

SOLUSI NUMERIK MODEL PENYAKIT ANEMIA MENGGUNAKAN METODE RUNGE KUTTA ORDE EMPAT DI KABUPATEN GOWA

[Numerical Solution Of Anemia Disease Using The Runge-Kutta Fourth-Order Method]

Nur Syam^{1)*}, Ilham Syata²⁾, Try Azisah Nurman³⁾

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

nursyam0027@gmail.com(corresponding)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan model matematika penyakit anemia secara numerik menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Model matematika yang digunakan adalah model SAR yang berbentuk sistem persamaan diferensial yang mencakup jumlah populasi yang rentan (S), populasi yang Anemia (A), dan populasi manusia sembuh (R) sebagai nilai awal. Model ini dianalisis dan disimulasikan dengan nilai $\mu, \alpha, \beta, \varepsilon, \pi$ sebagai parameter dan dilakukan sebanyak beberapa iterasi dengan waktu interval atau $h = 0.5$ bulan. Nilai awal yang diberikan yaitu $S_0 = 12881, A_0 = 129, R_0 = 129$. Hasil simulasi pada iterasi pertama adalah besar laju populasi yang rentan (S) = 12754, populasi yang Anemia (A) = 128 dan populasi yang sembuh (R) = 192. Pada iterasi kedua besar laju populasi yang rentan (S) = 12630, populasi yang Anemia (A) = 126 dan populasi yang sembuh (R) = 254. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa laju populasi yang rentan dan populasi yang anemia mengalami penurunan, sedangkan untuk populasi sembuh mengalami peningkatan.

Kata kunci: Anemia; solusi numerik; model SAR; runge kutta orde empat.

ABSTRACT

This study aims to solve the mathematical model of anaemia disease numerically using the Runge-Kutta fourth-order method. The mathematical model used is a SAR model in the form of a system of differential equations that includes the number of susceptible populations (S), anaemic populations (A), and recovered human populations (R) as initial values. This model is analysed and simulated with the values of $\mu, \alpha, \beta, \varepsilon, \pi$ as parameters and carried out as many as several iterations with an interval time or $h = 0.5$ months. The initial values given are $S_0 = 12881, A_0 = 129, R_0 = 129$. The simulation results in the first iteration are the rate of susceptible population (S) = 12754, anaemic population (A) = 128 and recovered population (R) = 192. In the second iteration the rate of susceptible population (S) = 12630, anaemic population (A) = 126 and recovered population (R) = 254. From the results obtained it can be concluded that the rate of susceptible population and anaemic population has decreased, while for the recovered population has increased.

Keywords: Anemia; numerical solution; SAR model; runge kutta fourth order method

PENDAHULUAN

Anemia merupakan masalah gizi yang umum terjadi di seluruh dunia, tidak hanya terjadi di negara berkembang tetapi juga di negara maju (Maharani, 2020). Ada sekitar dua miliar orang menderita penyakit anemia dengan prevalensi tertinggi di Asia dan Afrika. Organisasi kesehatan dunia WHO (2023) menyatakan bahwa anemia merupakan salah satu dari sepuluh masalah kesehatan terbesar di zaman

modern ini, dimana kelompok yang berisiko tinggi menderia anemia adalah anak kecil, wanita hamil dan pasca melahirkan, serta remaja putri dan wanita yang sedang menstruasi. Wanita hamil, khususnya, sangat rentan terhadap anemia karena kebutuhan zat besi yang meningkat selama kehamilan untuk mendukung pertumbuhan janin dan volume darah yang lebih besar (Yani, Sulhawa, Sartika, & Sari, 2023).

Penyakit anemia pada ibu hamil adalah kondisi dimana jumlah sel darah merah dalam tubuh ibu hamil berkurang atau kadar hemoglobinya kurang dari nilai normal. Anemia pada ibu hamil didefinisikan sebagai kadar hemoglobin di bawah 11 g/dL pada trimester I dan III, serta di bawah 10,5 g/dL pada trimester II (Arisanti, Wulandari, & Anggraini, 2022). Kondisi ini bisa terjadi karena kekurangan zat besi, asam folat, vitamin B12, atau gangguan dalam produksi sel darah merah. Anemia pada ibu hamil bisa memiliki dampak yang serius terhadap kesehatan ibu dan janin yang dikandungnya. Ibu hamil dengan anemia dapat mengalami kelelahan, penurunan daya tahan tubuh, kesulitan dalam persalinan, dan bahkan meningkatkan risiko komplikasi pada janin seperti kelahiran prematur atau berat badan lahir rendah.

Hampir dua pertiga atau sekitar 63% kasus anemia pada ibu hamil disebabkan oleh kekurangan zat besi (Nugroho, Rahmadi, Sutrio, & Sari, 2023). Kekurangan zat besi dapat menghambat pertumbuhan, baik sel tubuh maupun sel otak. Zat besi diperlukan untuk pembentukan sel darah merah yang membawa oksigen ke seluruh tubuh. Ibu hamil membutuhkan lebih banyak zat besi selama kehamilan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan janin. Anemia pada ibu hamil dapat dicegah dengan berbagai cara, seperti konsumsi makanan yang kaya zat besi, suplementasi zat besi, dan edukasi kesehatan. Penting untuk mendeteksi dan mengobati anemia pada ibu hamil sedini mungkin untuk mencegah komplikasi (Yulianto, Sartono, & Nazaren, 2021).

Untuk mengatasi anemia, perlu dilakukan pencegahan dan penanganan anemia, termasuk dengan mengonsumsi tablet zat besi dan rutin melakukan pemeriksaan ke dokter kandungan. Program pemberian tablet zat besi pada setiap ibu hamil yang berkunjung ke pelayanan kesehatan nyatanya masih belum mampu menurunkan jumlah penderita anemia kehamilan secara signifikan (Kartika, Savitri, & Wahyuni, 2020). Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi numerik yang dapat membantu dalam memodelkan dan mengoptimalkan pengobatan anemia.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memodelkan penyakit anemia adalah dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Metode ini merupakan suatu teknik numerik untuk menyelesaikan permasalahan persamaan diferensial yang banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk dalam kesehatan.

Runge Kutta orde empat merupakan metode numerik yang tidak menggunakan perhitungan turunan dan memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi dalam menyelesaikan bentuk persamaan diferensial. Umumnya ketelitian solusi metode numerik bergantung pada nilai yang digunakan pada ukuran langkah. Ukuran langkah yang kecil yang digunakan akan memperoleh solusi yang semakin bagus. Teknik ini menghasilkan solusi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode numerik yang lebih sederhana, seperti metode Euler (Hurit & Sudi Mungkasi, 2021).

Dalam metode Runge-Kutta orde empat, solusi numerik diperoleh dengan menghitung nilai pendekatan solusi pada empat titik di dalam interval waktu tertentu, dan kemudian menggunakan nilai ini untuk menghitung nilai rata-rata tertimbang dari keempat titik. Metode ini memungkinkan perhitungan yang akurat, efisien dan relatif mudah untuk diimplementasikan dari solusi numerik persamaan diferensial (Enkekes & Mardianto, 2022). Dengan metode Runge-Kutta orde empat ini, kita bisa dengan lebih akurat memprediksi perkembangan penyakit dan membuat keputusan yang lebih baik dalam menghadapi situasi krisis kesehatan.

Metode Runge-Kutta Orde Empat memberikan solusi yang lebih akurat dibandingkan metode numerik lainnya, sehingga sangat berguna dalam prediksi penyebaran penyakit. Beberapa penelitian yang menggunakan metode runge kutta orde empat diantaranya yaitu penelitian di kaji Hikmawati Pathuddin, Risnawati Ibnas, & Rismayanti (2022) dengan menggunakan model SIR untuk penyebaran Covid-19 menggunakan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah kasus terinfeksi Covid-19 meningkat dari hari kehari. Penelitian lainnya dilakukan oleh Anwar, A., Rahmat Syam, Muh. Isbar Pratama, & Syafruddin Side (2021) dengan menggunakan model SEIRS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SEIRS memiliki titik keseimbangan bebas kecanduan dan titik keseimbangan endemik yang stabil. Selain itu, penelitian ini menemukan bahwa tingkat kecanduan game online pada mahasiswa matematika tidak mengkhawatirkan, karena tidak menyebabkan kecanduan pada mahasiswa lain.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan. Penelitian terapan merupakan salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Gowa. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

N : Jumlah populasi ibu hamil

S : Jumlah ibu hamil yang rentan terkena penyakit anemia

A : Jumlah ibu hamil yang menderita penyakit anemia

R : Jumlah ibu hamil yang sembuh dari penyakit anemia

Adapun prosedur penelitian yang diterapkan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Mengambil data sekunder untuk data penyakit anemia yang berasal dari Dinas Kesehatan (Dinkes) Kabupaten Gowa.
2. Membuat model penyakit anemia.
3. Mencari nilai-nilai parameter yang akan digunakan.
4. Menyelesaikan model penyakit menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.
5. Interpretasi hasil solusi numerik model menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.
6. Menarik kesimpulan pada solusi numerik model menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.

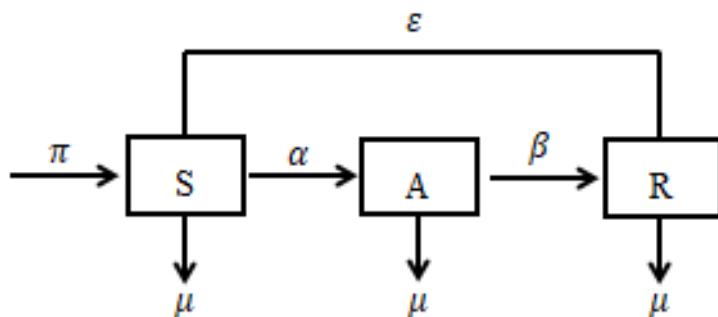
HASIL DAN PEMBAHASAN

Model SAR pada Penyakit Anemia

Model Penyakit Anemia yang dideskripsikan pada penelitian ini, terdiri dari 3 populasi yaitu populasi S (Populasi Ibu hamil yang rentan menderita Penyakit Anemia), populasi A (Populasi Ibu hamil yang telah menderita Penyakit Anemia), Populasi R (Populasi Ibu hamil yang sudah sembuh dari Penyakit Anemia). Dalam model ini, persamaan diferensial akan menggambarkan perubahan jumlah populasi dari rentan menjadi Anemia dan kemudian sembuh dari penyakit tersebut. Dengan asumsi asumsi sebagai berikut:

1. Jumlah populasi konstan
2. Populasi rentan dapat bertambah karena adanya kelahiran
3. Tidak ada kematian akibat penyakit lain Individu yang menderita penyakit anemia dapat sembuh

Diagram model SAR penyakit Anemia pada Ibu hamil:



Gambar 1 Diagram alur model SAR penyakit Anemia pada Ibu hamil

Berdasarkan asumsi dan Gambar 1, model matematika untuk penderita penyakit anemia sebagai berikut:

$$\frac{dS}{dt} = f(t, S, A, R) = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon)S \quad (1)$$

$$\frac{dA}{dt} = g(t, S, A, R) = \alpha S - (\mu + \beta)A \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = h(t, S, A, R) = \beta A - \mu R \quad (3)$$

Nilai Awal dan Nilai Parameter Model SAR

Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kabupaten Gowa pada tahun 2022 jumlah populasi Ibu hamil yang ada di Kabupaten Gowa yaitu sebesar 13139 ribu jiwa. Populasi Ibu hamil yang Susceptible (rentan) memderita penyakit Anemia dihitung dengan mengurangkan jumlah populasi Ibu hamil dengan jumlah populasi Ibu hamil yang Anemia dan populasi Ibu hamil Recovered (sembuh), yaitu

$$S = N - (A + R) = 13139 - (129 + 129) = 12881 \text{ jiwa.}$$

Rincian nilai awal untuk setiap variabel pada model SIR adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai awal model SAR penyakit Anemia Ibu hamil

Variabel	Nilai (Jiwa)	Keterangan
S_0	12881	Data Populasi individu yang rentan menderita penyakit Anemia di Dinas Kesehatan Kabupaten Gowa
A_0	129	Data Populasi individu yang menderita penyakit Anemia di Dinas Kesehatan Kabupaten Gowa
R_0	129	Data Populasi individu yang telah sembuh dari penyakit Anemia di Dinas Kesehatan Kabupaten Gowa

Adapun rincian nilai parameter yang digunakan pada model SAR penyakit Anemia Ibu hamil dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Parameter model SAR penyakit Anemia Ibu hamil

Parameter	Definisi	Nilai
π	Tingkat kelahiran individu	186,554
α	Tingkat individu rentan menjadi individu anemia	0,01001475
μ	Laju kematian alami individu	0,01419849
β	Laju kesembuhan individu	1
ε	Tingkat individu rentan menjadi individu sembuh	0,01001475

Solusi Numerik

Model SAR yang didapatkan pada persamaan (1), (2) dan (3) disubstitusikan pada persamaan runge-kutta orde empat sehingga diperoleh:

$$S_{1+i} = S_i + \frac{1}{6}(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)h \quad (4)$$

$$A_{1+i} = A_i + \frac{1}{6}(n_1 + 2n_2 + 2n_3 + n_4)h \quad (5)$$

$$R_{1+i} = R_i + \frac{1}{6}(p_1 + 2p_2 + 3p_3 + p_4)h \quad (6)$$

Dengan

$$m_1 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon)S_i$$

$$n_1 = \alpha S_i - (\mu + \beta)A_i$$

$$p_1 = \beta A_i - \mu R_i$$

$$m_2 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) \left(S_i + m_1 \frac{1}{2}h \right)$$

$$n_2 = \alpha \left(S_i + m_1 \frac{1}{2}h \right) - (\mu + \beta) \left(A_i + n_1 \frac{1}{2}h \right)$$

$$p_2 = \beta \left(A_i + n_1 \frac{1}{2}h \right) - \mu \left(R_i + p_1 \frac{1}{2}h \right)$$

$$m_3 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) \left(S_i + m_2 \frac{1}{2} h \right)$$

$$n_3 = \alpha \left(S_i + m_2 \frac{1}{2} h \right) - (\mu + \beta) \left(A_i + n_2 \frac{1}{2} h \right)$$

$$p_3 = \beta \left(A_i + n_2 \frac{1}{2} h \right) - \mu \left(R_i + p_2 \frac{1}{2} h \right)$$

$$m_4 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) \left(S_i + m_3 \frac{1}{2} h \right)$$

$$n_4 = \alpha \left(S_i + m_3 \frac{1}{2} h \right) - (\mu + \beta) \left(A_i + n_3 \frac{1}{2} h \right)$$

$$p_4 = \beta \left(A_i + n_3 \frac{1}{2} h \right) - \mu \left(R_i + p_3 \frac{1}{2} h \right)$$

Pada iterasi pertama, diberikan nilai awal $S_0 = 12881$, $A_0 = 129$, $R_0 = 129$, dengan jarak langkah atau interval waktu yang akan digunakan yaitu $h = 0,5$ sehingga menghasilkan hasil numerik dari model penyakit Anemia menggunakan metode Runge-Kutta orde empat, seperti yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\begin{aligned} m_1 &= \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) S_0 \\ &= (186,554) - (0,01001475 + 0,01419849 + 0,01001475) 12881 \end{aligned}$$

$$= -254,3367392$$

$$\begin{aligned} n_1 &= \alpha S_0 - (\mu + \beta) A_0 \\ &= (0,01001475)(12881) - (0,01419849 + 1)(129) \end{aligned}$$

$$= -1,83161046$$

$$\begin{aligned} p_1 &= \beta A_0 - \mu R_0 \\ &= (1)(129) - (0,01419849)(129) \end{aligned}$$

$$= 127,1683948$$

$$m_2 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) \left(S_0 + m_1 \frac{1}{2} h \right)$$

$$= (186,554) - (0,01001475 + 0,01419849 + 0,01001475)$$

$$\left(12881 + -254,3367392 \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right)$$

$$= -252,1603803$$

$$n_2 = \alpha \left(S_0 + m_1 \frac{1}{2} h \right) - (\mu + \beta) \left(A_0 + n_1 \frac{1}{2} h \right)$$

$$\begin{aligned} &= 0,01001475 \left(12881 + (-254,3367392) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) - (0,01419849 + 1) \\ &\quad \left(129 + (-1,83161046) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) \end{aligned}$$

$$= -2,003986034$$

$$p_2 = \beta \left(A_0 + n_1 \frac{1}{2} h \right) - \mu \left(R_0 + p_1 \frac{1}{2} h \right)$$

$$= 1 \left(129 + (-1,83161046) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) - 0,01419849$$

$$\left(129 + 127,1683948 \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right)$$

$$= 126,2590924$$

$$m_3 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) \left(S_0 + m_2 \frac{1}{2} h \right)$$

$$= (186,554) - (0,01001475 + 0,01419849 + 0,01001475)$$

$$\left(12881 + (-252,1603803) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right)$$

$$= -252,1790034$$

$$n_3 = \alpha \left(S_0 + m_2 \frac{1}{2} h \right) - (\mu + \beta) \left(A_0 + n_2 \frac{1}{2} h \right)$$

$$= 0,01001475 \left(12881 + (-252,1603803) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) - (0,01419849 + 1)$$

$$\left(129 + (-2,003986034) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right)$$

$$= -1,95483135$$

$$p_3 = \beta \left(A_0 + n_2 \frac{1}{2} h \right) - \mu \left(R_0 + p_2 \frac{1}{2} h \right)$$

$$= 1 \left(129 + (-2,003986034) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) - 0,01419849$$

$$\left(129 + (126,2590924) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right)$$

$$= 126,2192262$$

$$m_4 = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon) \left(S_0 + m_3 \frac{1}{2} h \right)$$

$$= (186,554) - (0,01001475 + 0,01419849 + 0,01001475)$$

$$\left(12881 + (-252,1788441) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right)$$

$$= -252,1788441$$

$$\begin{aligned}
n_4 &= \alpha \left(S_0 + m_3 \frac{1}{2} h \right) - (\mu + \beta) \left(A_0 + n_3 \frac{1}{2} h \right) \\
&= 0,01001475 \left(12881 + (-252,1790034) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) - (0,01428571 + 1) \\
&\quad \left(129 + (-1,954831358) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) \\
&= -1,967341128
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p_4 &= \beta \left(A_0 + n_3 \frac{1}{2} h \right) - \mu \left(R_0 + p_3 \frac{1}{2} h \right) \\
&= 1 \left(129 + (-1,95483135) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) - 0,01428571 \\
&\quad \left(129 + (126,2192262) \left(\frac{1}{2} \right) (0,5) \right) \\
&= 126,2316563
\end{aligned}$$

Nilai m_1 sampai m_4 , n_1 sampai n_4 , dan p_1 sampai p_4 , disubtitusi kedalam persamaan, maka akan didapatkan solusi numerik model SAR pada penderita penyakit Anemia dengan menggunakan metode runge-kutta orde empat iterasi pertama sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
S_1 &= S_0 + \frac{1}{6} (m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)h \\
&= 12881 + \frac{1}{6} ((-254,3367392) + (2(-252,1603803)) + (2(-252,1790034)) + \\
&\quad (-252,1788441))(0,5) \\
&= 12754,7338
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_1 &= A_0 + \frac{1}{6} (n_1 + 2n_2 + 2n_3 + n_4)h \\
&= 129 + \frac{1}{6} ((-1,83161046) + (2(-2,003986034)) + 2(-1,95483135) + (-1,967341128))0,5 \\
&= 128,0236178
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_1 &= R_0 + \frac{1}{6} (p_1 + 2p_2 + 3p_3 + p_4)h \\
&= 129 + \frac{1}{6} ((127,1683948) + (126,2590924) + (126,2192262) + \\
&\quad (126,2316563))0,5 \\
&= 192,1963907
\end{aligned}$$

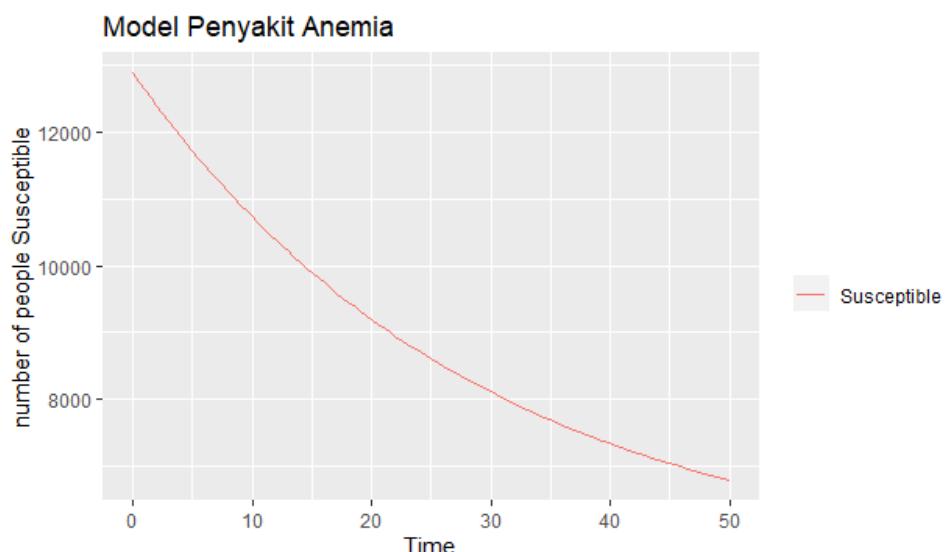
Selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk iterasi selanjutnya hingga iterasi ke-100 atau prediksi laju untuk 50 bulan kedepan pada setiap populasi menggunakan program R-Studio yaitu pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Solusi Numerik Penyakit Anemia Dengan Menggunakan Metode Runge-Kutta Orde Empat

Iterasi	h	S_i	A_i	R_i
1	0,5	12754,7338	128,0236178	192,1963907
2	1	12630,6132	126,9388964	254,4347893
3	1,5	12508,60172	125,7995074	315,6797081
4	2	12388,66353	124,6367071	375,917765
5	2,5	12270,7634	123,4686385	435,1483872
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
96	48	6884,106349	68,47192638	3124,203035
97	48,5	6859,742864	68,22294521	3136,172064
98	49	6835,793379	67,97819487	3147,933132
99	49,5	6812,250857	67,73760348	3159,489803
100	50	6789,108383	67,50110035	3170,845584

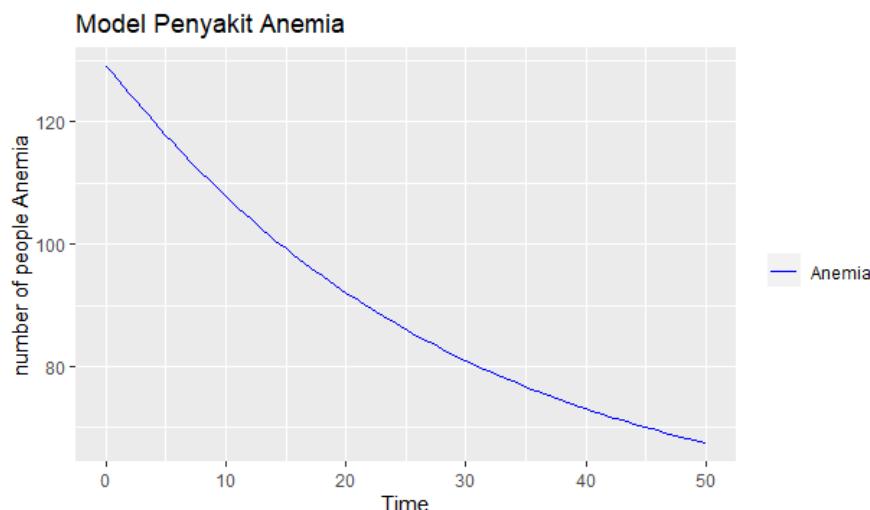
Pada saat $h = 0,5$ minggu besarnya populasi masyarakat yang Susceptible atau rentan Anemia (S) adalah 12754 jiwa, besarnya populasi yang menderita Anemia (A) adalah 128 jiwa, dan besarnya populasi Recovered atau sembuh dari Anemia (R) adalah 192 jiwa. Selanjutnya melakukan hal yang sama yaitu untuk iterasi selanjutnya dengan S_i , A_i , R_i dimana untuk $i = 1,2,3, \dots$ dst sebagai nilai awal.

Plot grafik hasil iterasi solusi numerik menggunakan metode runge-kutta orde empat pada penyakit Anemia untuk setiap Susceptible, Anemia, dan Recovered menggunakan R, akan ditunjukkan pada plot grafik yaitu sebagai berikut:



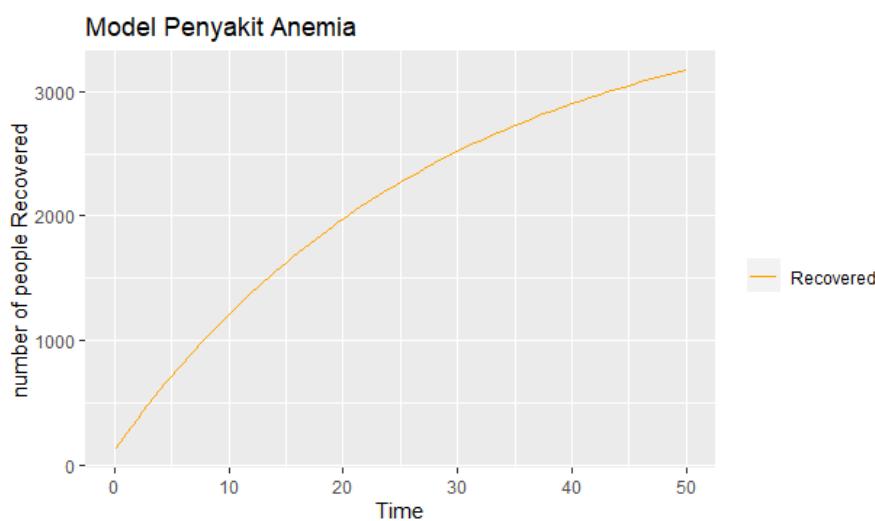
Gambar 2. Jumlah Rentan (Susceptible) yang Penyakit Anemia

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa prediksi laju kelas individu rentan (*Susceptible*) mengalami penurunan setiap bulannya. Pada awal waktu, jumlah individu yang rentan masih tinggi, hal ini dikarenakan ada individu baru yang lahir setiap saat. Namun, seiring waktu, jumlah individu yang rentan akan terus berkurang karena individu yang rentan akan terus menjadi individu anemia atau sembuh.



Gambar 3.Jumlah Penderita Penyakit Anemia

Gambar 3 memperlihatkan bahwa dengan jumlah nilai awal atau A_0 senilai 129 dapat membuat grafik populasi Anemia mengalami penurunan seiring waktu. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah individu yang sembuh dan penurunan jumlah individu yang rentan merupakan faktor utama yang menyebabkan penurunan jumlah individu yang anemia.



Gambar 4.Jumlah Penderita Penyakit Anemia

Grafik yang ditunjukkan dalam gambar 4.4 menunjukkan jumlah orang yang pulih dari anemia dari waktu ke waktu. Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa jumlah orang yang pulih dari anemia meningkat secara bertahap dari waktu ke waktu. Pada bulan pertama, jumlah orang yang pulih adalah 129 jiwa. Jumlah tersebut meningkat menjadi 1977 orang pada bulan ke-20, dan terus meningkat menjadi 3170 orang pada Bulan ke-50.

PENUTUP

Simpulan

Adapun kesimpulan kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model SAR pada penyakit Anemia di Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= f(t, S, A, R) = \pi - (\alpha + \mu + \varepsilon)S \\ &= (186,554) - (0,01001475 + 0,01419849 + 0,01001475)S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{dA}{dt} &= g(t, S, A, R) = \alpha S - (\mu + \beta)A \\ &= 0,01001475S - (0,01419849 + 0,01001475)A \\ \frac{dR}{dt} &= h(t, S, A, R) = \beta A - \mu R = 1A - 0,01419849R\end{aligned}$$

2. Solusi numerik model SAR pada penyakit Anemia dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat dengan jarak langkah atau interval $h = 0,5$ didapatkan pada bulan pertama diperoleh solusi numerik yaitu $S = 12754$, $A = 128$, dan $R = 192$. Selanjutnya mengulangi iterasi hingga iterasi ke-100 atau prediksi untuk 50 bulan ke depan, diperoleh solusi numerik yaitu $S = 6789$, $A = 67$, dan $R = 3170$.

Saran

Adapun saran pada penelitian ini yaitu ketika melakukan perhitungan secara manual penuh dengan ketelitian. Gunakan data yang lebih terbaru, data yang lebih terbaru akan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang perkembangan penyakit anemia. Gunakan model penyakit anemia yang lebih kompleks. Model yang lebih kompleks dapat memasukkan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi perkembangan penyakit anemia, seperti faktor lingkungan dan faktor genetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A., Rahmat Syam, Muh. Isbar Pratama, & Syafruddin Side. (2021). SEIRS model analysis for online game addiction problem of mathematics students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918, 1-6.
- Arisanti, A. Z., Wulandari, R. L., & Anggraini, D. Y. (2022). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kepatuhan Ibu Hamil dalam Mengkonsumsi Tablet Fe: Literature Review. *Oksitosin: Jurnal Ilmiah Kebidanan*, 131-141.
- Enkekes, Y. B., & Mardianto, L. (2022). Metode Runge-Kutta Orde 4 Dalam Penyelesaian Persamaan Gelombang 1D Syarat Batas Dirichlet. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1-8.
- Hurit, R. U., & Sudi Mungkasi. (2021). The Euler, Heun, and Fourth Order Runge-Kutta Solutions to SEIR Model for the Spread of Meningitis Disease. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 140–153.
- Kartika, I. D., Savitri, A., & Wahyuni, S. (2020). Pencegahan dan Tata Laksana Awal Penyakit Anemias pada Ibu Hamil di RSIA St.Khadijah 1 Makassar. *Jurnal Pengabdian Kedokteran Indonesia*, 12-16.
- Maharani, S. (2020). Penyuluhan tentang Anemia pada Remaja. *Jurnal Abdimas Kesehatan (JAK)*, 1-3.
- Manurung, N. (2020). GAMBARAN PENGETAHUAN IBU HAMIL DALAM PENCEGAHAN PENYAKIT ANEMIA DI DESA KWALA BEGUMIT KABUPATEN LANGKAT. *Jurnal Ilmiah Keperawatan IMELDA*, 75-79.
- Nugroho, A., Rahmadi, A., Sutrio, & Sari, A. J. (2023). Brownies daun kelor dan tempe tinggi protein serta zat besi bagi ibu hamil anemia. *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 20 - 29.
- Pathuddin, H., Risnawati Ibna, & Rismayanti. (2022). Solusi Numerik Model Penyebaran Penyakit Covid-19 Di Sulawesi Selatan Dengan Metode Runge-Kutta Orde Empat. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 10(2), 116-123.
- WHO. (2023). Dipetik Oktober 27, 2023, dari World Health Organization: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ANAEMIA>
- Yani, E., Sulhawa, Sartika, T. D., & Sari, E. P. (2023). HUBUNGAN USIA, TINGKAT PENGETAHUAN DAN KEPATUHAN MINUM FE TERHADAP KEJADIAN ANEMIA PADA IBU HAMIL. *Jurnal kesehatan dan pembangunan*, 211-216.
- Yulianto, Sartono, & Nazaren, Y. (2021). Edukasi dan Pelatihan Kader Posyandu dalam Pencegahan Anemia di Wilayah Kerja Puskesmas Puntikayu. *COMMUNITY EMPOWERMENT*, 614-618.

