

Berdasarkan gambar 2 diperoleh bahwa jika faktor sanitasi di angka 0.0421 maka kasus stunting di Indonesia yang awalnya 24,4% (tahun 2021) akan berkurang ke angka 0.14 (target pemerintah di tahun 2024) dalam waktu kurang dari 3 tahun (sebelum tahun 2024).

Simulasi 2 ($\delta = 0.5217$)

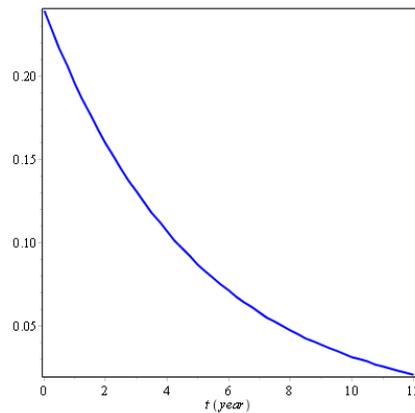


Gambar 3. Diagram alir model matematika SEIR terhadap kasus stunting dengan faktor sanitasi $\delta = 0.5217$

Berdasarkan gambar 3 diperoleh bahwa jika faktor sanitasi dinaikkan ke angka 0.5271 maka kasus stunting di Indonesia yang awalnya 24,4% (tahun 2021) akan berkurang ke angka 0.14 (target pemerintah di tahun 2024) dalam waktu kurang dari 2 tahun (sebelum tahun 2023).

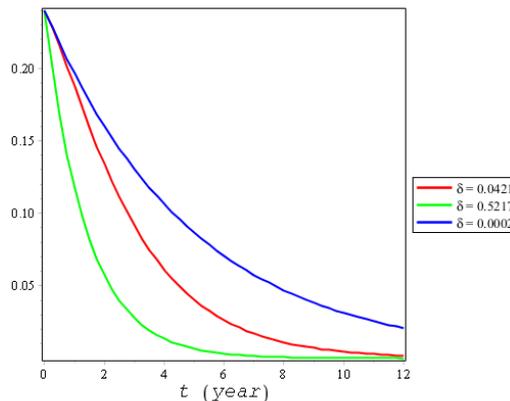
Simulasi 2 ($\delta = 0.0002$)





Gambar 4. Diagram alir model matematika SEIR terhadap kasus stunting dengan faktor sanitasi $\delta = 0.0002$

Berdasarkan gambar 3 diperoleh bahwa jika faktor sanitasi diturunkan ke angka 0.0002 maka kasus stunting di Indonesia yang awalnya 24,4% (tahun 2021) akan berkurang ke angka 0.14 (target pemerintah di tahun 2024) dalam waktu 3 tahun.



Gambar 5. Diagram alir model gabungan matematika SEIR terhadap kasus stunting dengan faktor sanitasi δ berbeda-beda.

Peningkatan jumlah sanitasi dapat mempengaruhi percepatan pengurangan angka stunting di Indonesia. Berdasarkan gambar 5 diperoleh bahwa perbedaan jumlah perbaikan sanitasi dapat mempengaruhi percepatan pencapaian target pemerintah dalam menurunkan angka stunting.

D. Kesimpulan

Simulasi perubahan jumlah kasus stunting di Indonesia dimodelkan dengan model model matematika sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{ds}{dt} &= \mu - (\alpha I + \mu)S \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha IS - (\beta + \delta + \mu)E \\ \frac{dI}{dt} &= \beta E - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= \delta E - \mu R \end{aligned}$$



Simulasi dilakukan sebanyak 3 kali dengan nilai parameter sanitasi yang berbeda-beda. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin banyak perbaikan sanitasi maka pencapaian target pemerintah untuk menurunkan kasus stunting dari angka 24,4% ke 14% bisa lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Annas, S., Isbar Pratama, Muh., Rifandi, Muh., Sanusi, W., & Side, S. (2020). Stability analysis and numerical simulation of SEIR model for pandemic COVID-19 spread in Indonesia. *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 110072. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110072>
- Arsyati, A. M. (2019). Pengaruh Penyuluhan Media Audiovisual Dalam Pengetahuan Pencegahan Stunting Pada Ibu Hamil Di Desa Cibatok 2 Cibungbulang. *PROMOTOR*, 2(3), Article 3. <https://doi.org/10.32832/pro.v2i3.1935>
- Dimas, B. (2021). *Prevalensi Stunting di Indonesia Capai 24,4% pada 2021*. Dataindonesia.id. <https://dataindonesia.id/ragam/detail/prevalensi-stunting-di-indonesia-capai-244-pada-2021>
- Sanusi, W., Pratama, M. I., Rifandi, M., Sidjara, S., Irwan, & Side, S. (2021). Numerical Solution of SIRS model for Dengue Fever Transmission in Makassar City with Runge Kutta Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1752(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1752/1/012004>
- Side, S., Sanusi, W., Aidid, M. K., & Sidjara, S. (2016). Global Stability of SIR and SEIR Model for Tuberculosis Disease Transmission with Lyapunov Function Method. *Asian Journal of Applied Sciences*, 9(3), 87–96. <https://doi.org/10.3923/ajaps.2016.87.96>
- Side, S., Sanusi, W., & Bohari, N. A. (2021). Pemodelan Matematika SEIR Penyebaran Penyakit Pneumonia pada Balita dengan Pengaruh Vaksinasi di Kota Makassar. *JMathCos (Journal of Mathematics, Computations, and Statistics)*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v4i1.20444>
- Sudarman, S., Aswadi, A., Syamsul, M., & Gabut, M. (2021). Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Stunting Pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Pannambungan Kota Makassar. *Al GIZZAI: Public Health Nutrition Journal*, 1–15. <https://doi.org/10.24252/algizzai.v1i1.19078>
- Wadu, L. B., Gultom, A. F., & Pantus, F. (2020). Penyediaan Air Bersih Dan Sanitasi: Bentuk Keterlibatan Masyarakat Dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.20527/kewarganegaraan.v10i2.9318>
- Yahya, M. (2022). Algoritma K-Means Untuk Klasifikasi Provinsi di Indonesia Berdasarkan Paket Pelayanan Stunting. *PANRITA: Journal of Science, Technology, and Arts*, 1(2), Article 2.

