

## Sosialisasi Pembelajaran *Biomathematics* di SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang Tentang Pemodelan Penyakit

Sisca Sri Dewi Saragih<sup>1</sup>, Sariyani Kudadiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Royal

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Royal

<sup>1</sup> [siscasridewi29@gmail.com](mailto:siscasridewi29@gmail.com); <sup>2</sup> [kudadirisariyani@gmail.com](mailto:kudadirisariyani@gmail.com)

\* Email Koresponden

### INFO ARTIKEL

### ABSTRAK

Kurikulum merdeka memberikan kesempatan bagi pendidik dan siswa di SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang dalam mendapatkan informasi. Pendidikan nonformal dapat didapat seperti dengan mengikuti pelbagai kegiatan salah satunya sosialisasi dari luar sekolah. Sosialisasi ini memberikan tambahan pengetahuan ternyata matematika dan Biologi dapat dihubungkan misal mengenai pembelajaran *Biomathematics* yang dapat membantu memodelkan populasi dari penyebaran penyakit, dalam hal ini model penyebaran Covid-19. Tujuan penelitian ini agar pendidik dan siswa dapat menerapkan dan memodelkan penyebaran penyakit serta membaca fenomena nyata melalui data. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendampingan yang membantu dalam menjelaskan pembentukan pemodelan penyakit Covid-19 dan menganalisis data agar dapat ditarik kesimpulan penyebaran populasi agar penyebaran dapat dihentikan. Hasil penelitian ini 85% pendidik dan siswa mampu mengikuti sosialisasi ini dengan mampu membentuk dan modelkan secara sederhana pembentukan pemodelan penyakit baik dengan menganalisis data.

**Kata Kunci:** Sosialisasi, Pemodelan Penyakit, *Biomathematics*



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright ©2024 by Author. Published by PT Beranda Teknologi Academia

### ABSTRACT

The independent curriculum provides opportunities for educators and students at SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang to obtain information. Non-formal education can be obtained by participating in various activities, one of which is socialization outside of school. This socialization provides additional knowledge, it turns out that mathematics and biology can be connected, for example regarding learning *Biomathematics* which can help model populations from the spread of disease, in this case the model for the spread of Covid-19. The aim of this research is so that educators and students can apply and model the spread of disease and read real phenomena through data. The method used in this research is assistance which helps in explaining the modeling of the Covid-19 disease and analyzing the data so that conclusions can be drawn on the spread of the population so that the spread can be stopped. The results of this research were that 85% of educators and students were able to take part in this socialization by being able to form and model in a simple way the formation of disease models both by analyzing data.

**Keywords:** Socialization, Disease Modeling, *Biomathematics*

## PENDAHULUAN

Pendidikan berkualitas berperan penting dalam kehidupan masyarakat dalam menerapkan salah satu sila keadilan sosial bagi seluruh rakyat Indonesia. Tujuan tersebut hanya bisa tercapai apabila mutu pendidikan terus meningkat atau disempurnakan [1]. Hal ini sesuai dengan pernyataan [2] bahwa kecerdasan serta harkat dan martabat suatu bangsa akan meningkat apabila ada perbaikan terhadap Sistem Pendidikan Nasional, metodologi pendidikan dan tingkat satuan pendidikan.

Pendidikan merupakan hal paling mendasar yang harus terpenuhi oleh negara berkembang seperti Indonesia terutama selama perkembangan jaman walau dilakukan secara bertahap. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang berkembang pesat membuat banyak sekolah harus beradaptasi dengan cepat. Dalam hal ini bukan hanya siswa tetapi gurupun harus berperan aktif karena akan menjadi subjek utama dalam proses pembelajaran yang akan dihadapi di Sekolah [3]. Guru dan siswa harus saling bahu-membahu dalam mewujudkan tujuan ini dalam masa globalisasi. Maka dapat disimpulkan bahwa pendidikan adalah penentu kemajuan suatu bangsa ataupun kualitas sumberdaya manusia itu sendiri. Salah satu yang perlu diperbaiki adalah kurikulum pendidikan [4], [5].

Kurikulum adalah salah satu unsur yang harus dimiliki suatu lembaga pendidikan [6]. Kurikulum biasanya dibentuk karena adanya rencana pembelajaran ataupun pengalaman belajar yang telah direncanakan. Kurikulum Indonesia sendiri pun sering berubah tergantung pada pengalaman penerapan rencana belajar yang diterapkan dan sering dimodifikasi [7], [8]. Modifikasi ini dituju agar pendidikan Indonesia semakin meningkat atau sempurna hingga saat ini Indonesia menerapkan Kurikulum Merdeka [9]. Kurikulum Merdeka yang dicetuskan oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Nadiem Makarim merupakan program pendidikan belajar gratis yang disediakan bagi siswa agar mendapatkan informasi bagi secara formal dan nonformal yang mengembangkan imajinasi pendidik dan siswa [10].

Visi kurikulum merdeka inilah yang membawa daya tarik agar pendidik dan siswa disekolah dapat mendapatkan informasi diluar pendidikan formal salah satunya pendidikan terhadap pembelajaran *Biomathematics* tentang pemodelan. *Biomathematics* merupakan salah satu ilmu yang mengabungkan Biologi dan matematika dalam memodelkan suatu fenomena nyata seperti pertumbuhan populasi dan penyebaran penyakit [11], [12], [13], [14]. Kegiatan ini diharapkan menambah wawasan yang menerapkan dua bidang sekaligus dalam mengatasi tantangan pada kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan. Pada penelitian ini akan diutamakan dalam mengatasi tantangan kesehatan masyarakat dalam memodelkan penyakit Covid-19 di Indonesia.

Covid-19 merupakan penyakit yang mengganggu sistem pernafasan yang biasa dikenal SAR-Cov-19 yang ditemukan di Wuhan, China tahun 2019 yang dinyatakan pandemik karena penyebarannya yang begitu cepat pada tahun 2020 di seluruh Dunia. Covid-19 membuat keresahan yang sangat besar sehingga peneliti mengangkat pembelajaran luar sekolah (*Biomathematics*) untuk memodelkan penyakit ini [15], [16], [17]. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis teknik pemodelan matematika yang diterapkan pada Biologi dalam menjelaskan penyebaran penyakit dengan menggunakan persamaan diferensial dalam mempelajari dinamika agar paham dalam mengatasi perubahan penyebaran.

Referensi kegiatan ini mengacu pada berbagai literatur, baik berupa jurnal dan buku yang relevan dalam bidang biologi dan Matematika, seperti Natasya et al. (2024) [17] mengenai model hukum pewarisan genetik, [18] tentang model epidemiologi, H. Nasution et al (2022) tentang penyebaran penyakit Covid-19 di Indonesia. Dengan demikian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman pembelajaran *Biomathematics* serta aplikasinya dalam masalah nyata di masyarakat.

## METODE

Pengabdian ini menggunakan metode model pendampingan agar dapat meningkatkan pemahaman pembelajaran *Biomathematics* pada pendidik dan siswa agar dalam menyelesaikan tantangan masalah

nyata dalam masyarakat terutama di SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang dan melibatkan lima guru serta dua siswa. Pengabdian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode pustaka (*library research*) untuk mengkaji dan menganalisis berbagai sumber jurnal ilmiah yang berkaitan dengan Matematika dan Biologi serta menerapkan model matematika untuk menggambarkan pemodelan penyakit Covid-19. Adapun tahapan yang dilakukan: (1) mengidentifikasi jurnal-jurnal yang sesuai dengan tema pengabdian (2) menganalisis sumber-sumber terpilih (3) mengaplikasikan sumber penelitian dalam memodelkan penyakit Covid-19 dengan sumber dari jurnal salah pembicara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ilmu pengetahuan serta teknologi yang semakin maju memaksa pendidik dan siswa agar beradaptasi secara cepat. *Biomathematics* merupakan salah satu ilmu yang dikembangkan dengan menyatukan Biologi dan matematika yang juga wajib diketahui pada zaman sekarang, yang apabila terjadi masalah nyata seperti penyebaran penyakit pendidik dan siswa dapat mengatasinya. Hal ini dapat diwujudkan jika pendidik dan siswa mampu memodelkan pertumbuhan populasi penyebaran penyakit.

### Pemodelan Populasi

Memodelkan suatu populasi dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan matematika. Pemodelan matematika adalah teknik pemodelan untuk menggambarkan suatu sistem yang kompleks menjadi suatu model matematika agar dapat menggambarkan fenomena nyata. Biasanya pemodelan matematika akan menerapkan variabel, parameter dan fungsi untuk menggambarkan populasi model pertumbuhan populasi. Adapun berdasarkan waktu pertumbuhan populasi dapat dimodelkan dengan dua cara yaitu model pertumbuhan populasi diskrit dan model pertumbuhan populasi kontinu. Model pertumbuhan diskrit, akan mendeskripsikan pertumbuhan jumlah populasi dengan mempertimbangkan interval pada waktu pengamatan sebagai variabel (peubah) diskrit. Sedangkan pertumbuhan kontinu adalah populasi yang digunakan adalah populasi dengan ciri-ciri bereproduksi terus menerus dan generasi tumpang tindih. Model pertumbuhan kontinu terbagi lagi menjadi dua, yaitu model pertumbuhan eksponensial dan logistik. Perbedaan kedua model adalah pada eksponensial tidak punya batasan (takterhingga) pada pertumbuhan penduduknya. Sedangkan model logistik akan membatasi populasinya hingga waktu tertentu.

### Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial yaitu persamaan matematika dalam menggambarkan hubungan turunan dengan suatu fungsi. Biasanya persamaan akan misalkan sebagai fungsi  $g(x)$  kemudian akan dicari penyelesaiannya. Adapun fenomena biologis seperti dinamika populasi ekologi dan inovasi populasi sel biologis harus dibuat menjadi model persamaan diferensial parsial dengan melibatkan proses kelahiran, migrasi dan kematian. Persamaan diferensial yang digunakan akan melibatkan hubungan deterministik dengan memperhatikan kuantitas perubahan kontinu kemudian dimodelkan menggunakan fungsi dan turunan dan diasumsikan sebagai laju perubahan.

Model yang biasanya digunakan dalam memodelkan penyebaran penyakit adalah model kontinu berifat eksponensial seperti penelitian Malthus. Meningkatkan dengan laju yang konstan setiap tahunnya model eksponensial dapat digunakan untuk memperkirakan populasi suatu organisme. Misalnya,  $P(t)$  mewakili jumlah penduduk yang selalu meningkat. Karena  $P(t)$  merupakan fungsi turunan terhadap waktu yang menggambarkan perkembangan jumlah populasi terhadap waktu, maka dapat diasumsikan sebagai model pertumbuhan kontinu  $\frac{dP}{dt}$ , yaitu laju perubahan bilangan sebanding dengan jumlah yang ada artinya,  $\frac{dP}{dt} = kP$  atau  $\frac{dP}{dt} - kP = 0$ , dengan  $k$  adalah konstanta proporsionalitas. dimana  $P(t)$  menunjukkan jumlah populasi pada waktu

### Pemodelan Epidemiologi

Model matematika merupakan model yang dapat menggambarkan model epidemiologi dalam menentukan potensi tersebarnya suatu penyakit menular, khususnya apakah suatu epidemi akan terjadi dan apa dampaknya agar dapat mencegah atau mengurangi populasi penyebaran. Model epidemiologi yang dibuat kedalam bahasa matematika, digunakan berbagai persamaan diferensial yang dibangun dengan adanya asumsi fungsi komponen setiap model bersifat kontinu. Pada tahun 1927, untuk pertama kalinya Kermeck-McKendrick memperkenalkan model epidemiologi. Model epidemiologi biasanya terbagi dalam tiga kelompok yaitu: populasi sehat dan rentan berpotensi terjangkit atau terinfeksi atau *Susceptible population* ( $S(t)$ ), populasi yang terinfeksi atau *Infective population* ( $I(t)$ ), populasi yang pernah terinfeksi dan kemudian sembuh atau *Removed population* ( $R(t)$ ). Kemudian model **SIR** kemudian berkembang menjadi **SEIR** Dimana akan ada populasi yang terpapar terlebih dahulu atau **Exposed** ( $E(t)$ ). Perubahan ini biasanya terjadi karena adanya perbedaan asumsi pada setiap model, bisa mempertimbangkan infeksi tanpa gejala atau dengan gejala, bisa pula dengan mempertimbangkan populasi vaksinasi. Sehingga dengan asumsi yang berbeda maka model pun akan berkembang sedemikian rupa.

### Model pendampingan

Setelah pembelajaran materi disampaikan berdasarkan apa saja yang dibutuhkan dalam memodelkan suatu populasi dalam penyebaran penyakit. Pada pengabdian ini juga akan menunjukkan penerapan aplikasi dalam memodelkan penyakit ini dengan menggunakan jurnal dari salah satu pembicara yaitu Sisca dan dibantu dengan penjelasan Sariyani. Pertama terlebih dahulu dijelaskan asumsi apa saja yang diterapkan pada suatu penyakit dalam hal ini Covid-19. Sehingga pada penyebaran penyakit ini akan melibatkan beberapa asumsi yaitu, (1) adanya populasi terinfeksi dengan gejala dan tanpa gejala (2) populasi akan terinfeksi apabila mengalami proses didalam tubuh akibat adanya kontak langsung ataupun dari benda (3) Adanya populasi yang telah divaksinasi dan sebagainya sesuai karakteristik penyakit. Kemudian dilanjutkan dengan menggambar system model dan memodelkannya kedalam persamaan matematika dan dijelaskan tahap pertahapnya sebaik mungkin seperti mencari titik tetap penyakit dan tanpa penyakit, kestabilan model ataupun sensitivitas model. Hal ini dilakukan seperti diskusi pada Gambar 1 dibawah:



Gambar 1. Penjelasan materi pemodelan berdasarkan jurnal.

Kegiatan pengabdian dilanjutkan Ketika setiap pendidik dan siswa cukup memahami langkah-langkah tersebut dan mengaplikasikannya melalui pemodelan matematik sesuai jurnal yang diangkat. Isi jurnal dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3

International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (USBAR) (2022) Volume 65, No 1, pp 342-352

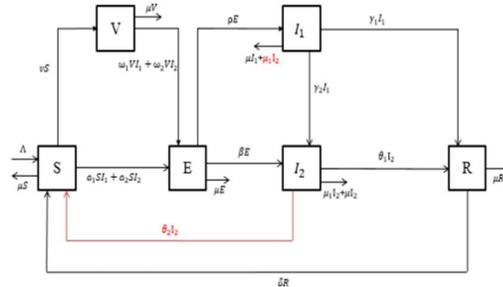


Figure 1: Compartment Diagram on Covid-19 models.

Gambar 2. Isi jurnal berupa sistem model penyakit Covid-19

Based on Figure 1, the mathematical model has the form:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \Lambda + \delta R + \theta_2 I_2 - \alpha_1 S I_1 - \alpha_2 S I_2 - \nu S - \mu S \\ \frac{dV}{dt} &= \nu S - \omega_1 V I_1 - \omega_2 V I_2 - \mu V \\ \frac{dE}{dt} &= \alpha_1 S I_1 + \alpha_2 S I_2 + \omega_1 V I_1 + \omega_2 V I_2 - \beta E - \rho E - \mu E \\ \frac{dI_1}{dt} &= \rho E - \gamma_1 I_1 - \gamma_2 I_1 - \mu I_1 - \mu_1 I_1 \\ \frac{dI_2}{dt} &= \beta E + \gamma_2 I_1 - \theta_1 I_2 - \theta_2 I_2 - (\mu + \mu_1) I_2 \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma_1 I_1 + \theta_1 I_2 - \delta R - \mu R. \end{aligned}$$

Gambar 3. Isi jurnal berupa model penyakit Covid-19

Gambar 3 dan gambar 4 adalah gambaran dari sistem penyebaran penyakit Covid-19 yang dikembangkan dengan menerapkan model *SEIR* dengan mempertimbangkan kompartemen populasi yang teraksinasi. Kemudian akan dianalisis dengan menggunakan aplikasi *Wolfram Mathematica 11.0*, untuk menganalisis hasil penelitian tersebut dengan program seperti Gambar 4 dibawah :

```

tanpa penyakit (1).nb - Wolfram Mathematica 11.0
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help

Clear[Λ, α1, α2, α3, β1, β2, μ, θ1, θ2, γ1, γ2, φ1, φ2, ρ1, ρ2, δ1, δ2, ω, μ1]
m = N

f1[S, Es, I1, I2, Q, R, De] :=
  Λ + m + β1 * Es + φ2 * R + θ2 * I2 - ((α1 * S * I1) / m) - ((α2 * S * I2) / m) -
  ((α3 * S * I2) / m) - μ * S - ν * S;
f2[S, Es, I1, I2, Q, R, De] := ((α3 * S * I2) / m) - β1 * Es - β2 * Es - μ * Es;
f3[S, Es, I1, I2, Q, R, De] :=
  ((α1 * S * I1) / m) - γ1 * I1 - γ2 * I1 - μ * I1 - ρ1 * I1;
f4[S, Es, I1, I2, Q, R, De] :=
  ((α2 * S * I2) / m) + β2 * Es + γ2 * I1 + φ1 * R - θ1 * I2 - θ2 * I2 - ρ2 * I2 -
  δ1 * I2 - (μ + μ1) * I2;
f5[S, Es, I1, I2, Q, R, De] := ρ1 * I1 + ρ2 * I2 - δ2 * Q - ω * Q - (μ + μ1) * Q;
    
```

Gambar 4. Contoh program pemodelan penyakit

Setelah diajarkan bertahap emnggunakan bantuan aplikasi pada akhir adalah menarik Kesimpulan dan memberikan kesempatan bagi pendidik dan siswa di SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang bertanya terhadap sosialilasi mengenai pembelajaran *Biomathematics* ini dalam memodelkan penyakit dan memberikan impact.

### **Evaluasi Efektivitas Model pendampingan**

Setelah pengabdian ini dengan model pendampingan yang telah dilaksanakan ternyata menunjukkan dampak positif terhadap ketertarikan pendidik dan siswa dalam mempelajari *Biomathematics* ini terutama dalam memodelkan penyakit karena dapat memberikan informasi dalam menghadapi masalah apabila terjadi penyebaran penyakit kembali dengan jenis penyakit yang berbeda. Sehingga pendidik dan siswa dapat membantu menyebarkan edukasi agar keresahan dan kekhawatiran yang berlebihan tidak perlu terjadi karena bisa ditunjukkan melalui model bahwa penyebaran dapat di hentikan atau dikurangi dengan menggambarkan penyebaran populasi. Dalam pengabdian ini hampir 85% pendidik dan siswa cukup memahami pembelajaran ini dan mampu menerapkan ke permasalahan sederhana terlebih dahulu. Artinya informasi tentang *Biomathematics* ini sebenarnya cukuplah mudah untun dipelajari khususnya untuk menambah wawasan nonformal pendidik dan siswa.

### **KESIMPULAN**

Pembelajaran *Biomathematics* sangatlah menarik dalam menambah wawasan nonformal di SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang untuk memodelkan penyebaran penyakit terutama Covid-19. Hal ini didukung dengan 85% pendidik dan siswa mampu untuk memodelkan secara sederhana suatu penyakit dan mengimplementasikannya kedalam program dan menganalisis suatu data. Serta dapat membaca analisis numeriknya dalam mengambil krsimpulan pencegahan

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih disampaikan kepada Kepala sekolah, Jajaran Guru dan siswa SMP Muhammadiyah 51 Sidikalang yang sudah membantu terlaksananya pengabdian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] W. Wawan, S. N. Rohmah, and A. Rahim, "Implementasi Pancasila Sila Ke 5 di Ma'had Al-Zaytun Berdasarkan Pasal 34 Ayat 2 Undang-Undang Dasar 1945 dan Siyasah Dusturiyah," *JlIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, vol. 7, no. 10, pp. 11610–11622, 2024.
- [2] M. Mahrus, "Manajemen kurikulum dan pembelajaran dalam sistem pendidikan nasional," *JlEMAN: Journal of Islamic Educational Management*, vol. 3, no. 1, pp. 41–80, 2021.
- [3] R. H. Mardhiyah, S. N. F. Aldriani, F. Chitta, and M. R. Zulfikar, "Pentingnya keterampilan belajar di abad 21 sebagai tuntutan dalam pengembangan sumber daya manusia," *Lectura: Jurnal Pendidikan*, vol. 12, no. 1, pp. 29–40, 2021.
- [4] F. Ekawati, "Manajemen Sumber Daya Manusia dalam Meningkatkan Mutu Pendidikan di SMPIT," *Jurnal ISEMA: Islamic Educational Management*, vol. 3, no. 2, pp. 118–139, 2018.
- [5] R. A. bin H. A. Fattah, "Peranan, Strategi dan Pola Pengembangan Pendidikan Mewujudkan Sumber Daya Manusia (SDM) di Inhil yang Berwawasan Maju dan Gemilang 2025," in *Telah Dibentangkan dalam Seminar Nasional" Wujudkan Tembilahan Kota Pendidikan Menuju Indragiri Berjaya dan Gemilang*, 2025.
- [6] W. I. Rahayu, M. Najiah, and L. Nulhakim, "Komponen Kurikulum, Model Pengembangan Kurikulum," *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, vol. 4, no. 6, pp. 9056–9062, 2022.

- [7] A. R. Syam, “Posisi Manajemen Kurikulum Dan Pembelajaran Dalam Pendidikan,” *Muaddib: Studi Kependidikan Dan Keislaman*, vol. 7, no. 01, pp. 33–46, 2017.
- [8] S. W. R. Nasution, H. N. Nasution, and R. Fauzi, *Dasar-dasar Pengembangan Kurikulum*. Penerbit Nem, 2022.
- [9] J. B. Manalu, P. Sitohang, and N. H. Henrika, “Pengembangan perangkat pembelajaran kurikulum merdeka belajar,” *Prosiding Pendidikan Dasar*, vol. 1, no. 1, pp. 80–86, 2022.
- [10] H. E. Mulyasa, *Implementasi Kurikulum Merdeka*. Bumi Aksara, 2023.
- [11] S. M. Tripathee, A. Dwivedi, and P. Kumar, “Innovation in Biomathematics,” *Journal of Science Innovations and Nature of Earth*, pp. 4–6, 2024.
- [12] J. C. Misra, *Biomathematics: Modelling and simulation*. World Scientific, 2006.
- [13] Edelstein-Keshet L, *Mathematical Models in Biology*, Second Edi., vol. 2, no. December. University of British Columbia Vancouver, British Columbia, Canada: SIAM, 2006.
- [14] F. Brauer and C. Castillo-Chavez, *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*, 2nd ed., vol. 69, no. 4. New York: Springer, 2011. doi: 10.2307/1941295.
- [15] Resmawan, A. R. Nuha, and L. Yahya, “Analisis Dinamik Model Transmisi COVID-19 dengan Melibatkan Intervensi Karantina,” *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 3, no. 1, pp. 66–79, 2021, doi: 10.34312/jjom.v3i1.8699.
- [16] M. L. Diagne, H. Rwezaura, S. Y. Tchoumi, and J. M. Tchuenche, “A Mathematical Model of COVID-19 with Vaccination and Treatment,” *Comput Math Methods Med*, vol. 1, 2021, doi: 10.1155/2021/1250129.
- [17] N. V. Natasya, N. Permadani, I. Ikmawati, and K. Kurniawan, “Pendekatan Matematika yang Digunakan pada Biologi,” *Populer: Jurnal Penelitian Mahasiswa*, vol. 3, no. 4, pp. 73–84, 2024.
- [18] Qifang *et al.*, “Epidemiology and Transmission of COVID-19 in Shenzhen China: Analysis of 391 cases and 1,286 of their close contacts,” *MedRxiv*, vol. 1, no. march, 2020, doi: 10.1101/2020.03.03.20028423.
- [19] H. Nasution, N. Khairani, F. Ahyaningsih, and F. Alamsyah, “Mathematical modeling of the spread of corona virus disease 19 (COVID-19) with vaccines,” in *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2022.