Populer: Jurnal Penelitian Mahasiswa
Volume 3, Nomor 4, Tahun 2024
e-ISSN: 2963-5306- p-ISSN: 2962-116X, Hal 73-84
DOI: https://doi.org/10.58192/populer.v3i4.2696
Available Online at: https://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/Populer

Pendekatan Matematika yang Digunakan pada Biologi

Nur Vira Natasya[1*], Nutria Permadani[2], Ikmawati[3], Kurniawan[4]
[1,2,3,4]Universitas Mulawarman, Indonesia

Alamat: Jalan Muara Pahu Kampus Gunung Kelua, Kota Samarinda
E-mail: *piwraapira@gmail.com*[1], *nutriapmdni28@gmail.com*[2], *ikmawati@fkip.unmul.ac.id*[3], *kurniawan@fkip.unmul.ac.id*[4]

**Korespondensi penulis:* *piwraapira@gmail.com*

Abstract*. Despite their apparent differences, mathematics and biology are increasingly being used in tandem to model and analyze a wide range of biological processes. This article addresses the use of multiple methods, including population modeling, differential equations, mathematical genetics, and epidemiology, to the study of biology, a field known as biomathematics. Genetic dynamics and the behavior of biological systems, such as population expansion and disease transmission, are understood through mathematical modeling. SIR and SEIR models are used in epidemiology to describe how infectious diseases spread throughout a population. This journal emphasizes the value of mathematical approaches in comprehending intricate biological systems and the necessity of interdisciplinary research between mathematics and biology to address both theoretical and practical issues through a review of the literature. The purpose of this article is to explain the relationship between mathematics and biology and the application of mathematical models in the analysis of biological phenomena. This article uses a literature study writing method by recording research problems, analyzing, and collaborating different thoughts.*

Keywords*: Mathematics, biology, modeling, genetics, epidemiology.*

Abstrak. Terlepas dari perbedaannya yang nyata, matematika dan biologi semakin banyak digunakan bersama-sama untuk memodelkan dan menganalisis berbagai proses biologis. Artikel ini membahas penggunaan berbagai metode, termasuk pemodelan populasi, persamaan diferensial, genetika matematika, dan epidemiologi, dalam studi biologi, sebuah bidang yang dikenal sebagai biomatematika. Dinamika genetika dan perilaku sistem biologi, seperti ekspansi populasi dan penularan penyakit, dipahami melalui pemodelan matematika. Model SIR dan SEIR digunakan dalam epidemiologi untuk menggambarkan bagaimana penyakit menular menyebar ke seluruh populasi. Jurnal ini menekankan nilai pendekatan matematika dalam memahami sistem biologi yang rumit dan perlunya penelitian interdisipliner antara matematika dan biologi untuk mengatasi masalah teoritis dan praktis melalui tinjauan literatur. Tujuan pembuatan artikel ini adalah untuk menjelaskan hubungan antara matematika dan biologi serta penerapan model matematis dalam analisis fenomena biologis. Pada artikel ini menggunakan metode penulisan studi literatur atau kepustakaan dengan mencatat masalah penelitian, menganalisis, dan mengkolaborasikan pemikiran yang berbeda.

Kata kunci: matematika, biologi, pemodelan, genetika, epidemiologi.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk bidang matematika, terus mengalami kemajuan yang luar biasa. Matematika terkadang disebut sebagai "ratu sains”, khususnya dalam ilmu fisika, karena memainkan peran kunci dalam menganalisis data, membangun model, dan memahami proses yang kompleks. Dalam konteks biologi, penerapan matematika sangat penting untuk menyelidiki fenomena biologi dan mencari solusi berbagai permasalahan kesehatan dan lingkungan. Mengintegrasikan matematika dan biologi membuka peluang baru untuk inovasi dan penemuan. Melalui pemodelan matematika, para ilmuwan

Received Oktober 09, 2024; Revised November 05, 2024; Accepted November 30, 2024; Online Available Desember 03, 2024

dapat memahami dan memprediksi dinamika populasi dan berbagai proses biologis lainnya. Pemodelan ini tidak terbatas pada pertumbuhan penduduk, tetapi juga mencakup penggunaan persamaan diferensial untuk mempelajari fenomena seperti migrasi, kelahiran, dan kematian dalam konteks ekologi. Selain itu, hubungan antara matematika dan genetika juga sangat penting.

Matematika digunakan untuk menganalisis data genetik dan memodelkan aspek pewarisan genetik. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang interaksi antara matematika dan biologi sangat penting untuk memajukan penelitian di kedua bidang ini. Melalui pendekatan matematis, kita dapat lebih memahami kompleksitas kehidupan dan menerapkan pengetahuan tersebut untuk mengatasi tantangan kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan.

Penelitian ini berfokus pada integrasi matematika dan biologi yang semakin relevan dalam konteks perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Matematika sebagai alat analisis yang ampuh memungkinkan peneliti untuk lebih memahami dan memodelkan fenomena biologis. Di saat permasalahan kesehatan dan lingkungan menjadi tantangan global, penerapan model matematika dalam biologi dapat membantu menemukan solusi yang lebih efektif. Pemodelan populasi, persamaan diferensial, dan konsep genetika merupakan beberapa aspek penting yang dibahas dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis teknik pemodelan matematika yang digunakan untuk menjelaskan pertumbuhan populasi, menjelaskan penggunaan persamaan diferensial dalam mempelajari dinamika biologis serta untuk menginvestigasi penerapan konsep matematika dalam genetika untuk memahami pola pewarisan genetik.

Penelitian ini akan mengacu pada berbagai sumber literatur, termasuk jurnal dan buku yang relevan di bidang matematika dan biologi, seperti Kurniawan (2014) mengenai hukum pewarisan genetik Mendel dan Kasbawati (2011) tentang model epidemiologi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman interaksi antara matematika dan biologi serta aplikasinya dalam menyelesaikan masalah nyata di masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai “Pendekatan Matematika yang Digunakan pada Biologi” ini disusun dengan mengumpulkan dan menganalisis berbagai sumber dari jurnal ilmiah yang berkaitan dengan matematika dan biologi serta menerapkan model matematika untuk menggambarkan fenomena biologis seperti pertumbuhan populasi dan penyebaran penyakit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi semakin maju seiring berjalannya waktu. Hal yang sama berlaku untuk matematika. Matematika adalah ratunya ilmu pengetahuan dalam bidang ilmu pengetahuan alam. Matematika adalah alat yang ampuh dalam ilmu kehidupan, membantu peneliti menganalisis data, membangun model, dan memahami proses yang kompleks. Penerapan matematika yang tepat memungkinkan para ilmuwan untuk menggali lebih dalam fenomena biologis dan menemukan solusi terhadap masalah kesehatan, lingkungan, dan keberlanjutan. Seiring kemajuan teknologi dan metode analisis yang semakin canggih, integrasi matematika ke dalam biologi akan terus meningkat sehingga membuka peluang baru bagi inovasi dan penemuan. Matematika sangat berguna dalam penelitian biologi. Matematika diperlukan sebagai alat untuk menginterpretasikan hasil penelitian tersebut. Mengintegrasikan matematika dan biologi memungkinkan pemahaman dan solusi yang lebih mendalam terhadap masalah kesehatan dan lingkungan.

Pemodelan Populasi

Teknik penggunaan model matematika untuk menggambarkan sistem yang kompleks dengan model matematika disebut pemodelan matematika. Pemodelan matematika juga dapat disebut sebagai sistem persamaan yang digunakan untuk menggambarkan masalah kompleks yang diamati. Model matematika mencakup variabel, parameter, dan fungsi yang merepresentasikan hubungan antar variabel dan parameter.

Pemodelan mempunyai tujuan yang dapat dipahami sebagai reduksi. Pemodelan populasi matematis dalam biologi dapat diartikan sebagai suatu teknik yang digunakan untuk memahami dan memprediksi populasi dengan menggunakan model matematika. Model pertumbuhan penduduk adalah bentuk matematika yang menggambarkan pertumbuhan populasi. Adapun beberapa dari model pertumbuhan populasi antara lain:

1) Model berbentuk diskrit, yaitu mendeskripsikan pertumbuhan jumlah populasi dengan mempertimbangkan interval pada waktu pengamatan sebagai variable (peubah) diskrit.
2) Model eksponensial, yaitu menguraikan bentuk pertumbuhan populasi dengan mempertimbangkan jarak antar waktu pengamatan suatu variabel (peubah) kontinu.
3) Model pertumbuhan populasi berdistribusi umur, yaitu model pertumbuhan populasi berdasarkan umur. Artinya, pengklasifikasian kelompok populasi berdasarkan umur, dengan memperhatikan bahwa setiap kelompok umur mempunyai peran khusus dalam model pertumbuhan.

4) Model logistik yaitu dapat dianggap sebagai pertumbuhan populasi dengan mempertimbangkan spesifikasi lingkungan. Oleh karena itu laju pertumbuhan populasi tergantung pada keadaan dari populasi itu sendiri.

Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial merupakan persamaan matematika yang melibatkan turunan suatu fungsi yang belum dapat diidentifikasi sebagai fungsi y(x) dan harus digunakan untuk mencari penyelesaiannya. Model persamaan diferensial parsial banyak digunakan untuk mempelajari fenomena biologis termasuk proses migrasi, kelahiran, dan kematian, seperti dinamika populasi ekologi dan inovasi populasi sel biologis.

Persamaan diferensial digunakan di banyak bidang ilmu pengetahuan dan melibatkan hubungan deterministik yang melibatkan kuantitas perubahan kontinu yang dimodelkan menggunakan fungsi matematika dan turunan yang mengasumsikan laju perubahan. Persamaan diferensial adalah dasar perkembangan dalam ilmu pengetahuan. Misalnya peluruhan zat radioaktif, pertumbuhan dan penurunan populasi, pemanasan dan pendinginan, penguapan, pertumbuhan, dosis obat, pembelahan sel, dan lain-lain.

Pertumbuhan eksponensial adalah sebuah konsep dalam teori pertumbuhan populasi yang ditemukan oleh Thomas Malthus. Menurut Malthus, pertumbuhan populasi dapat terjadi secara eksponensial. Meningkat dengan laju yang konstan setiap tahunnya untuk memprediksi populasi menggunakan model eksponensial

Model pertumbuhan yang terkenal disebut model pertumbuhan eksponensial, yang digunakan untuk memperkirakan populasi suatu organisme pada tingkat pertumbuhan yang konstan (konstan atau tidak berubah). Misalnya, P(t) mewakili jumlah penduduk yang bertambah. Karena P(t) merupakan fungsi yang menurun terhadap waktu, maka dapat diasumsikan sebagai fungsi kontinu $\frac{dP}{dt}$, yaitu laju perubahan bilangan sebanding dengan jumlah yang ada artinya, $\frac{dP}{dt} = KN$ atau $\frac{dP}{dt} - kP = 0$, dengan k adalah konstanta proporsionalitas. Asumsi ini tidak benar dalam permasalahan populasi di mana P(t) sebenarnya merupakan variabel diskrit dengan nilai bilangan bulat. Model populasi eksponensial lainnya dapat dinyatakan sebagai $\frac{dP}{dt} = kP(t)$, dimana P(t) menunjukkan jumlah populasi pada waktu (t) dan laju pertumbuhan populasi (k) di mana persamaan diferensial dapat dipisahkan, sehingga menghasilkan persamaan di bawah ini yang merupakan bentuk solusi dari model pertumbuhan eksponensial.

$$P(t) = e^{kt+\ln P_0}$$
$$= e^{kt}e^{\ln P_0}$$
$$= P_0 e^{kt}$$

dengan:

a. $P(t)$: populasi pada waktu *t*

b. P_0 : populasi awal

c. k : laju pertumbuhan populasi

d. e : 2,71828

Kemudian ada model pertumbuhan logistik yaitu model yang dipergunakan untuk memperkirakan sebuah perubahan banyaknya populasi dari waktu ke waktu. Model ini mengspekulasi adanya pertumbuhan populasi yang hendak memperoleh titik keseimbangan terhadap waktu tertentu. Hal ini mempengaruhi sebuah laju intrinsik serta kapasitas lingkungan yang membatasi. Salah satu aturan menggunakan model logistik, yaitu:

$$P(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{K - P_0}{P_0}\right) e^{-rt}}$$

Dengan:

a. $P(t)$: populasi pada waktu *t*

b. P_0 : populasi awal

c. r : laju pertumbuhan intrinsik

d. K :kapasitas batas lingkungan dan daya tampung

Matematika dan Genetika

Matematika genetik membahas istilah yang perlu kita ketahui. Matematika dan genetik memiliki hubungan penting dalam bidang biologi, karena matematika digunakan untuk menganalisis dan memahami data genetik serta memodelkan banyak aspek pewarisan genetik.

Algoritma genetika adalah teknik pencarian ilmu komputer yang digunakan untuk menemukan solusi untuk memperkirakan masalah optimasi dan pencarian. Algoritma genetika adalah kelas khusus dari algoritma evolusi yang menggunakan teknik yang terinspirasi oleh biologi evolusi, seperti pewarisan, mutasi, seleksi alam, dan rekombinasi (atau hibridisasi). Algoritma genetika terdiri dari empat komponen utama yaitu populasi kromosom (individu), pemilihan induk berdasarkan nilai *fitness*, perkawinan silang (*cross over*) untuk menghasikkan keturunan, dan peluang secara acak. Dalam seleksi perkawinan, dua kromosom dipilih dari sekumpulan individu induk untuk menghasilkan dua individu baru (keturunan). Mutasi melibatkan perubahan satu atau lebih individu dalam suatu populasi menjadi individu baru. Ada beberapa cara di mana matematika berperan dalam genetika.

1) Statistika dan analisis data genetik, statistika deskriptif digunakan untuk merangkum data genetik. Contohnya frekuensi alel dalam populasi, variasi, dan perhitungan rata-rata. Ada pula statistika inferensial yaitu membantu dalam pembuatan sampel data genetik tentang populasi yang lebih besar. Contohnya seperti identifikasi hubungan genetik yang signifikan atau bisa disebut juga pola pewarisan.
2) Model Genetik, terbagi menjadi dua yaitu model pewarisan dan model populasi. Model pewarisan adalah model matematika yang menggambarkan cara gen diwariskan dari orang tua ke anaknya. Hal ini juga termasuk model-model hukum pewarisan mendelian di mana menjelaskan alel dominan dan resesif mempengaruhi pewarisan sifat. Kemudian model populasi adalah teori matematika yang memodelkan dinamika genetik dalam populasi termasuk konsep-konsep frekuensi alel, keseimbangan *hardy-weinberg*, dan evaluasi genetik. Secara keseluruhan matematika menyediakan metode penting untuk menganalisis, memahami dan memprediksi pola-pola genetik, dan hasil eksperimen dalam genetika. Tanpa matematika aspek dari genetika dan biologi tidak dapat dianalisis dengan cara yang sistematis dan kuantitatif.

Selain itu, menurut Kurniawan (2014) terdapat juga hukum pewarisan genetik Mendel yang menjelaskan pembentukan gamet, yaitu pemisahan alel secara independen dari zigot ke gamet. Pemisahan alel dan pembentukan alel yang terjadi pada saat pembentukan zigot dapat dilihat dengan menggunakan perkalian aljabar gamet dalam hukum Mendel. Misalnya saat penyusunan gen (genotipe), *Aa* membentuk alel *A* dan alel *a*.

Tabel 1. Pemisahan Alel

$\times$	*A*	*a*
A	*AA*	*Aa*
a	*Aa*	*aa*

Berdasarkan hukum Mendel, aturan aljabar gamet didefinisikan sebagai aljabar dengan basis $\{A, a\}$. Menurut Mendel, terdapat alel *A* dan *a*, sehingga tiga kemungkinan genotipe zigot yang dihasilkan yaitu *AA*, *Aa*, dan *aa*. Genotipe *Aa* diwariskan dengan probabilitas $\frac{1}{2}A$ dan $\frac{1}{2}a$. Oleh karena itu, gamet dengan genotype $Aa = aA$ akan menghasilkan zigot yang kemungkinan besar merupakan alel yang diturunkan yaitu:

$$\left(\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}a\right) \times \left(\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}a\right) = \frac{1}{4}AA + \frac{1}{2}Aa + \frac{1}{4}aa$$

e-ISSN: 2963-5306; p-ISSN: 2962-116X Hal 73-84

Tabel 2. Tabel Perkalian Aljabar Gamet

$\times$	A	a
A	A	$\frac{1}{2}(A+a)$
a	$\frac{1}{2}(a+A)$	a

Pada tabel 3 hukum Mendel menunjukkan bahwa perkalian aljabar zigot didefinisikan sebagai aljabar dengan basis $\{AA, Aa, aa\}$.

Tabel 3. Tabel Perkalian Aljabar Zigot

$\times$	AA	Aa	aa
AA	AA	$\frac{1}{2}(AA+Aa)$	Aa
Aa	$\frac{1}{2}(AA+Aa)$	$\frac{1}{4}AA+\frac{1}{2}Aa+\frac{1}{4}aa$	$\frac{1}{2}(AA+aa)$
aa	Aa	$\frac{1}{2}(Aa+aa)$	aa

Pemodelan Epidemiologi

Salah satu pendekatan yang dapat mendeskripsikan suatu permasalahan yang terjadi di dunia nyata ialah dengan memodelkan atau merumuskan permasalahan dunia nyata dengan menggunakan bahasa matematika. Setelah model matematika dibuat, model tersebut bisa diselesaikan dengan cara matematis serta dapat diterapkan pada permasalahan dunia nyata. Pemodelan matematika banyak digunakan untuk memecahkan masalah sehari-hari di berbagai bidang, termasuk pertanian, ekonomi, masalah sosial, dan kesehatan. Di bidang kesehatan, pemodelan matematika banyak digunakan untuk permasalahan epidemiologi penyakit.

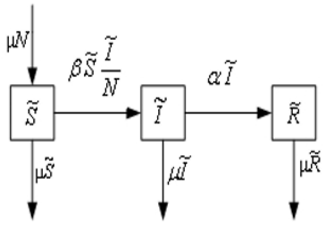
Model matematika merupakan cabang matematika yang dapat digunakan untuk mewakili serta menjelaskan berbagai problematika dalam kehidupan sehari-hari. Model matematika digunakan untuk mengetahui proses penyebaran penyakit dengan menggunakan model epidemiologi. Model epidemiologi digunakan untuk menjelaskan penyebaran virus atau pun penyakit.

Pemodelan matematika adalah tahap pembuatan model matematika yang menggambarkan proses perubahan dalam suatu sistem. Model matematika dapat diterapkan pada berbagai bidang, termasuk epidemiologi. Pemodelan matematika memberikan informasi tentang peristiwa. Informasi ini mungkin berupa tingkat penyebaran, yang memberikan informasi yang cukup untuk memperkirakan kemungkinan suatu peristiwa menyebar ke seluruh populasi.

Pemodelan matematis mengenai penyebaran suatu peristiwa dapat menjadi bagian dari keputusan kebijakan epidemiologi untuk mencegah penyebaran lebih lanjut. Pemodelan matematika adalah cara memahami bahasa matematika melalui permasalahan sehari-hari yang diungkapkan melalui model matematika. Model matematika bisa relevan dengan isu-isu teknik, ekonomi, biologi, dan bahkan politik. Model epidemi adalah model matematika dalam bidang biologi. Model matematika dapat dirumuskan dengan menggunakan data nyata dan berbagai asumsi dan hipotesis. Model matematika di bidang epidemiologi telah dikembangkan untuk berbagai penyakit menular dan banyak digunakan untuk menangkap dinamika penyebaran penduduk akibat penyakit menular seperti demam berdarah, tuberkulosis, SARS, influenza, HIV/AIDS, dan MERS-CoV.

Model epidemiologi adalah model matematika yang diterapkan untuk menentukan potensi tersebarnya suatu penyakit menular, khususnya apakah suatu epidemi akan terjadi dan apa dampaknya. Menurut Kasbawati (2011), ketika menguraikan model epidemiologi ke bahasa matematika, digunakan berbagai persamaan diferensial yang dibangun dengan asumsi fungsi komponen setiap model bersifat kontinu. Ruang latihan dibagi ke dalam beberapa bagian. Pada tahun 1927, untuk pertama kalinya Kermeck-McKendrick memeperkenalkan model epidemiologi. Model epidemiologi biasanya terbagi dalam tiga kelompok yaitu:

1) *Susceptible population* (*S(t)*), yaitu populasi sehat dan rentan berpotensi terjangkit atau terinfeksi.
2) *Infective population* (*I(t)*), yaitu populasi yang terinfeksi.
3) *Removed population* (*R(t)*), yaitu populasi yang pernah terinfeksi dan kemudian sembuh.



Gambar 1. Model Matematika SIR

Analisis Numerik Model Epidemiologi SIR dengan Faktor Difusi

Model epidemiologi S-I-R (*Susceptible-Infective-Removed*) yang terbentuk:

$$\frac{d\tilde{S}}{d\tau} = \mu N - \tilde{\beta}\tilde{S}\frac{\tilde{I}}{N} - \mu\tilde{S}$$

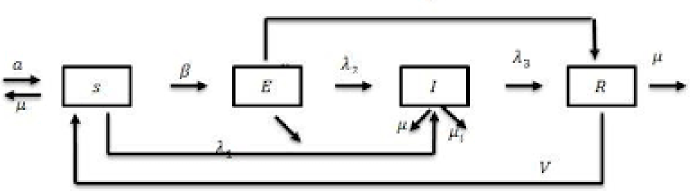
$$\frac{d\tilde{I}}{d\tau} = \tilde{\beta}\tilde{S}\frac{\tilde{I}}{N} - \tilde{\alpha}\tilde{I} - \mu\tilde{I}$$

$$\frac{d\tilde{R}}{d\tau} = \tilde{\alpha}\tilde{I} - \mu\tilde{R}$$

Di mana pembentukan model tersebut, terdapat beberapa anggapan-anggapan sebagai berikut:

1) Karena mengamati populasi yang dianggap tertutup, sehingga mengabaikan faktor imigrasi dan migrasi. Oleh karena itu, rata-rata jumlah orang yang masuk sama dengan rata-rata jumlah orang yang keluar sehingga $N = \tilde{S} + \tilde{I} + \tilde{R}.$
2) Orang sehat tertular masuk ke dalam populasi yang terinfeksi kecuali jika mereka melakukan kontak dengan populasi yang terinfeksi.
3) Tingkat mendefinisikan kontak (c) sebagai rata-rata interaksi acak per satuan waktu antara populasi sehat dengan populasi terinfeksi, dengan probabilitas keberhasilan kontak σ (konstan). Interaksi ini dapat dijelaskan melalui hasil kali $\tilde{S}$ dan $\tilde{I}$, yaitu $\tilde{\beta}\tilde{S} = \frac{\tilde{I}}{N}$, dengan $\tilde{\beta} = c\sigma$. Bentuk $\frac{\tilde{I}}{N}$ menyatakan pecahan $\tilde{I}$ yang dapat diinfeksi oleh $\tilde{S}$.
4) Dengan beranggapan kesembuhan bersifat permanen dan tidak ada orang yang terkena penyakit yang sama lagi, paling banyak $\tilde{\alpha}$ persen populasi yang terinfeksi akan pulih pada waktu tertentu. Anggapan ini berlaku pada golongan penyakit tertentu.
5) Semua parameter dan variabel dianggap positif.

Kemudian terdapat model epidemiologi *SEIR* (*Susceptible*, *Exposed*, *Infected*, dan *Recovered*). Model SEIR adalah evolusi dari model SIR dengan penambahan model epidemiologi. Pergerakan antara setiap kompartemen didefinisikan oleh persamaan diferensial. Pada dasarnya, model epidemi SEIR mengklasifikasikan populasi ke dalam empat kelompok yaitu rentan (*Susceptible*), terpapar (*Exposed*), terinfeksi (*Infected*), dan pulih (*Recovered*). Model matematika ini dapat dituliskan dalam bentuk:



Gambar 2. Model Matematika SEIR

Pemodelan Penularan Penyakit Hepatitis Menggunakan Model SEIR

Model epidemiologi SEIR yang terbentuk adalah:

$$\frac{dS}{dt} = \alpha + vR + (\beta + \lambda_1 + \mu)S$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta S - (\alpha + \lambda_2 + \mu)E$$

$$\frac{dI}{dt} = \lambda_1 S + \lambda_2 E - (\lambda_3 + \mu + \mu i)I$$

$$\frac{dR}{dt} = \alpha E + \lambda_3 I - (v + \mu)R$$

Tabel 4. Variabel dan Parameter dalam Pemodelan SEIR

Variabel/Parameter	Keterangan
S	Populasi individu berpotensi terinfeksi
E	Populasi individu gejala ditulari
I	Populasi individu telah terinfeksi
R	Populasi individu sembuh
a	Jumlah kelahiran
v	Jumlah individu kebal karena vaksin
α	Lamanya perawatan
β	Laju penularan penyakit
λ_1	Laju infeksi individu rentan tanpa vaksin
λ_2	Laju penyakit bawaan pada individu rentan tanpa vaksin
λ_3	Laju kesembuhan individu terinfeksi setelah dirawat dan diberi pengobatan
μ	Laju kematian alami
μ_i	Laju kematian akibat infeksi

Proses kerja SEIR yaitu pengelompokan populasi yang terbagi dalam empat kompartemen dengan masing-masing kelompok memiliki karakteristik dan laju transisi yang berbeda-beda. Kemudian terdapat transisi kompartemen yaitu:

1) Dari S ke E yaitu individu yang rentan terinfeksi setelah berinteraksi dengan individu yang terinfeksi.
2) Dari E ke I yaitu individu yang terpapar virus akan menjadi terinfeksi setelah masa inkubasi.
3) Dari I ke R yaitu individu yang terinfeksi akhirnya sembuh dan bergabung dengan kelompok yang sembuh.

Analisis titik keseimbangan model SEIR memungkinkan untuk menentukan titik keseimbangan, yaitu kondisi di mana individu dalam setiap kategori stabil. Terdapat dua jenis titik kesetimbangan yaitu:

1) Titik keseimbangan bebas penyakit yang terjadi ketika tidak ada individu yang terinfeksi.
2) Titik keseimbangan endemik yang terjadi ketika penyakit tetap ada dalam populasi pada Tingkat tertentu.

Model SEIR sering digunakan dalam konteks penyakit menular seperti COVID-19 dan demam berdarah. Penelitian menunjukkan bahwa intervensi seperti penggunaan masker dan vaksinasi dapat mengurangi angka reproduksi dasar yang merupakan indikator penting dari potensi penyebaran peyakit. Dengan menggunakan model SEIR, peneliti dapat memberikan rekomendasi kebijakan kesehatan masyarakat untuk mengendalikan wabah, serta memprediksi dampak dari berbagai intervensi terhadap penyebaran penyakit.

4. KESIMPULAN

Biologi dan matematika memiliki hubungan yang erat karena matematika digunakan untuk menganalisis dan memahami materi genetik serta mensimulasikan banyak aspek fenomena genetik. Teknik yang digunakan untuk menggambarkan sistem yang kompleks dalam model matematika disebut pemodelan. Model matematika terdiri atas variabel, parameter, dan fungsi yang menyatakan hubungan antara variabel dengan parameter. Dengan menggunakan model matematika, pemodelan populasi dalam biologi dapat dipahami sebagai teknik yang digunakan untuk memahami dan mengkuantifikasi populasi. Model pertumbuhan populasi adalah bentuk matematis yang mencirikan pertumbuhan ukuran populasi. Model diskriminan adalah alat matematika yang berisi informasi tentang suatu fungsi yang tidak dapat diidentifikasi.

DAFTAR REFERENSI

Afia, S., & Rahmadani, Y. (2023). Model SEIR penyebaran Covid-19 dengan parameter penggunaan masker kesehatan dan vaksinasi. *Jurnal Riset Matematika (JRM), 3*(1). https://doi.org/10.29313/jrm.v3i1.1731

Afira, R., & Wijaya, R. (2021). Penjadwalan mata pelajaran dengan algoritma genetika (studi kasus di SMK Negeri 1 Padang). *Jurnal KomtekInfo, 8*(2). https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v7i4

Andika, R., & dkk. (2024). Penerapan model eksponensial dan logistik dalam prediksi populasi: Studi kasus Kota Palembang. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan), 12*(2). https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4005

Aprilia, R., & Panjaitan, D. J. (2022). *Pemodelan matematika*. Medan: LPPM UMNAW. http://repository.uinsu.ac.id/17581/1/Pemodelan%20Matematika%20Final.pdf

Bermuli, J. E., & Tamba, K. P. (2021). Is project-based tradisciplinary assessment effective in reducing the mathematical anxiety of pre-service biology teachers? *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi, 14*(2). https://doi.org/10.21009/biosferjpb.20556

Bormasa, E., & dkk. (2022). Pemodelan penularan penyakit hepatitis menggunakan model SEIR. *Amalgamasi: Journal of Mathematics and Applications, 1*(2). https://doi.org/10.55098/amalgamasi.v1.i2.pp54-63

Christyanti, R. D., & dkk. (2023). Analisis kestabilan model epidemik SEIR pada penyebaran penyakit menggunakan metode Runge Kutta orde 4. *Jurnal Sains dan Bernuanta, 2*(1). https://doi.org/10.61323/jsb.v2i1.64

Hakim, R. R. A. (2020). Rancangan bangun media pembelajaran matematika berbasis android pada materi persamaan diferensial. *Kontinu: Jurnal Penelitian Didaktik Matematika, 4*(2). http://dx.doi.org/10.30659/kontinu.4.2.82-91

Hunter, E., & Kelleher, J. D. (2022). Understanding the assumptions of a SEIR compartmental model using agentization and a complexity hierarchy. *Journal of Computational Mathematics and Data Science, 4*. https://doi.org/10.1016/j.jcmds.2022.100056

Inayah, N., & dkk. (2020). Model matematika penyebaran penyakit pulmonary tuberculosis dengan penggunaan masker medis. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, 14*(3). https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss3pp459-570

Irwan, & dkk. (2023). Analisis model SEIR (Susceptible, Exposed, Recovered) pada penyebaran penyakit tifus di Kota Makassar. *ELIPS: Jurnal Pendidikan Matematika, 4*(1). http://journal.unpacti.ac.id/index.php/ELIPS

Nafisah, Z., & Adi, Y. A. (2024). Model SEIR pseudo-recovery pada kasus tuberkulosis di Jawa Barat. *Jurnal Matematika UNAND, 13*(3). https://jmua.fmipa.unand.ac.id/index.php/jmua/article/viewFile/1243/745

Ningsih, D. K., & dkk. (2016). Analisis bifurkasi pada model epidemiologi SEIR demam berdarah di Surabaya. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS, 5*(1). https://doi.org/10.12962/j23373520.v5i1.15891

Sa'diah, A., & Prihantini. (2024). Implementasi algoritma genetika untuk estimasi parameter model matematika SEIR. *Journal of Mathematics Education and Science, 7*(1). https://doi.org/10.32665/james.v7i1.1940

Sari, M., & Asmendri. (2020). Penelitian kepustakawan (library research) dalam penelitian pendidikan IPA. *NATURAL SCIENCE: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA, 6*(1). https://doi.org/10.15548/nsc.v6i1.1555

Wibisono, F. J., & dkk. (2021). Pemodelan epidemiologi kejadian multidrug resistance bakteri Escherichia coli pada peternakan ayam komersial di Kabupaten Blitar. *Jurnal Sain Veteriner, 39*(3). https://doi.org/10.22146/jsv.52071

Zahir, L. A. (2022). Algoritma genetika sebagai solusi permasalahan persamaan linear matematika. *Journal of Research in Science and Mathematics Education (J-RSME), 1*(2). https://doi.org/10.56855/jrsme.v1i2.62

Zebua, T. G. (2021). Teori motivasi Abraham H. Maslow dan implikasinya dalam kegiatan belajar matematika. *Range: Jurnal Pendidikan Matematika, 3*(1). https://doi.org/10.32938/jpm.v3i1.1185