Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan seringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. **HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

1. Data Penelitian

Data penelitian ini terdiri dari data kuantitatif yang diperoleh dari website resmi Kementerian Kesehatan, Profil Kesehatan Indonesia, Laporan per Semester Tim Percepatan Penurunan Stunting (TPPS) Provinsi Kalimantan Tengah, dan Website Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Tengah, dan data kualitatif yang diperoleh dari hasil wawancara tim peneliti dengan Kepala Bagian Kesehatan Masyarakat, Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, Anggota TPPS Kalteng dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Penelitian, dan Pengembangan (Bappedalitbang) Provinsi Kalimantan tengah, dan Satgas TPPS Provinsi Kalimantan Tengah dari BKKBN Provinsi Kalimantan Tengah. Data yang dikumpulkan digunakan sebagai dasar penyusunan model matematika dan estimasi nilai-nilai parameter dalam model. Peneliti menggunakan data tahun 2022 sebagai acuan dengan pertimbangan kelengkapan data pada tahun tersebut.

Berikut adalah data kuantitatif penelitian ini yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Data Kuantitatif Penelitian

No.	Data	Jumlah/Persentase	Sumber
1	Prevalensi Stunting	27,4% 26,92 % 23,5%	(1), (2)
2	Jumlah balita beresiko stunting	72153	(3)
3	Jumlah balita stunting	11051	(3)
4	Jumlah balita bermasalah gizi mendapat intervensi	4246	(3)
5	Jumlah balita beresiko stunting yang status gizinya menjadi normal setelah menerima intervensi gizi	812	(3)
6	Total balita bermasalah gizi	186688	(3)
7	Total balita	221900	(4)
8	Tingkat kematian balita	0,081	(4)
9	Jumlah kelahiran	45446	(4)
10	Cakupan intervensi gizi untuk balita stunting	0,81%	(5)
11	Cakupan intervensi gizi pada balita beresiko stunting	58%	(5)
12	Efektivitas intervensi gizi pada balita beresiko stunting	30%	(5)
13	Rumah tangga yang memiliki akses air minum layak	77,72%	(5)
14	Keluarga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak (jamban sehat)	73,6%	(5)
15	Rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak	76,31%	(5)
16	Jumlah keluarga beresiko stunting	157405	(6)

Adapun data kualitatif hasil wawancara Tim Peneliti dengan narasumber dirangkum dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Daftar Data Kualitatif Hasil Wawancara

No.	Data
1	Penanganan stunting di Kalimantan Tengah menjadi program prioritas Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah
2	Program penanganan stunting di Kalimantan Tengah yang meliputi intervensi spesifik dan intervensi sensitif berfokus pada pencegahan stunting
3	Terdapat beberapa program pencegahan stunting yang dilakukan antara lain Program Makanan Tambahan (PMT), Gerakan Bapak/Bunda Asuh, Dapur Sehat Atasi Stunting.
4	PMT berupa pemberian makanan tambahan dari jenis makanan lokal berprotein hewani tinggi yang mudah didapat dan mudah diolah seperti telur, ikan, dll. Melalui program ini pula diberikan edukasi kepada para ibu tentang makanan apa saja yang bermanfaat untuk mencegah stunting dan

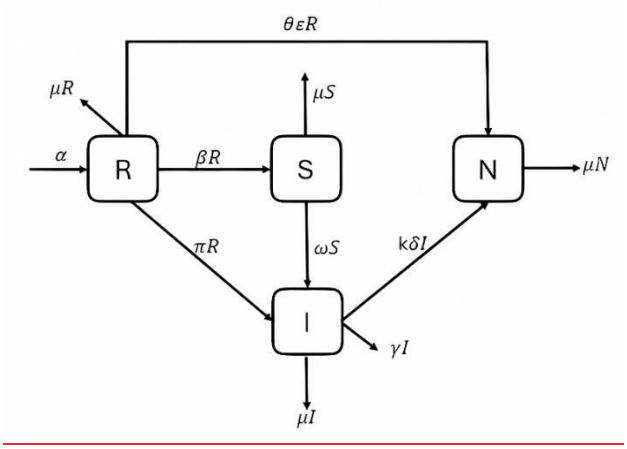
	bagaimana cara pengolahannya.
5	PMT dilakukan terus menerus selama 2-3 bulan lamanya, setelah itu dilakukan pengecekan berat badan balita penerima intervensi, jika berat badan belum normal maka pemberian makanan tambahan dilanjutkan, jika sudah normal maka dihentikan. PMT hanya diberikan kepada balita maksimal hingga usia 5 tahun.
6	Banyaknya balita beresiko stunting yang berubah status menjadi stunting tidak terdeteksi, selama ini hanya dilihat berdasarkan jumlah kasus.
7	Balita dengan status gizi kurang, balita dengan status gizi buruk, balita dengan berat badan kurang, balita yang tidak naik berat badannya, termasuk balita beresiko stunting.
8	Intervensi gizi spesifik pada balita beresiko stunting memiliki efek sebesar 30% sedangkan intervensi gizi sensitif sebesar 70%.
9	Baik balita beresiko stunting maupun balita yang telah stunting diberikan intervensi gizi.
10	Terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh Tim dalam melaksanakan program intervensi terutama di daerah-daerah pelosok sehingga pelaksanaan program masih kurang maksimal.

2. Hasil Analisis

Pemodelan matematika pengendalian stunting di Kalimantan Tengah ini dilakukan dengan tiga skenario, yaitu: (1) pemodelan dengan fokus pada intervensi gizi dengan asumsi balita yang normal status gizinya setelah diintervensi tidak akan kembali menjadi beresiko stunting, (2) pemodelan dengan melibatkan intervensi gizi dan sanitasi, dan (3) pemodelan dengan fokus pada intervensi gizi berbasis pangan lokal dengan asumsi balita yang normal status gizinya setelah diintervensi dapat kembali beresiko stunting. Model ini adalah model kompartemen deterministik yang menggambarkan hubungan individu antar kelompok dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi transisi antar kelompok tersebut.

2.1 Model Matematika dengan Skenario Intervensi Gizi tanpa Sanitasi (Model 1)

Diagram kompartemen yang menunjukkan transisi antar kelompok disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Kompartemen Model Matematika Stunting dengan Skenario Intervensi Gizi

Variabel-variabel yang digunakan dalam pemodelan ini adalah:

1) Proporsi balita berisiko stunting (R),
2) Proporsi balita stunting (S),
3) Proporsi balita yang menerima intervensi gizi (I), dan
4) Proporsi balita yang berhasil mencapai status gizi normal setelah menerima intervensi gizi (N).

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

α = Tingkat masuknya balita baru ke dalam kelompok berisiko stunting (R)
β = Laju transisi balita dari kelompok berisiko stunting (R) ke kelompok balita stunting (S)
π = Laju transisi balita dari kelompok R ke kelompok I untuk menerima intervensi gizi
μ = Tingkat kematian bayi
ω = Laju transisi balita dari kelompok balita stunting (S) ke kelompok balita yang menerima intervensi gizi (I)
δ = Laju pemulihan balita dari risiko stunting
k = Proporsi balita berisiko stunting yang berhasil mencapai status gizi normal setelah menerima intervensi gizi

ε = Efektivitas intervensi gizi dalam mencegah balita berisiko stunting menjadi stunting
θ = Cakupan intervensi gizi pada balita berisiko stunting
γ = Laju keluarnya balita dari kelompok balita yang menerima intervensi gizi (I) karena sudah melewati batas usia 5 tahun

Model matematika ini dibangun berdasarkan beberapa asumsi untuk menyederhanakan realitas yang kompleks. Berikut adalah asumsi-asumsi tersebut:
1) Intervensi gizi difokuskan untuk mencegah balita berisiko stunting menjadi stunting
2) Jumlah kematian balita di setiap kompartemen sama
3) Balita yang telah mengallami stunting tidak dapat pulih ke keadaan normal meskipun telah menerima intervensi gizi.
4) Balita yang berhaisl mencapai status gizi normal setelah menerima intervensi gizi tidak kembali menjadi berisiko stunting dan mengalami stunting.
5) Balita stunting memiliki akses intervensi yang saa dengan balita berisiko stunting.
6) Balita yang menerima intervensi gizi terdistribusi merata di rentang usia 0 – 5 tahun.
7) Tidak ada balita yang masuk atau keluar provinsi selama periode simulasi.

Sistem Persamaan Diferensial Biasa sebagai model matematika pengendalian stunting dengan pengaruh intervensi gizi dengan skenario 1 (Model 1) adalah:

$$\begin{aligned}\frac{dR}{dt} &= \alpha - \beta R - \pi R - \theta\varepsilon R - \mu R\\ \frac{dS}{dt} &= \beta R - \omega S - \mu S\\ \frac{dI}{dt} &= \pi R + \omega S - k\delta I - \mu I - \gamma I\\ \frac{dN}{dt} &= k\delta I + \theta\varepsilon R - \mu N\end{aligned} \qquad (1)$$

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap model matematika yang telah diperoleh meliputi penentuan titik ekuilibrium, analisis kestabilan titik ekuilibrium, dan analisis sensitivitas parameter dalam model.

1) Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium berguna untuk menyelidiki perilaku dari solusi sistem (1) yang tidak bergantung terhadap waktu (7). Titik ekuilibrium sistem persamaan (1) terdiri dari titik ekuilibrium bebas stunting (TE_0) dan titik ekuilibrium stunting (TE^*).

Titik ekuilibrium bebas stunting ($S = 0$):

$$(TE_0) = (R_0, S_0, I_0, N_0) = \left(\frac{\alpha}{\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon}, 0, \frac{\pi\alpha}{(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)(k\delta+\mu+\gamma)}, \frac{k\delta\pi\alpha+\theta\varepsilon\alpha(k\delta+\mu+\gamma)}{(\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)(k\delta+\mu+\gamma)}\right).$$

Titik ekuilibrium stunting ($S \neq 0$):

$$TE^* = (R^*, S^*, I^*, N^*) = \left(\begin{array}{c} \frac{\alpha}{\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon}, \frac{\beta\alpha}{(\omega+\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)}, \frac{\pi\alpha(\omega+\mu)+\omega\beta\alpha}{(\omega+\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)(k\delta+\mu+\gamma)}, \\ \frac{k\delta\pi\alpha(\omega+\mu)+k\delta\omega\beta\alpha+(\theta\varepsilon\alpha)(\omega+\mu)(k\delta+\mu+\gamma)}{(\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)(k\delta+\mu+\gamma)(\omega+\mu)} \end{array}\right)$$

2) Analisis Kestabilan

Dalam model 1, analisis kestabilan dilakukan dengan menghitung nilai eigen dari matriks Jacobian dari Sistem (1) yaitu:

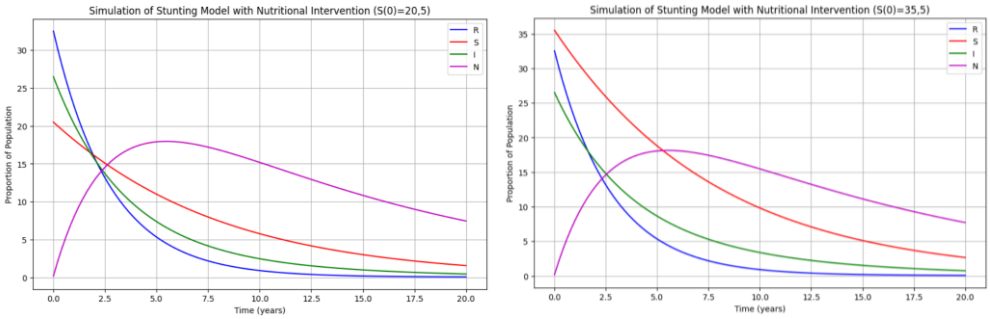
$$J_f = \begin{bmatrix} -(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon) & 0 & 0 & 0 \\ \beta & -(\omega+\mu) & 0 & 0 \\ \pi & \omega & -(k\delta+\mu+\gamma) & 0 \\ \theta\varepsilon & 0 & k\delta & -\mu \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, diperoleh nilai-nilai eigen sebagai berikut berdasarkan polinom karakteristik dari matriks jacobian tersebut:

$\lambda_1 = -(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)$, $\lambda_2 = -(\omega+\mu), \lambda_3 = -(k\delta+\mu+\gamma)$, dan $\lambda_4 = -\mu$.

Diketahui bahwa setiap parameter nilainya positif, maka $\lambda_1 < 0$, $\lambda_2 < 0$, $\lambda_3 < 0$, and $\lambda_4 < 0$. Karena setiap bagian real dari nilai eigen tersebut adalah negatif, maka Model (1) stabil asimtotik lokal di titik ekuilibrium (R_0, S_0, I_0, N_0) and (R^*, S^*, I^*, P^*). Ini merupakan suatu kondisi tertentu dimana setiap proporsi balita di setiap kompartemen adalah tetap (konstan). Berdasarkan Kriteria Routh-Hurwitz, Model (1) stabil asimtotik lokal, artinya jika terjadi perubahan kecil pada setiap proporsi dalam model, maka sistem akan

cenderung kembali pada kondisi ekuilibrium tersebut secara perlahan seiring berjalannya waktu. Hal tersebut tampak dalam simulasi pada Gambar 2. Meskipun nilai awal untuk proporsi balita stunting bervariasi, kedua simulasi menunjukkan proporsi balita stunting (S(0)) mendekati 0 sepanjang waktu.



Gambar 2. Simulasi Model 1 Bersifat Stabil Asimtotik Lokal

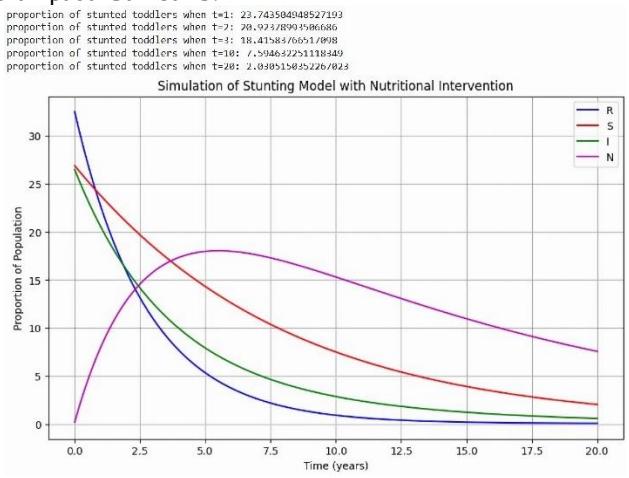
3) Simulasi Numerik

Simulasi dilakukan untuk menentukan rasionalitas interpretasi model (8). Simulasi model (1) yaitu pengendalian stunting dengan fokus pada intervensi gizi, tanpa melibatkan faktor sanitasi lingkungan. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai awal dan parameter seperi pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Awal dan Nilai Parameter Model 1

Parameter	Value	Source
$R(0)$	32,52	Hasil perhitungan
$S(0)$	26,9	(5), (6)
$I(0)$	26,4965	Hasil perhitungan
$N(0)$	0,19	Hasil perhitungan
α	0,0168	Hasil perhitungan
β	0,00692	Hasil perhitungan
π	0,0081	Hasil perhitungan
μ	0,081	Hasil perhitungan
ω	0,05	Asumsi
δ	0,1912	Hasil perhitungan
k	0,2	Hasil perhitungan
ε	0,3	Hasil perhitungan
θ	0,891	Hasil perhitungan
γ	0,2	Asumsi

Hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Simulasi Model 1 tanpa Pengaruh Sanitasi

Simulasi menunjukkan intervensi gizi efektif mencegah dan menurunkan prevalensi stunting di Kalimantan Tengah. Terlihat penurunan signifikan pada kurva R (balita berisiko stunting), S (balita

stunting), dan I (balita yang menerima intervensi gizi), serta peningkatan pada kurva N (balita yang pulih). Hal ini diilustrasikan dengan Gambar 3 yang menunjukkan bagaimana prevalensi stunting tanpa memperhitungkan faktor sanitasi berhasil menurun dari 26,9% menjadi 23,74% pada tahun pertama, 2023. Pada tahun kedua, 2024, diperkirakan akan menurun sekali lagi menjadi 20,92%, dan pada tahun ketiga, 2025, diperkirakan akan menurun sekali lagi menjadi 18,41%. Prevalensi stunting jangka panjang juga dapat diproyeksikan oleh model ini; menurut temuan simulasi, prevalensi yang diharapkan adalah 7,59% pada tahun kesepuluh, atau 2023, dan 2,03% pada tahun kedua puluh, atau 2042. Prediksi prevalensi stunting pada tahun 2023 hampir sama nilainya dengan prevalensi stunting sesungguhnya di Kalimantan Tengah pada tahun 2023, yaitu sebesar 23,5%.

4) Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan utnuk mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi prevalensi stunting. Untuk mengukur sensitivitas ini, kami menghitung indeks sensitivitas ternormalisasi, yang didefinisikan sebagai rasio perubahan relatif dalam variabel terhadap perubahan relatif dalam parameter (9), (10). Analisis ini dilakukan terhadap parameter $\alpha, \beta, \pi, \omega, \varepsilon,$ dan θ yang mungkin memiliki pengaruh signifikan terhadap prevalensi stunting dengan nilai parameter sesuai Tabel 3.

Tabel 4. Indeks Sensitivitas Ternormalisasi

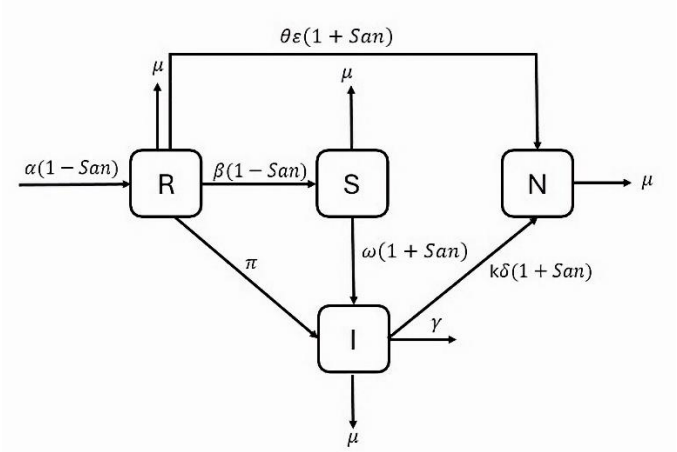
Parameter	Value	Equation of Sensitivity	Normalized Sensitivity Index	$S^* = 0.00244$	
				p-20%	p+20%
α	0,0168	1	1	0.00084	0.01764
β	0,00692	$\frac{(\omega+\mu)(\pi+\mu+\theta\varepsilon)}{(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)}$	0.1285049	0.00195	0.00059
π	0,0081	$\frac{-\alpha\beta}{(\omega+\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)^2}$	0.006723	0.0077	0.00851
ω	0,05	$\frac{\omega}{(\omega+\mu)}$	0.381679	0.0475	0.0525
ε	0,3	$\frac{-\alpha\beta\theta}{(\omega+\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)^2}$	-0.005991	0.285	0.315
θ	0,891	$\frac{-\alpha\beta\varepsilon}{(\omega+\mu)(\beta+\pi+\mu+\theta\varepsilon)^2}$	-0.0020169	0.8465	0.9356

Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter α, yaitu laju masuknya balita baru ke dalam kelompok berisiko stunting, merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap perubahan proporsi balita berisiko stunting atau prevalensi stunting. Semakin tinggi α berarti semakin banyak balita yang berpotensi stunting. Parameter selanjutnya yang mempengaruhi prevalensi stunting adalah ω, yaitu laju transisi balita dari kelompok balita stunting (S) ke kelompok balita yang mendapat intervensi gizi (I). Meskipun diasumsikan balita stunting tidak pulih setelah intervensi, namun ω yang tinggi dapat memperlambat laju pertambahan balita stunting dan menurunkan prevalensi stunting secara keseluruhan. Dalam hal ini, intervensi gizi tetap penting untuk mengurangi dampak negatif stunting, seperti meningkatkan status kesehatan, mendukung perkembangan kognitif, dan mencegah komplikasi lebih lanjut. Setidaknya intervensi gizi tetap berkontribusi untuk meningkatkan kualitas hidup mereka dan mengurangi beban stunting secara keseluruhan.

2.2 Model Matematika dengan Skenario Intervensi Gizi dan Sanitasi (Model 2)

Model matematika yang kedua ini merupakan modifikasi model skenario 1 (model 1) yaitu dengan menambahkan parameter sanitasi (San) yaitu tingkat sanitasi di lingkungan yang nilainya 0 sampai 1, dengan 0 mewakili sanitasi yang sangat buruk, dan 1 mewakili sanitasi yang sangat baik.

Diagram kompartemen yang menggambarkan transisi dari satu kelompok ke kelompok lain dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Kompartemen Model Matematika Stunting
dengan Pengaruh Intervensi Gizi dan Sanitasi Berbasis ODE

Sistem Persamaan Diferensial Biasa sebagai model matematika pengendalian stunting dengan pengaruh intervensi gizi dan sanitasi (Model 2) adalah:

$$\begin{aligned}
\frac{dR}{dt} &= \alpha(1-San) - \beta(1-San)R - \pi R - \theta\varepsilon(1+San)R - \mu R \\
\frac{dS}{dt} &= \beta(1-San)R - \omega(1+San)S - \mu S \\
\frac{dI}{dt} &= \pi R + \omega(1+San)S - k\delta(1+San)I - \mu I - \gamma I \\
\frac{dN}{dt} &= k\delta(1+San)I + \theta\varepsilon(1+San)R - \mu N
\end{aligned} \tag{2}$$

dengan kondisi awal $R(0), S(0), I(0)$, dan $N(0)$ non negatif.

Penambahan faktor sanitasi (San) ke dalam model memberikan pengaruh terhadap beberapa parameter model. Sanitasi buruk (San mendekati 0) akan meningkatkan laju masuk balita baru ke dalam kelompok balita beresiko stunting (α), meningkatkan laju transisi balita beresiko stunting menjadi stunting (β), mengurangi efektivitas intervensi gizi (ε), memperlambat laju transisi balita stunting untuk menerima intervensi gizi (ω), serta memperlambat laju pemulihan balita beresiko stunting menjadi status gizi normal (δ).

1) Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium sistem persamaan (3) terdiri dari titik ekuilibrium bebas stunting (TE_0) dan titik ekuilibrium stunting (TE^*).

Titik ekuilibrium bebas stunting ($S = 0$) yaitu $(TE_0) = (R_0, S_0, I_0, N_0) = (0,0,0,0)$. Kondisi ini terjadi hanya jika tingkat sanitasi di lingkungan sangat baik (San=1).

Titik ekuilibrium stunting ($S \neq 0$) yaitu:

$$TE^* = (R^*, S^*, I^*, N^*)$$

$$= \left(\begin{array}{c} \dfrac{\alpha(1-San)}{\beta(1-San)+\pi+\mu+\theta\varepsilon(1-San)}, \dfrac{\alpha\beta(1-San)^2}{[\beta(1-San)+\pi+\mu+\theta\varepsilon(1-San)][\omega(1+San)+\mu]}, \\ \dfrac{\pi\alpha(1-San)(\omega(1+San)+\mu)+\omega\beta\alpha(1+San)(1-San)^2}{[\beta(1-San)+\pi+\mu+\theta\varepsilon(1-San)][\omega(1+San)+\mu][(k\delta(1+San)+\mu+\gamma)]}, \\ \dfrac{[k\delta(1+San)][\pi\alpha(1-San)(\omega(1+San)+\mu)+\omega\beta\alpha(1+San)(1-San)^2]+[\theta\varepsilon\alpha(1+San)(1-San)][[\omega(1+San)+\mu][(k\delta(1+San)+\mu+\gamma)]]}{[\mu][\beta(1-San)+\pi+\mu+\theta\varepsilon(1-San)][\omega(1+San)+\mu][(k\delta(1+San)+\mu+\gamma)]} \end{array} \right)$$

2) Analisis Kestabilan

Analisis kestabilan dilakukan dengan menghitung nilai eigen dari matriks Jacobian Model (3). Matriks Jacobian dari Model (3) ini adalah:

$$J_f = \begin{bmatrix} -(\beta(1-San)+\pi+\mu+\theta\varepsilon(1-San)) & 0 & 0 & 0 \\ \beta(1-San) & -(\omega(1+San)+\mu) & 0 & 0 \\ \pi & \omega(1+San) & -(k\delta(1+San)+\mu+\gamma) & 0 \\ \theta\varepsilon(1+San) & 0 & k\delta(1+San) & -\mu \end{bmatrix}$$

Polinomial karakteristik dari Matriks Jacobian J_f adalah:

$$P(\lambda) = det(\lambda I - J_f)$$

$=$

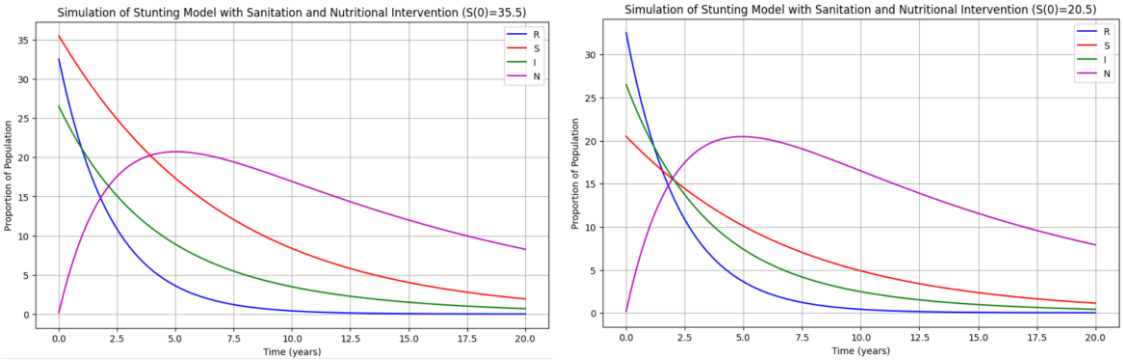
$$det\begin{bmatrix} \lambda + (\beta(1-San) + \pi + \mu + \theta\varepsilon(1-San) & 0 & 0 & 0 \\ -\beta(1-San) & \lambda + (\omega(1+San) + \mu) & 0 & 0 \\ -\pi & -\omega(1+San) & \lambda + (k\delta(1+San) + \mu + \gamma) & 0 \\ -\theta\varepsilon(1+San) & 0 & -k\delta(1+San) & \lambda + \mu \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, diperoleh nilai-nilai eigen dari polinom karakteristik yaitu :

$\lambda_1 = -\big(\beta(1-San) + \pi + \mu + \theta\varepsilon(1-San)\big)$, $\lambda_2 = -(\omega(1+San) + \mu)$,

$\lambda_3 = -(k\delta(1+San) + \mu + \gamma)$, dan $\lambda_4 = -\mu$.

Diketahui bahwa setiap parameter nilainya positif, maka $\lambda_1 < 0$, $\lambda_2 < 0$, $\lambda_3 < 0$, and $\lambda_4 < 0$. Berdasarkan Kriteria Routh-Hurwitz, Model (1) stabil asimtotik lokal, artinya jika terjadi perubahan kecil pada setiap proporsi dalam model, maka sistem akan cenderung kembali pada kondisi ekuilibrium tersebut secara perlahan seiring berjalannya waktu. Ini berlaku hanya jika setiap proporsi balita di setiap kompartemen adalah tetap (konstan). Hal tersebut tampak dalam simulasi pada Gambar 5. Meskipun nilai awal untuk proporsi balita stunting bervariasi, kedua simulasi menunjukkan proporsi balita stunting (S(0)) mendekati 0 sepanjang waktu.



Gambar 5. Simulasi Model 2 Bersifat Stabil Asimtotik Lokal

3) Simulasi Numerik

Simulasi numerik dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai kondisi awal dan parameter yang sama dengan Model 1 yaitu sesuai dengan Tabel 1, dengan penambahan parameter tingkat sanitasi lingkungan yaitu San. Nilai parameter San diperoleh dengan perhitungan menggunakan metode indeks yaitu mengalikan persentase rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi layak (jamban sehat) sebesar 73,6%, persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap air minum layak sebesar 77,72%, dan persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak sebesar 76,31% (5), yaitu:

$$San = (73{,}6\%)(77{,}72\%)(76{,}31\%) = 0{,}4365 = 43{,}65\%$$

Hasil yang diperoleh kemudian dinormalisasi menjadi berkisar antara 0 dan 1 dengan metode Min_Max Normalisation (11), dengan rumus:

$$San_{norm} = {(San - San_{min})}\Big/{(San_{max} - San_{min})}$$

Dengan

San_{norm} : nilai sanitasi hasil normalisasi

San : nilai sanitasi sebenarnya (hasil perkalian dengan metode indeks)

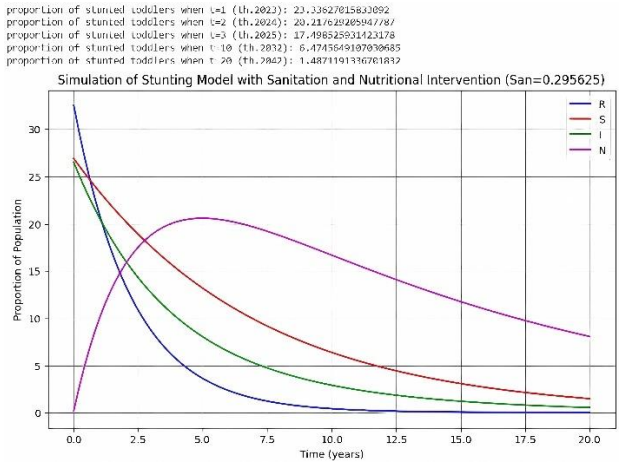
San_{min} : nilai sanitasi minimum

San_{max} : nilai sanitasi maksimum

Diasumsikan data sanitasi berkisar antara 20% hingga 100%, maka nilai sanitasi hasil normalisasi adalah:

$$San_{norm} = {(43{,}65 - 20)}\Big/{(100 - 20)} = 0{,}295625$$

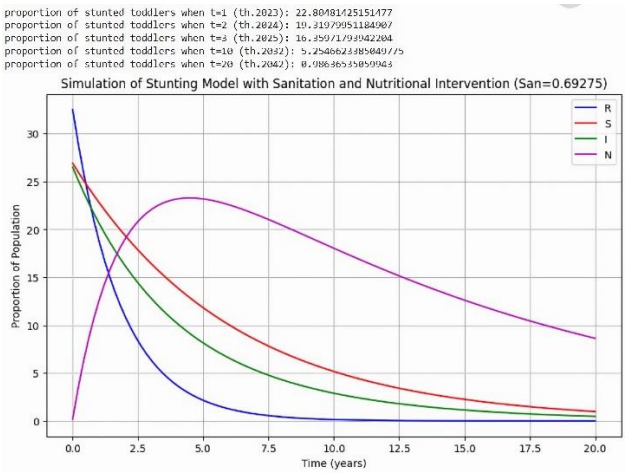
Nilai $San_{norm} = 0{,}295625$ ini kemudian digunakan sebagai nilai parameter San dalam model ini. Hasil simulasi model (2) ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Simulasi Model dengan Pengaruh Intervensi Gizi dan Sanitasi (tingkat sanitasi (San)=0,295625)

Gambar 6 mengilustrasikan bagaimana prevalensi stunting berhasil menurun dari 26,9% menjadi 23,34% pada tahun pertama, 2023, ketika faktor sanitasi diperhitungkan. Pada tahun kedua, 2024, diperkirakan akan menurun sekali lagi menjadi 20,22%, dan pada tahun ketiga, 2025, diperkirakan akan menurun sekali lagi menjadi 17,49%. Prevalensi stunting jangka panjang juga dapat diproyeksikan oleh model ini; menurut temuan simulasi, prevalensi yang diharapkan adalah 6,47% pada tahun kesepuluh, atau 2023, dan 1,49% pada tahun kedua puluh, atau 2042.

Selanjutnya model (2) tersebut disimulasikan kembali dengan menaikkan tingkat sanitasi lingkungan. Ini dilakukan dengan cara meningkatkan persentase sebesar 20% masing-masing untuk rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi layak (jamban sehat) sebesar 88,32%, rumah tangga yang memiliki akses terhadap air minum layak sebesar 93,26%, dan rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak sebesar 91,57%, sehingga tingkat sanitasi $(San) = 75{,}42\%\%$. Berikutnya dilakukan normalisasi dan diperoleh nilai sanitasi yaitu 0,69275. Berikut adalah grafik yang menunjukkan dinamika stunting dengan pengaruh sanitasi dan intervensi gizi dengan tingkat sanitasi 75,4%. Hasil simulasi model (2) dengan tingkat sanitasi sebesar 0,69275 ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Simulasi Model dengan Pengaruh Intervensi Gizi dan Sanitasi (tingkat sanitasi (San)=0,69275)

Gambar 7 mengilustrasikan bagaimana prevalensi stunting berhasil menurun dari 26,9% menjadi 22,80% pada tahun pertama, 2023, ketika faktor sanitasi diperhitungkan. Pada tahun kedua, 2024, diperkirakan akan menurun sekali lagi menjadi 19,32%, dan pada tahun ketiga, 2025, diperkirakan akan menurun sekali lagi menjadi 16,36%. Prevalensi stunting jangka panjang juga dapat diproyeksikan oleh model ini; menurut temuan simulasi, prevalensi yang diharapkan adalah 5,26% pada tahun kesepuluh, atau 2023, dan 0,99% pada tahun kedua puluh, atau 2042.

Berdasarkan analisis terhadap model 1 dan model 2 , dapat disimpulkan bahwa intervensi gizi efektif dalam menurunkan prevalensi stunting. Namun penurunan tersebut akan lebih cepat dicapai jika memperhitungkan

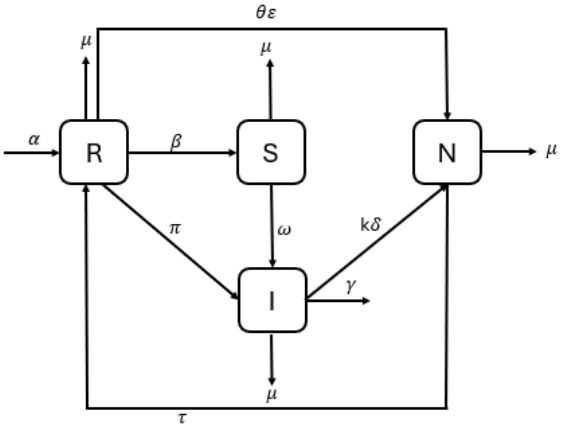
faktor sanitasi. Semakin baik tingkat sanitasi, maka efektivitas intervensi gizi semakin baik dan prevalensi stunting semakin cepat menurun Hal ini dapat dilihat dari perubahan nilai-nilai prevalensi stunting yang berbeda dari kedua model tersebut dan dari tahun ke tahun. Perubahan nilai prevalensi berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut dirangkum dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perubahan Prevalensi Stunting Berdasarkan Hasil Simulasi Model 1 dan Model 2

	Tingkat Sanitasi (San)	Prevalensi Stunting (%) tahun ke-					
		1	2	3	---	10	20
Intervensi Gizi Tanpa Sanitasi (Model 1)	0	23,74	20,92	18,42	...	7,59	2,03
Intervensi Gizi dan Sanitasi (Model 2)	0,295625	23,34	20,22	17,49	...	6,47	1,49
	0,69275	22,80	19,32	16,36	---	5,26	0,99

2.3 Model Matematika dengan Skenario Intervensi Gizi Berbasis Pangan Lokal dengan Memanfaatkan Ikan Gabus dan Daun Kelor

Model ketiga ini fokus pada pengendalian stunting dengan skenario intervensi gizi berbasis pangan lokal yaitu dengan memanfaatkan ikan gabus dan daun kelor. Selain asumsi yang digunakan pada Model 1 dan Model 2, Model 3 ini juga mengasumsikan bahwa balita yang normal status gizinya setelah diintervensi dapat kembali beresiko stunting. Dengan demikian terdapat perbedaan diagram kompartemen dengan model sebelumnya, yaitu sebagai berikut.



Gambar 8. Diagram Kompartemen Model Stunting dengan Intervensi Berbasis Pangan Lokal (Ikan Gabus dan Daun Kelor)

Parameter yang sama seperti pada model 1 dan model 2 (Tabel 3) juga digunakan dalam model ini, namun terdapat parameter baru yang ditambahkan yaitu parameter τ yang menunjukkan laju transisi balita yang telah normal setelah intervensi menjadi beresiko stunting kembali.

Sistem persamaan diferensial biasa menggambarkan dinamika stunting dengan intervensi gizi berbasis pangan lokal ini adalah:

$$\begin{aligned}
\frac{dR}{dt} &= \alpha - \beta R - \pi R - \theta\varepsilon R - \mu R + \tau N \\
\frac{dS}{dt} &= \beta R - \omega S - \mu S \\
\frac{dI}{dt} &= \pi R + \omega S - k\delta I - \mu I - \gamma I \\
\frac{dN}{dt} &= k\delta I + \theta\varepsilon R - \mu N - \tau N
\end{aligned} \tag{3}$$

Dengan kondisi awal $R(0), S(0), I(0)$, dan $N(0)$ non negatif.

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap model matematika yang telah diperoleh meliputi penentuan titik ekuilibrium, analisis kestabilan titik ekuilibrium, dan analisis sensitivitas parameter dalam model.

1) Titik Ekuilibrium

Sistem (3) tidak memiliki titik ekuilibrium bebas stunting, karena tidak ada solusi yang memenuhi persamaan, ini menunjukkan bahwa stunting selalu ada dalam populasi walaupun dengan tingkat prevalensi tertentu.Sistem ini hanya memiliki titik ekuilibrium stunting, $(S \neq 0)$ yaitu $TE^* = (R^*, S^*, I^*, N^*)$, dengan:

$$R^* = \alpha(\delta k\mu^2 + \delta k\mu\omega + \delta k\mu\tau + \delta k\omega\tau + \gamma\mu^2 + \gamma\mu\omega + \gamma\mu\tau + \gamma\omega\tau + \mu^3 + \mu^2\omega + \mu^2\tau + \mu\omega\tau)/(\beta\delta k\mu^2 + \beta\delta k\mu\omega + \beta\delta k\mu\tau + \beta\gamma\mu^2 + \beta\gamma\mu\omega + \beta\gamma\mu\tau + \beta\gamma\omega\tau + \beta\mu^3 + \beta\mu^2\omega + \beta\mu^2\tau + \beta\mu\omega\tau + \delta\varepsilon k\mu^2\theta + \delta\varepsilon k\mu\omega\theta + 2\delta k\mu^3 + 2\delta k\mu^2\omega + 2\delta k\mu^2\tau + 2\delta k\mu^2\tau + 2\delta k\mu\omega\tau - \delta k\mu\pi\tau - \delta k\omega\pi\tau + \varepsilon\gamma\mu^2\theta + \varepsilon\gamma\mu\omega\theta + \varepsilon\mu^3\theta + \varepsilon\mu^2\omega\theta + 2\gamma\mu^3 + 2\gamma\mu^2\omega + 2\gamma\mu^2\tau + 2\gamma\mu\omega\tau + 2\mu^4 + 2\mu^3\omega + 2\mu^3\tau + 2\mu^2\omega\tau)$$

$$S^* = \alpha\beta(\delta k\mu + \delta k\tau + \gamma\mu + \gamma\tau + \mu^2 + \mu\tau)/(\beta\delta k\mu^2 + \beta\delta k\mu\omega + \beta\delta k\mu\tau + \beta\gamma\mu^2 + \beta\gamma\mu\omega + \beta\gamma\mu\tau + \beta\gamma\omega\tau + \beta\mu^3 + \beta\mu^2\omega + \beta\mu^2\tau + \beta\mu\omega\tau + \delta\varepsilon k\mu^2\theta + \delta\varepsilon k\mu\omega\theta + 2\delta k\mu^3 + 2\delta k\mu^2\omega + 2\delta k\mu^2\omega\tau + 2\delta k\mu\omega\tau - \delta k\mu\pi\tau - \delta k\omega\pi\tau + \varepsilon\gamma\mu^2\theta + \varepsilon\gamma\mu\omega\theta + \varepsilon\mu^3\theta + \varepsilon\mu^2\omega\theta + 2\gamma\mu^3 + 2\gamma\mu^2\omega + 2\gamma\mu^2\tau + 2\gamma\mu\omega\tau + 2\mu^4 + 2\mu^3\omega + 2\mu^3\tau + 2\mu^2\omega\tau)$$

$$I^* = \alpha(\beta\mu\omega + \beta\omega\tau + \mu^2\pi + \mu\omega\pi + \mu\pi\tau + \omega\pi\tau)/(\beta\delta k\mu^2 + \beta\delta k\mu\omega + \beta\delta k\mu\tau + \beta\gamma\mu^2 + \beta\gamma\mu\omega + \beta\gamma\mu\tau + \beta\gamma\omega\tau + \beta\mu^3 + \beta\mu^2\omega + \beta\mu^2\tau + \beta\mu\omega\tau + \delta\varepsilon k\mu^2\theta + \delta\varepsilon k\mu\omega\theta + 2\delta k\mu^3 + 2\delta k\mu^2\omega + 2\delta k\mu^2\tau + 2\delta k\mu\omega\tau - \delta k\mu\pi\tau - \delta k\omega\pi\tau + \varepsilon\gamma\mu^2\theta + \varepsilon\gamma\mu\omega\theta + \varepsilon\mu^3\theta + \varepsilon\mu^2\omega\theta + 2\gamma\mu^3 + 2\gamma\mu^2\omega + 2\gamma\mu^2\tau + 2\gamma\mu\omega\tau + 2\mu^4 + 2\mu^3\omega + 2\mu^3\tau + 2\mu^2\omega\tau)$$

$$N^* = \alpha(\beta\delta k\omega + \delta\varepsilon k\mu\theta + \delta\varepsilon k\omega\theta + \delta k\mu\pi + \delta k\omega\pi + \varepsilon\gamma\mu\theta + \varepsilon\gamma\omega\theta + \varepsilon\mu^2\theta + \varepsilon\mu\omega\theta)/(\beta\delta k\mu^2 + \beta\delta k\mu\omega + \beta\delta k\mu\tau + \beta\gamma\mu^2 + \beta\gamma\mu\omega + \beta\gamma\mu\tau + \beta\gamma\omega\tau + \beta\mu^3 + \beta\mu^2\omega + \beta\mu^2\tau + \beta\mu\omega\tau + \delta\varepsilon k\mu^2\theta + \delta\varepsilon k\mu\omega\theta + 2\delta k\mu^3 + 2\delta k\mu^2\omega + 2\delta k\mu^2\tau + 2\delta k\mu\omega\tau - \delta k\pi\tau - \delta k\omega\pi\tau + \varepsilon\gamma\mu^2\theta + \varepsilon\gamma\mu\omega\theta + \varepsilon\mu^3\theta + \varepsilon\mu^2\omega\theta + 2\gamma\mu^3 + 2\gamma\mu^2\omega + 2\gamma\mu^2\tau + 2\gamma\mu\omega\tau + 2\mu^4 + 2\mu^3\omega + 2\mu^3\tau + 2\mu^2\omega\tau)$$

2) Analisis Kestabilan

Matriks Jacobian dari Sistem (3) adalah :

$$J_{(TE^*)} = \begin{bmatrix} -(\beta + \pi + \theta\varepsilon + \mu) & 0 & 0 & -\tau \\ \beta & -(\omega + \mu) & 0 & 0 \\ \pi & \omega & -(k\delta + \mu + \gamma) & 0 \\ \theta\varepsilon & 0 & k\delta & -(\mu + \tau) \end{bmatrix}$$

Persamaan karakteristik: $J_{E^*} - \lambda I = 0$ yaitu:

$$a_0\lambda^4 + a_1\lambda^3 + a_2\lambda^2 + a_3\lambda + a_4 = 0$$

dengan

$a_0 = 1,$

$a_1 = \beta + \delta k + \varepsilon\theta + \gamma + \omega + \pi + \tau + 4\mu,$

$a_2 = \beta\delta k + \beta\gamma + 3\beta\mu + \delta\varepsilon k\theta + 3\delta k\mu + \varepsilon\gamma\theta + 3\varepsilon\mu\theta + \varepsilon\omega\theta + 3\gamma\mu + 6\mu^2 + \omega\pi + \omega\tau + \pi\tau + 3\mu\omega + 3\mu\pi + 3\mu\tau,$

$a_3 = 2\beta\delta k\mu + \beta\delta k\omega + \beta\delta k\tau + 2\beta\gamma\mu + \beta\gamma\omega + \beta\gamma\tau + 3\beta\mu^2 + 2\beta\mu\omega + 2\beta\mu\tau + \beta\omega\tau + 2\delta\varepsilon k\mu\theta + \varepsilon k\omega\theta + 3\delta k\mu^2 + 2\delta k\mu\omega + 2\delta k\mu\pi + 2\delta k\mu\tau + \delta k\omega\pi + \delta k\omega\tau + 2\varepsilon\gamma\mu\theta + \varepsilon\gamma\omega\theta + 3\varepsilon\mu^2\theta + 2\varepsilon\mu\omega\theta + 3\gamma\mu^2 + 2\gamma\mu\omega + 2\gamma\mu\pi + 2\gamma\mu\tau + \gamma\omega\pi + \gamma\omega\tau + \gamma\pi\tau + 4\mu^3 + 3\mu^2\omega + 3\mu^2\pi + 3\mu^2\tau + 2\mu\omega\pi + 2\mu\omega\tau + 2\mu\pi\tau,$

$a_4 = \beta\delta k\mu^2 + \beta\delta k\mu\omega + \beta\delta k\mu\tau + \beta\gamma\mu^2 + \beta\gamma\mu\omega + \beta\gamma\mu\tau + \beta\gamma\omega\tau + \beta\mu^3 + \beta\mu^2\omega + \beta\mu^2\tau + \beta\mu\omega\tau + \delta\varepsilon k\mu^2\theta + \delta\varepsilon k\mu\omega\theta + \delta k\mu^3 + \delta k\mu^2\omega + \delta k\mu^2\pi + \delta k\mu^2\tau + \delta k\mu\omega\pi + \delta k\mu\omega\tau + \varepsilon\gamma\mu^2\theta + \varepsilon\gamma\mu\omega\theta + \varepsilon\mu^3\theta + \varepsilon\mu^2\omega\theta + \gamma\mu^3 + \gamma\mu^2\omega + \gamma\mu^2\pi + \gamma\mu^2\tau + \gamma\mu\omega\pi + \gamma\mu\omega\tau + \gamma\mu\pi\tau + \gamma\omega\pi\tau + \mu^4 + \mu^3\omega + \mu^3\pi + \mu^3\tau + \mu^2\omega\pi + \mu^2\omega\tau + \mu^2\pi\tau + \mu\omega\pi\tau.$

Berdasarkan kriteria kestabilan Routh-Hurwitz, titik ekuilibrium (R^*, S^*, I^*, N^*) stabil asimtotik lokal jika $a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0, a_4 > 0, a_1a_2 - a_3 > 0,$ and $(a_1a_2 - a_3)a_3 - a_1{}^2a_4 > 0$ (12).

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai parameter pada Tabel 3 diperoleh nilai-nilai koefisien pada persamaan karakteristik yang telah diperoleh, yaitu:

$a_0 = 1,$

$a_1 = 1.10016,$

$a_2 = 0.28606190079999994,$

$a_3 = 0.0668196859776,$

$a_4 = 0.003161420447956799,$ and

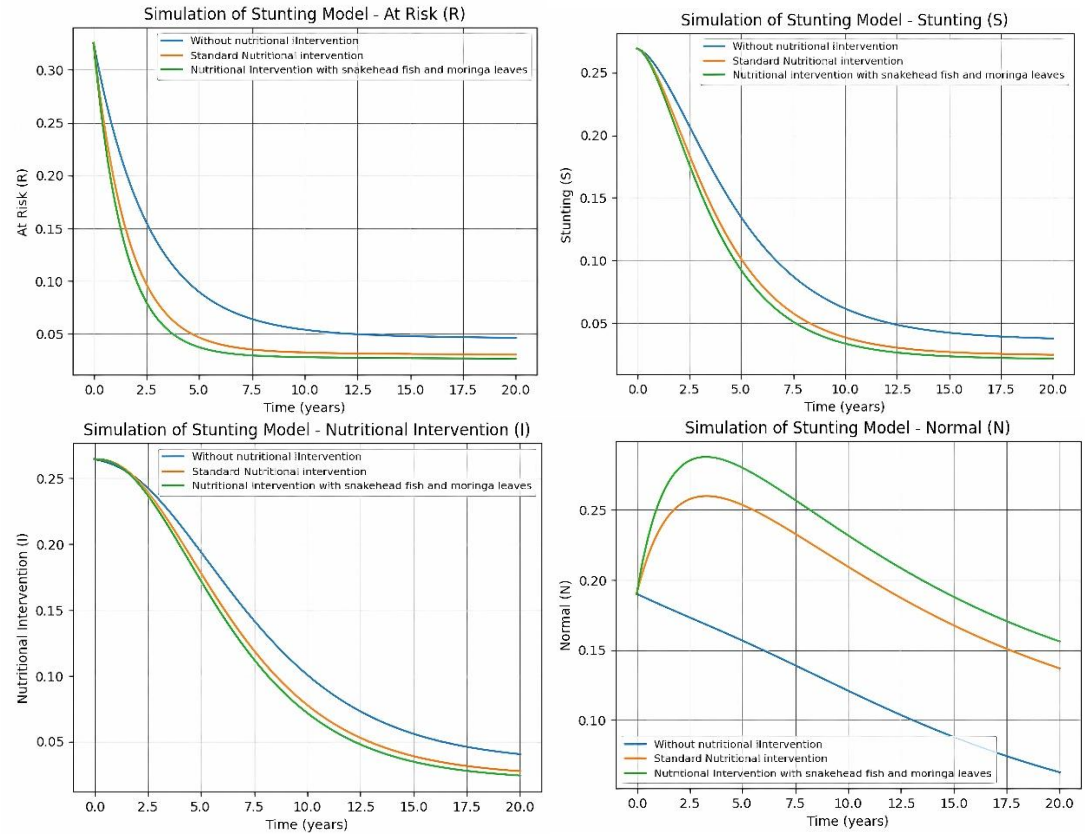
$a_1a_2 - a_3 = 0.22532556610541005,$

$(a_1a_2 - a_3)a_3 - {a_1}^2a_4 = 0.05138393947026817.$

Nilai-nilai tersebut memenuhi kriteria kestabilan Routh-Hurwitz. Dengan demikian, titik ekuilibrium stunting sistem (3) bersifat stabil asimtotik lokal. Hal ini mengindikasikan bahwa kejadian stunting akan tetap ada dalam populasi namun masih terkontrol, prevalensinya pada nilai tertentu.

3) Simulasi Numerik

Simulasi kali ini dilakukan dengan tiga skenario, yaitu tanpa intervensi gizi, intervensi gizi standar yaitu tanpa ikan gabus dan daun kelor, dan intervensi gizi dengan bahan pangan lokal yaitu ikan gabus dan daun kelor.



Gambar 9. Simulasi Model Dinamika Stunting di Kalimantan Tengah dengan skenario tanpa intervensi gizi, dengan intervensi gizi standar dan intervensi berbasis bahan pangan lokal

Hasil simulasi (Gambar 9) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara perubahan proporsi balita pada masing-masing kompartemen dari waktu ke waktu dengan dan tanpa intervensi gizi. Pada kelompok R (berisiko stunting), proporsi balita yang berisiko stunting lebih cepat menurun apabila diberikan intervensi gizi terutama dengan ikan gabus dan daun kelor. Pada kelompok S (stunting) penurunan prevalensi stunting lebih cepat dengan intervensi gizi dibandingkan tanpa intervensi gizi. Penurunan ini menjadi lebih cepat lagi apabila dilakukan intervensi gizi dengan pemberian makanan berbahan ikan gabus dan daun kelor. Pada kelompok I (intervensi gizi), proporsi balita yang mendapat intervensi gizi menurun lebih cepat dibandingkan dengan skenario tanpa intervensi gizi, terutama jika diberikan ikan gabus dan daun kelor. Penurunan ini sejalan dengan penurunan prevalensi stunting. Selanjutnya, pada kelompok N (Normal), proporsi balita yang pulih dari risiko stunting lebih tinggi pada skenario dengan intervensi gizi berbasis pangan lokal, dengan ikan gabus dan daun kelor, diikuti dengan intervensi gizi dan tanpa intervensi gizi.

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa intervensi gizi berbasis pangan lokal sangat membantu dalam menurunkan prevalensi stunting, khususnya di Kalimantan Tengah.

Berdasarkan hasil dan analisis, dapat disimpulkan bahwa: 1) model matematika ini menunjukkan bahwa intervensi gizi berbasis pangan lokal memiliki efek positif dalam menurunkan prevalensi stunting di Kalimantan Tengah, 2) berdasarkan simulasi model, dapat disimpulkan bahwa intervensi gizi yang lebih luas dan lebih ekstensif dapat menurunkan angka stunting pada anak di Kalimantan Tengah, 3) penggunaan pangan lokal, seperti ikan gabus dan daun kelor, dalam penanganan gizi berpotensi meningkatkan efektivitas dan mempercepat

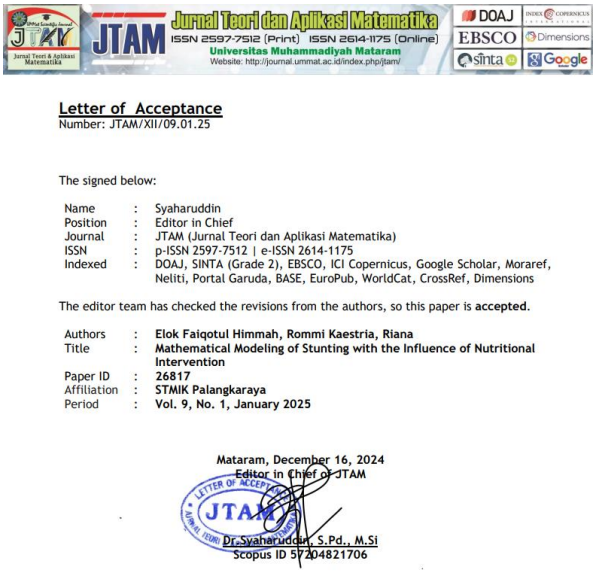
penurunan prevalensi stunting. Tim peneliti menyarankan kepada Pemerintah Daerah Kalimantan Tengah untuk memperluas jangkauan dan intensitas penanganan gizi berbasis pangan lokal, khususnya bagi anak-anak yang berisiko mengalami stunting, mengoptimalkan pemanfaatan pangan lokal dalam program intervensi gizi, seperti ikan gabus dan daun kelor, dan memperkuat program penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya pola makan seimbang dan pemanfaatan pangan lokal untuk mencegah stunting.

3. Capaian Luaran

Penelitian ini berhasil memenuhi luaran yang dijanjikan, dengan tercapainya publikasi artikel ilmiah di Jurnal Nasional Terakreditasi SINTA 2 sebagai luaran wajib, serta luaran tambahan berupa prosiding seminar internasional dan Hak Kekayaan Intelektual.

D. **STATUS LUARAN**: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran melalui BIMA.

Jenis luaran wajib penelitian ini adalah Jurnal Nasional Terakreditasi SINTA 2. Sebagian dari hasil penelitian ini telah dinyatakan diterima untuk dipublikasikan pada Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika (JTAM) terakreditasi SINTA 2 Volume 9 No.1 Bulan Januari 2025 dengan judul artikel "Mathematical Modeling of Stunting with the Influence of Nutritional Intervention". Berikut adalah Letter of Acceptance (LoA) dari tim redaksi JTAM.



JTAM Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika
ISSN 2597-7512 (Print) ISSN 2614-1175 (Online)
Universitas Muhammadiyah Mataram
Website: http://journal.ummat.ac.id/index.php/jtam/

Letter of Acceptance
Number: JTAM/XII/09.01.25

The signed below:

Name	:	Syaharuddin
Position	:	Editor in Chief
Journal	:	JTAM (Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika)
ISSN	:	p-ISSN 2597-7512 | e-ISSN 2614-1175
Indexed	:	DOAJ, SINTA (Grade 2), EBSCO, ICI Copernicus, Google Scholar, Moraref, Neliti, Portal Garuda, BASE, EuroPub, WorldCat, CrossRef, Dimensions

The editor team has checked the revisions from the authors, so this paper is **accepted**.

Authors	:	**Elok Faiqotul Himmah, Rommi Kaestria, Riana**
Title	:	**Mathematical Modeling of Stunting with the Influence of Nutritional Intervention**
Paper ID	:	**26817**
Affiliation	:	**STMIK Palangkaraya**
Period	:	**Vol. 9, No. 1, January 2025**

Mataram, December 16, 2024
Editor in Chief of JTAM

Dr. Syaharuddin, S.Pd., M.Si
Scopus ID 57204821706

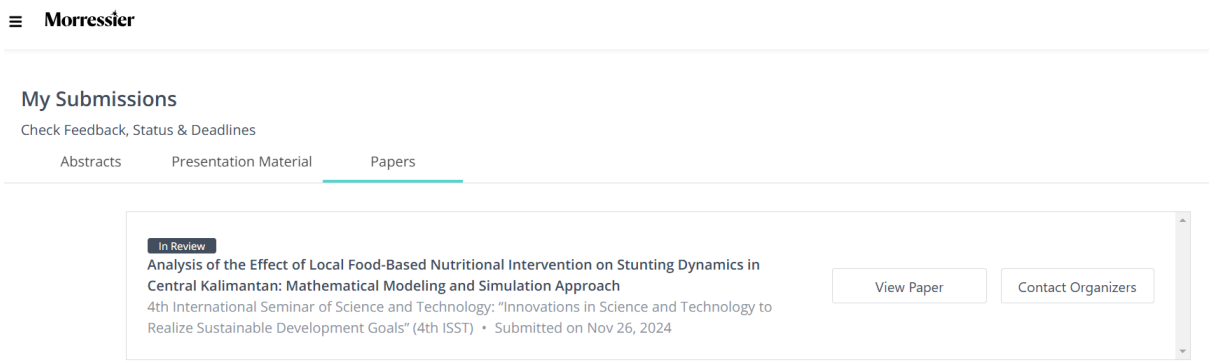
Gambar 5. LoA Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika (JTAM)

Adapun sebagian lain hasil penelitian ini telah dipresentasikan pada 4th International Seminar of Science and Technology: "Innovations in Science and Technology to Realize Sustainable Development Goals" (4th ISST), Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Indonesia, pada Tanggal 17 Oktober 2024. Judul artikel yang dipresentasikan adalah : "Analysis of the Effect of Local Food-Based Nutritional Intervention on Stunting Dynamics in Central Kalimantan: Mathematical Modeling and Simulation Approach". Berikut adalah sertifikat bukti keikutsertaan sebagai pemakalah dalam kegiatan tersebut.

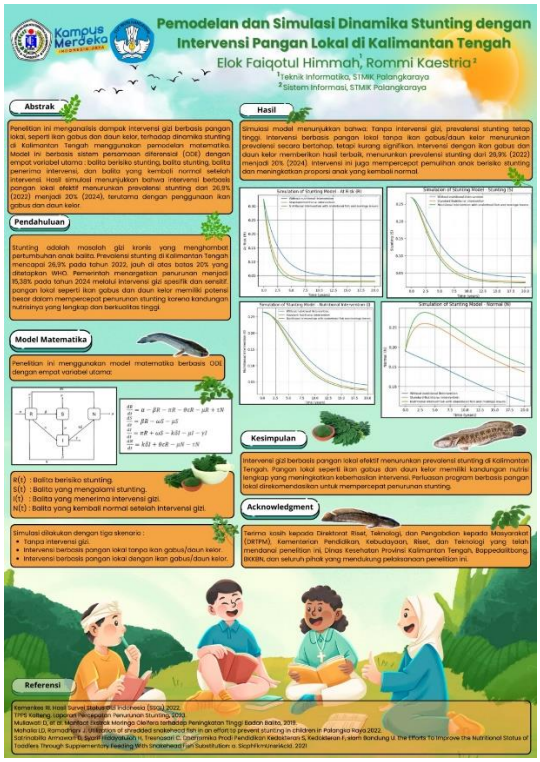


Gambar 6. Sertifikat Pemakalah pada 4th International Seminar of Science and Technology"

Artikel tersebut saat ini direncanakan terbit dalam Prosiding Internasional yaitu IOP Conference Series: Earth and Environmental Science dan masih dalam tahap *in review*, berikut disajikan buktinya.



Selain publikasi jurnal dan prosiding, peneliti juga telah membuat sebuah poster salah satu hasil penelitian ini dan telah mendapatkan pengakuan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dari Kemenkumham RI. Berikut adalah sertifikat HKI dan poster yang diakui.





E**. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* serta mengunggah bukti dokumen pendukung sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra dapat diunggah melalui BIMA.

Catatan:
Bagian ini wajib diisi untuk penelitian terapan, untuk penelitian dasar (Fundamental, Pascasarjana, PKDN, Dosen Pemula) boleh mengisi bagian ini (tidak wajib) jika melibatkan mitra dalam pelaksanaan penelitiannya

……
……
……
……
……

F. **KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN**: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang dihadapi peneliti dalam pelaksanaan penelitian ini terutama pada saat pengumpulan data. Sulitnya menemui beberapa narasumber dan keterbatasan data yang tersedia. Selain itu lama waktu penelitian hingga pelaporan yang cukup singkat, ditambah dengan kesibukan peneliti dalam menjalankan kewajiba lainnya sebagai dosen, sangat menguras energi. Kendala lainnya adalah laptop yang berulang kali bermasalah dan harus diperbaiki.

G. **RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian selanjutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana penelitian selanjutnya adalah mengembangkan model matematika stunting hasil penelitian ini dengan menambahkan pengaruh vaksinasi (imunisasi) pada balita di Kalimantan Tengah terhadap prevalensi stunting di wilayah ini. Setelah itu, penambahan kontrol optimal pada ibu hamil dalam model pengendalian stunting direncanakan untuk penelitian selanjutnya.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. TPPS Kalteng. Laporan Semester 1: Penyelenggaraan Percepatan Penurunan Stunting. Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah. Palangka Raya; 2023.
2. Kemenkes RI. Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022. Kemenkes. 2022;1–150.
3. Kemenkes. Pengukuran dan Intervensi Serentak Pencegahan Stunting [Internet]. [cited 2024 Sep 19]. Available from: https://sigiziterpadu.kemkes.go.id/ppgbm/index.php/Dashboard/stunting
4. BPS. Provinsi Kalimantan Tengah dalam Angka [Internet]. 2023. Available from: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
5. Kemenkes. Profil Kesehatan Indonesia. Jakarta; 2024.
6. TPPS. Laporan Semester 2: Penyelenggaraan Percepatan Penurunan Stunting. Palangka Raya; 2023.
7. Engida Sado A. Mathematical Modeling of Cervical Cancer with HPV Transmission and Vaccination. Sci J Appl Math Stat. 2019;7(2):21.
8. Fahcruddin I, Harianto J, Fitrial D. Mathematical Modeling of Foot and Mouth Disease Spread on Livestock using Saturated Incidence Rate. JTAM (Jurnal Teor dan Apl Mat. 2023;7(1):34.
9. Ziyadi N, Yakubu AA. Local and Global Sensitivity Analysis in a Discrete-Time SEIS Epidemic Model. Adv Dyn Syst Appl [Internet]. 2016;11(1):15–33. Available from: http://www.ripublication.com/adsa.htm
10. El Bhih A, Benfatah Y, Hassouni H, Balatif O, Rachik M. Mathematical modeling, sensitivity analysis, and optimal control of students awareness in mathematics education. Partial Differ Equations Appl Math [Internet]. 2024;11(July):100795. Available from: https://doi.org/10.1016/j.padiff.2024.100795
11. Henderi H. Comparison of Min-Max normalization and Z-Score Normalization in the K-nearest neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer. IJIIS Int J Informatics Inf Syst. 2021;4(1):13–20.
12. Rosyada FS, Widowati, Hariyanto S. Local stability analysis of an influenza virus transmission model case study: Tondano health center in pekalongan city. J Phys Conf Ser. 2019;1217(1).