



## **Model Matematika Sitr pada Penyebaran Penyakit *Tuberculosis* di Provinsi Aceh**

**Naurah Zahwa<sup>1\*</sup>, Ulya Nabilla<sup>2</sup>, Nurviana<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Matematika, Universitas Samudra  
Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh, Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416  
\* Korespondensi Penulis. E-mail: [naurahzahwaaaa@gmail.com](mailto:naurahzahwaaaa@gmail.com)

### **Abstrak**

*Tuberculosis* (TB) adalah suatu infeksi menular yang berakibat kematian disebabkan *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis* atau *Mycobacterium africanum*. Provinsi Aceh merupakan provinsi dari Indonesia yang memiliki potensi penyebaran *Tuberculosis*. Penderita *Tuberculosis* mengalami gejala batuk dahak bercampur darah/batuk darah 3 minggu-12 minggu, demam selama tiga minggu atau lebih, sesak nafas dan nyeri dada, penurunan nafsu makan, berat badan turun, rasa kurang enak badan, berkeringat di malam hari. Penelitian bertujuan untuk mengetahui model penyebaran penyakit *Tuberculosis* dan analisis kestabilan model penyakit *Tuberculosis*. Penelitian ini menggunakan model matematika SITR yang melibatkan 4 kompartmen populasi yaitu *Susceptible* (S), *Infective* (I), *Treatment* (T), dan *Recovery* (R). Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Aceh melalui Kantor Dinas Kesehatan Aceh. Dari penelitian ini diperoleh model matematika SITR, dua titik kesetimbangan yaitu titik kesetimbangan bebas penyakit dan titik kesetimbangan endemik, kestabilan kesimbangan bebas penyakit dan endemik dari model SITR dengan nilai reproduksi dasar  $R_0 = 0,124010090$ . Demikian, pemodelan matematika pada penyebaran penyakit *Tuberculosis* ini dapat membantu Pemerintah Aceh atau Dinas Kesehatan mengantisipasi penularan penyakit *Tuberculosis*.

**Kata Kunci : *Tuberculosis*, SITR, Penyebaran Penyakit, Aceh.**

### ***The Sitr Mathematical Model on the Spread of Tuberculosis in Aceh Province***

#### **Abstract**

*Tuberculosis* (TB) is an infectious infection and can be deadly caused by *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis* or *Mycobacterium africanum*. Aceh province is a province of Indonesia that has the potential to spread tuberculosis. Tuberculosis sufferers experience symptoms of coughing sputum mixed with blood / coughing up blood 3 weeks-12 weeks, Fever for three weeks or more, Shortness of breath and chest pain, Decreased appetite, Weight loss, Feeling unwell, Sweating at night. The research aims to find out the model of the spread of Tuberculosis disease and analyze the stability of the Tuberculosis disease model. This study used a SITR mathematical model involving 4 population components, namely *Susceptible* (S), *Infective* (I), *Treatment* (T), and *Recovery* (R). The data used is secondary data obtained from the Aceh Health Office through the Aceh Health Office. The results of this study showed that the SITR mathematical model is stable in the spread of Tuberculosis disease which is characterized by two equilibrium points, namely disease-free equilibrium points and endemic equilibrium points  $R_0 = 0, 124010090$ . Thus, mathematical modeling on the spread of the disease. Thus, mathematical modeling on the spread of Tuberculosis disease can help the Aceh Government or the Health Office anticipate the transmission of Tuberculosis disease.

**Keywords: *Tuberculosis*, SITR, Disease Spread, Aceh.**

How to Cite: Zahwa. N., Nabilla. U., & Nurviana., N. (2022). Model matematika sitr pada penyebaran penyakit tuberculosis di Provinsi Aceh. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 10(1), 8-14. <http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v10i1.50683>

Permalink/DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v10i1.50683>

## PENDAHULUAN

Penyakit yang menular adalah penyakit yang dapat berpindah/transmisi (*transmissible disease*) atau penyakit yang dapat berkomunikasi (*communicable disease*), penyakit akibat suatu infeksi yang dihasilkan dari keberadaan agen mikroba patogen, termasuk diantaranya adalah virus, bakteri, jamur, protozoa, organisme multiseluler, dan protein menyimpang yang dikenal sebagai prion. Penularannya (misalnya *influenza* dan *tuberculosis*) melalui kontak fisik langsung dengan orang yang sakit maupun orang yang telah terinfeksi berupa sentuhan ataupun penyebaran tetesan dari bagian tubuhnya (*droplet*). Penyebaran lainnya melalui sekresi atau kontak tidak langsung seperti penularan melalui udara (*airborne*), benda yang terkontaminasi, makanan dan air minum, kontak orang dengan binatang, tempat penampungan hewan, gigitan serangga, dan tempat penampungan lingkungan adalah cara lain penularan penyakit menular (Darmawan, 2016).

Magfirah (2020) menyebutkan TBC (*Tuberculosis*) yang juga dikenal dengan TB adalah penyakit yang menyerang paru-paru akibat kuman *Mycobacterium tuberculosis*. Trismanjaya, dkk (2020) menuliskan dalam bukunya bahwa TBC merupakan penyakit menular dengan masa inkubasi kuman ini berlangsung selama 4-8 minggu dengan jumlah pertumbuhan kuman 10<sup>3</sup>-10<sup>4</sup> sehingga cukup merangsang respon imunitas seluler. TBC menimbulkan gejala berupa batuk yang berlangsung lebih dari 3 minggu dikarenakan biasa berdahak, dan terkadang mengeluarkan darah, demam, lemas, berat badan turun, tidak nafsu makan, nyeri dada, dan berkeringat di malam hari. Kuman pada TBC ini tidak hanya menyerang paru-paru, tetapi juga bisa menyerang bagian tubuh lain seperti tulang, usus, atau kelenjar. Penularan penyakit ini dari percikan ludah yang keluar dari penderita TBC, ketika berbicara, batuk, bersin. Kuman ini mudah masuk kedalam tubuh seseorang yang kekebalan tubuhnya rendah.

Qiyaam, dkk (2020) mengatakan bahwa selama ini penyakit infeksi seperti TB diatasi dengan penggunaan antibiotik. Rifampisin (RIF), Isoniazid (INH), etambutol (EMB),

streptomisin dan pirazinamid (PZA) telah dimanfaatkan selama bertahun-tahun sebagai anti-TB. Pradani dan Wisnu (2018) juga mengatakan lama pengobatan pasien telah sesuai dengan standar TB nasional tahun 2014, yaitu pengobatan yang dianjurkan adalah pengobatan 6 bulan atau lebih, baik pada pengobatan kasus TB paru maupun TB ekstra paru.

Berdasarkan data Dinas Kesehatan Provinsi Aceh, Provinsi Aceh merupakan provinsi dari Indonesia yang memiliki potensi penyebaran Tuberculosis. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah kasus Tuberculosis dari tahun 2018 sebanyak 8.471 (BPS, 2019), kasus meningkat menjadi 8.647 kasus pada tahun 2019 (BPS, 2020), dan menurun pada 2020 menjadi 8.372 (BPS, 2021). Kasus ini diakibatkan hasil terapi antara lain keberhasilan terapi sehingga perlu dievaluasi untuk menurunkan kembali kasus Tuberculosis di Aceh.

Djafri, D (2015) menyebutkan model dengan berfokus pada infeksi akut dengan asumsi patogen penyebab penyakit untuk jangka waktu yang diikuti oleh imun. Model matematika merupakan salah satu bentuk penerapan ilmu matematika yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan masalah pada dunia nyata ke dalam bentuk persamaan (Mukhlis, dkk, 2021). Model matematika merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk dinamika penyebaran penyakit epidemik (Nurhajjah, 2019). Model yang awal diusulkan adalah model SIR, SEIR, SEIV, SEIRS, dan sebagainya tergantung dari jenis penyakit yang ingin diteliti (Soleh, dkk, 2019). Tujuan dari semua penelitian tersebut diatas mempunyai persamaan yaitu hasil pemodelan yang dilakukan untuk melihat penyebaran Tuberculosis di masa berikutnya. Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini akan menerapkan metode SITR untuk mengetahui pola pertambahan jumlah kasus penderita Tuberculosis (Syarifuddin, dkk, 2016).

## METODE

### A. Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Jika  $A$  adalah sebuah matriks  $n \times n$  maka sebuah vektor tak nol  $x$  pada  $\det(\lambda I - A) = 0$  disebut *Vektor Eigen* dari  $A$  dan jika  $Ax = \lambda x$  kelipatan skala  $\lambda$  dari  $x$  unuk skalar sembarang

$\lambda$ . Skalar  $\lambda$  disebut *Nilai Eigen* dari A, dan  $x$  disebut vektor eigen dari A terkait dengan  $\lambda$ .

$$Ax = \lambda x$$

atau

$$Ax = \frac{\lambda}{x}$$

Secara ekuivalen

$$(\lambda I - A) = 0$$

### B. Persamaan Diferensial

Persamaan diferensial adalah persamaan yang memuat turunan satu (atau beberapa fungsi) yang tidak diketahui, ada dua bentuk persamaan diferensial, yakni persamaan diferensial *autonomous* dan persamaan diferensial *non-autonomous*.

$$x = \frac{dx}{dt} = f(t, x)$$

Dengan  $x = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix}$

dan  $f(x, t) = \begin{bmatrix} f_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ f_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix}$

### C. Titik Ekuilibrium

Titik ekuilibrium merupakan titik kesetimbangan tetap yang tidak berubah terhadap waktu, secara matematik, titik ini digunakan untuk mengetahui dari bilangan reproduksi dasar. Titik ekuilibrium didefinisikan sebagai berikut. Diberikan sistem persamaan diferensial orde satu dan  $x(t, x_0)$  adalah solusi pada saat  $t$  dengan kondisi awal  $x(0) = x_0$ . Dalam melakukan pencarian titik ekuilibrium bebas penyakit (*disease free equilibrium*) menggunakan asumsi persamaan  $E = 0$  dan  $I = 0$ , selanjutnya untuk menentukan nilai ekuilibrium epidemi (*epidemic equilibrium*) dengan menggunakan asumsi  $E > 0$  dan  $I > 0$ . Jika nilai dua jenis ekuilibrium tersebut telah diperoleh maka dilakukan evaluasi menggunakan matriks jacobian (Chandra dan Dwi, 2021).

### D. Bilangan Reproduksi Dasar

Bilangan reproduksi dasar adalah bilangan yang menyatakan banyaknya rata-rata individu infeksi sekunder akibat tertular individu yang berlangsung didalam populasi *susceptible*. Namun ada pula yang mengartikan

rasio atau perbandingan yang menunjukkan jumlah individu *susceptible* yang menderita penyakit yang diakibatkan oleh satu individu *infective*.

Jika model hanya mempunyai dua titik kesetimbangan yaitu titik kesetimbangan bebas penyakit dan titik kesetimbangan endemik, maka tidak terjadi endemik jika  $R_0 < 1$  dan terjadi endemik jika  $R_0 > 1$ . Tingkat penyebaran suatu penyakit menular dalam suatu wilayah dapat ditunjukkan oleh nilai bilangan reproduksi dasar. Bilangan reproduksi dasar diperoleh dengan menentukan nilai eigen dari matriks jacobian bagian konstan suatu sistem persamaan yang dihitung pada titik kesetimbangan bebas penyakit. (Syafuruddin, dkk. 2016).

Jika  $R_0 < 1$  maka individu yang terinfeksi akan menghilang

Jika  $R_0 > 1$  maka individu yang terinfeksi meningkat menjadi wabah.

### E. Kriteria Routh-Hurwitz

Kriteria kestabilan *Routh-Hurwitz* adalah suatu metode untuk menunjukkan kestabilan sistem dengan memperhatikan koefisien dari persamaan karakteristik tanpa menghitung akar-akar karakteristik secara langsung.

### F. Model SITR

Model matematika penyebaran penyakit *Tuberculosis* yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah model epidemi SITR untuk TBC. Model Epidemi SITR (*Susceptible - Invective - Treatment - Recovery*) merupakan model penyebaran penyakit yang membagi populasi menjadi empat subpopulasi, yaitu subpopulasi individu rentan (*Susceptible*), subpopulasi individu terinfeksi (*Invective*), subpopulasi individu yang melakukan pengobatan (*Treatment*) dan subpopulasi individu sembuh (*Recovery*). Model epidemi SITR merupakan suatu pengembangan dari model klasik SIR. Model epidemi SIR mengasumsikan bahwa individu yang terinfeksi penyakit akan sembuh, sedangkan model SITR mewakili suatu situasi ketika individu yang terinfeksi harus melakukan pengobatan untuk sembuh (Laili, dkk. 2021).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam model penyebaran penyakit tuberculosis ini populasi manusia dibagi menjadi 4 kelas, yaitu kelas rentan/susceptible (S) yang menyatakan kelas individu yang belum terjangkit penyakit tuberculosis dan berpotensi terkena penyakit tersebut, kelas terinfeksi/infective(I) yang menyatakan kelas individu yang terinfeksi oleh virus Mycobacterium tuberculosis dan dapat menularkan virus Mycobacterium tuberculosis tersebut kepada manusia lainnya, kelas pengobatan/treatment (T) yang menyatakan kelas individu yang terinfeksi penyakit tuberculosis lalu melakukan pengobatan atau treatment, kelas sembuh/recovery (R) yang menyatakan kelas individu yang telah sembuh dari infeksi virus. Terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam pembentukan model, yaitu:

1. Terdapat kelahiran dan kematian alami suatu populasi.
2. Setiap individu yang lahir akan menjadi rentan.
3. Individu yang telah melakukan pengobatan lengkap selama 6 bulan.
4. Individu yang telah terinfeksi jika diberikan treatment akan kebal terhadap penyakit tuberculosis dan tidak menjadi rentan kembali.
5. Populasi konstan (tertutup),

Artinya  $N(t) = S(t) + I(t) + T(t) + R(t)$ . Jumlah populasi dalam waktu t sama dengan jumlah individu rentan, terinfeksi, terobati dan sembuh. Parameter yang digunakan dalam pembuatan model penyebaran penyakit tuberculosis ini adalah sebagai berikut:

$\theta$  : Angka kelahiran

$\beta$  : Laju penyebaran Infeksi

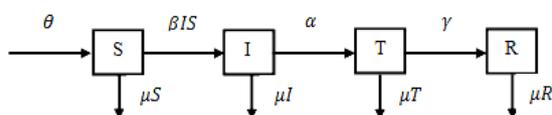
$\mu$  : Angka kematian alami

$\alpha$  : Melakukan Pengobatan

$\gamma$  : Angka kesembuhan

**A. Model SITR**

Transisi yang terjadi pada setiap populasi manusia dapat digambarkan dalam bentuk berikut :



Tabel 1. Daftar Parameter

Parameter	Keterangan	Nilai
$\theta$	Laju Kelahiran	0,011
$\beta$	Laju Infeksi	0,25
$\mu$	Laju Kematian	0,01429388
$\alpha$	Laju Pengobatan	0,001
$\gamma$	Laju kesembuhan	2

**B. Titik Ekuilibrium**

Pada model ini memiliki dua jenis titik ekuilibrium, yaitu titik ekuilibrium tanpa penyakit (*disease-free equilibrium*)  $x_{dfe}$  dan titik ekuilibrium endemik (*endemic equilibrium*)  $x_{ee}$  maka diperoleh titik ekuilibrium tanpa penyakit  $x_{dfe}(S, I, T, R) = (S^*, 0, 0, 0)$  dan titik ekuilibrium endemik  $x_{ee}(S, I, T, R) = (S^{**}, I^{**}, T^{**}, R^{**})$ .

**C. Analisis Kestabilan Titik Tetap**

Analisis kestabilan titik tetap ditentukan dari nilai eigen dan matriks jacobian yang diperoleh melalui metode linearisasi. Metode Linearisasi dicari dengan mencari turunan dari sistem persamaan kemudian di substitusikan ke dalam matriks jacobian . sistem persamaan yang akan di linearkan yaitu :

$$\frac{dS}{dt} = \theta - \beta IS - \mu S$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta IS - \alpha I - \mu I$$

$$\frac{dT}{dt} = \alpha I - \gamma T - \mu T$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma T - \mu R$$

Sehingga diperoleh persamaan karakteristik nya :

$$\lambda^4 - \frac{(-4\mu^2 - \gamma\mu + \theta\beta - \mu\alpha)\lambda^3}{\mu} - \frac{(-3\gamma\mu^2 - 6\mu^3 + 3\theta\beta\mu - 3\mu^2\alpha + \gamma\theta\beta - \gamma\mu\alpha)\lambda^2}{\mu} + (-2\gamma\theta\beta + 2\gamma\mu\alpha + 3\gamma\mu^2 - 3\theta\beta\mu + 3\mu^2\alpha + 4\mu^3)\lambda - \mu(\theta\beta - \mu\alpha - \mu^2)(\gamma + \mu) = 0$$

Persamaan karakteristik polinom diperoleh nilai akar-akar yaitu  $\lambda_1 = -\mu, \lambda_2 = \frac{\beta\theta}{\mu} - \alpha - \mu, \lambda_3 = -\gamma - \mu, \lambda_4 = -\mu$ . Dari semua nilai akar persamaan karakteristik polinom menunjukkan bahwa titik bebas penyakit stabil.

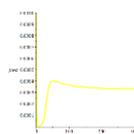
**D. Simulasi Model SITR**

Simulasi ini dilakukan untuk melihat model dinamika penyakit TBC di provinsi Aceh

dengan menggunakan Maple (Nabilla,2020). Syarat yang digunakan pada simulasi ini adalah nilai  $S(0)$ ,  $I(0)$ ,  $T(0)$ ,  $R(0)$  model SITR ditentukan pada tabel berikut :

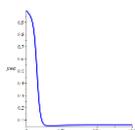
Tabel 2. Syarat Awal Model

Variabel	Nilai
$S(0)$	$\frac{5314694}{5333000} = 0,996$
$I(0)$	$\frac{6852}{5333000} = 0,001$
$T(0)$	$\frac{5727}{5333000} = 0,001$
$R(0)$	$\frac{5727}{5333000} = 0,001$



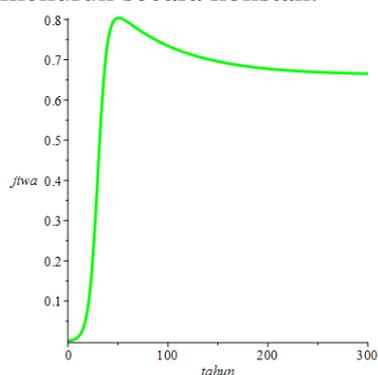
Gambar 4. Plot *Treatment* Model SITR pada *Tuberculosis*

Pada gambar 4 menunjukkan jumlah individu yang melakukan pengobatan pada tahun pertama menurun dan pada tahun ke 50 meningkat secara konstan.



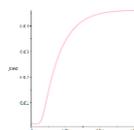
Gambar 2. Plot *Susceptible* Model SITR pada *Tuberculosis*

Pada gambar 2 menunjukkan jumlah individu yang rentan pada tiap tahunnya menurun secara konstan.



Gambar 3. Plot *Infective* Model SITR pada *Tuberculosis*

Pada gambar 3 menunjukkan jumlah individu yang terinfeksi pada tahun selanjutnya meningkat sampai tahun ke 50, tahun selanjutnya menurun secara konstan.



Gambar 5. Plot *Recovery* Model SITR pada *Tuberculosis*

Pada gambar 5 menunjukkan jumlah individu yang sembuh setelah pengobatan individu yang terjangkit *Tuberculosis* meningkat secara konstan mulai dari tahun ke 25, maka setiap individu yang terinfeksi melakukan pengobatan lengkap berhasil dan sembuh bertransisi ke individu *recovery*.

**SIMPULAN**

Penelitian ini terdapat kesimpulan yaitu :

1. Model matematika SITR pada penyebaran penyakit *Tuberculosis* di notasikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \theta - \beta IS - \mu S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta IS - \alpha I - \mu I \\ \frac{dT}{dt} &= \alpha I - \gamma T - \mu T \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma T - \mu R \end{aligned}$$

2. Model matematika SITR untuk penyebaran penyakit *Tuberculosis* menghasilkan titik ekuilibrium yaitu :  
Titik ekuilibrium bebas penyakit

$$S = \frac{\theta}{\mu}$$

$$I = 0$$

$$T = 0$$

$$R = 0$$

Titik ekuilibrium endemik.

$$S = \frac{\alpha + \mu}{\beta}$$

$$I = -\frac{-\theta\beta + \mu\alpha + \mu^2}{(\alpha + \mu)\beta}$$

$$T = -\frac{\alpha(-\theta\beta + \mu\alpha + \mu^2)}{(\gamma\alpha + \gamma\mu + \mu\alpha + \mu^2)\beta}$$

$$R = \frac{\gamma\alpha(\theta\beta - \mu\alpha - \mu^2)}{\mu(\gamma\alpha + \gamma\mu + \mu\alpha + \mu^2)\beta}$$

3. Hasil simulasi model SITR untuk penyebaran penyakit *Tuberculosis* di Provinsi Aceh 2021 mengalami penurunan dimana pada grafik *susceptible* populasi yang rentan terhadap *Tuberculosis* menurun secara tahunnya menurun secara konstan, pada grafik *infective* mengalami peningkatan sampai tahun ke 50, tahun selanjutnya menurun secara konstan., grafik *treatment* menunjukkan populasi yang melakukan pengobatan *Tuberculosis* pada tahun pertama menurun dan pada tahun ke 50 meningkat secara konstan, grafik *recovery* yaitu populasi yang sembuh setelah pengobatan individu yang terjangkit *Tuberculosis* meningkat secara konstan mulai dari tahun ke 25, maka setiap individu yang terinfeksi melakukan pengobatan lengkap berhasil dan sembuh bertransisi ke individu *recovery*.

Bilangan reproduksi dasar dari hasil parameter pada model ini yaitu  $R_0 = 0,124010090$  dimana nilai  $R_0 < 1$  sehingga menyatakan bahwa seseorang yang terinfeksi tidak dapat menyebabkan orang lain terkena, dan dapat dikatakan tidak terjadi wabah pada populasi tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, dkk. (2018). Model Matematika Aliran Tak Tunak Pada Nano Fluid Melewati Bola Teriris dengan Pengaruh Medan Magnet. *Engineering and Sains Journal*, 2(2).
- Aini, dkk. (2017). Sistem Pakar Pendiagnosa Penyakit Tuberkulosis. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 12(1).
- Anton, H. (1995). *Aljabar Linier Elementer Edisi ke-5 terjemahan Pantur Silababan dan I Nyoman Susila*. Jakarta : Erlangga.
- Amir, dkk. (2013). Dinamika Perkembangan HIV/AIDS Di Sulawesi Utara Menggunakan Model Persamaan Differensial Nonlinear SIR. *Jurnal Ilmiah Sains*, 13
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh (2019). *Provinsi Aceh dalam Angka 2019*.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh (2020). *Provinsi Aceh dalam Angka 2020*.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh (2021). *Provinsi Aceh dalam Angka 2021*.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh (2022). *Provinsi Aceh dalam Angka 2022*.
- Chandra dan Dwi. (2021). Analisis Kestabilan Model Penyebaran Penyakit Tuberkulosis dengan Menggunakan Mseitr. *Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, 15(2).
- Darmawan. (2016). Epidemiologi Penyakit Menular dan Penyakit Tidak Menular. *JMJ*, 4(2), 195-202.
- Djafr,D, (2015). Pemodelan Epidemiologi Penyakit Menular. *JKMA*, 10(1), 1-2.
- Laili, dkk. (2021). Pemodelan Matematika Terhadap Penyebaran Virus Komputer dengan Probabilitas Kekebalan. 3(2).
- Lasker, dkk. (2021). *Pengantar Sistem Dinamik*. Banten: Amal Insani.
- Magfirah, dkk. (2020). Stability Analysis of Tuberculosis SITS Model. *JOMTA*, 2(2).

- Misnadiarly. 2006. Diabetes Melitus Gangren, Ulcer, Infeksi, Mengenali gejala, Menanggulangi, dan Mencegah komplikasi. Jakarta: Pustaka Obor Populer
- Mukhlis, dkk. (2021). Analisis Penyebaran Penyakit *Filariasis* Menggunakan Model SEIR di Provinsi Sumatera Utara *Jurnal BSIS*, 3(2), 267-277.
- Nurhajjah, dkk. (2019). Analisis Kestabilan Model Penyebaran Penyakit Kaki Gajah (*filariasis*). *BIMASTER*, 8(1), 63-72.
- Pradani dan Wisnu. (2018). Evaluasi Ketepatan Obat dan Dosis Obat Anti Tuberkulosis pada Pasien Anak di Instalasi Rawat Jalan RSUD Dr. Moewardi Surakarta Periode 2016-2017. *Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 2, 93-103.
- Puspitasari, dkk. (2019). Analisis Kestabilan dan Kontrol Optimal Model Penyebaran Tuberkulosis (TB) dengan Terapi dan Vaksinasi Menggunakan Metode Runge Kutta. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 8(2).
- Qiyaam, dkk. (2020). Evaluasi Penggunaan Obat Antituberkulosis (OAT) Pada Pasien Tuberkulosis Paru di Puskesmas Kediri Lombok Barat Tahun 2018. *Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 1(1).
- Resnawati, dkk. (2021). Model Dinamika Transmisi Penyakit *Schistosomiasis*. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(3), 503-512.
- Trismanjaya, dkk. (2020). *Epidemiologi Penyakit Menular: Riwayat, Penularan dan Pencegahan*. Jakarta: Yayasan Kita Menulis.
- Nabilla, U. (2020). Efektivitas Pengobatan Dec Dan Doxycycline Pada Transmisi Filariasis. *Jurnal Gamma Pi*, 2(1).
- Sari, dkk. (2017). Analisis Biaya Tuberkulosis Paru Kategori Satu Pasien Dewasa di Rumah Sakit di DKI Jakarta. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 8(1).
- Soleh, dkk. (2019). Model Seir Penyakit Campak dengan Laju penularan Nonlinier *Incidence Rate*. UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru
- Syafruddin, dkk. (2016). Analisis dan Simulasi Model SITR pada Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Kota Makassar. *Jurnal Sainsmat*, 5(2), 191-204.
- Wahidah, dkk. (2016). *Pemodelan Matematika pada Penyakit Tuberculosis*. Makassar: UNM.
- Zadrak. (2018). *Pemodelan Matematika*. Yogyakarta: CV Budi Utama.