**Jurnal Matematika dan Aplikasi**

**deCartesiaN**

**ISSN:2302-4224**

J o u r n a l h o m e p a g e: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decartesian>





Penerapan Model SIR terhadap Perkembangan Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tomohon.

**Suhendri Arland0 Londah1, Chriestie Montolalu1, Charles Mongi1\***

1Jurusan Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

Corressponding author : chriestelly@unsrat.ac.id

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan titik keseimbangan model penyebaran penyakit DBD di Kota Tomohon dalam penerapan model SIR. Data yang digunakan adalah data jumlah penderita DBD dan jumlah penduduk di Kota Tomohon tahun 2015-2017 dari Dinas Kesehatan Daerah dan Badan Pusat Statistik Kota Tomohon. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat dua titik keseimbangan model SIR terhadap perkembangan penyakit DBD di Kota Tomohon yaitu titik bebas penyakit dan titik tetap endemik. Nilai bilangan reproduksi dasar penyakit DBD di Kota Tomohon yang ada di lima wilayah kecamatan semuanya . Hasil ini menunjukkan penyakit DBD di Kota Tomohon akan berkurang. Sehingga jumlah penderita DBD akan berkurang dalam kurun waktu tertentu.

|  |  |
| --- | --- |
| **A B S T R A K** | **INFO ARTIKEL**  Diterima  Diterima setelah revisi  Tersedia *online* |
| **Kata Kunci:**  DBD  Model SIR  Bilangan Reproduksi Dasar  Keseimbangan |

1. **PENDAHULUAN**

Demam Berdarah Dengue (DBD) banyak ditemukan di daerah tropis dan sub-tropis. Data dari seluruh dunia menunjukkan Asia menempati urutan pertama dalam jumlah penderita DBD setiap tahunnya. Penyakit DBD masih merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang utama di Indonesia. Jumlah penderita dan luas daerah penyebarannya semakin bertambah seiring dengan meningkatnya mobilitas dan kepadatan penduduk. Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) terus bertambah. Secara nasional, jumlah kasus hingga tanggal 3 Februari 2019 adalah sebanyak 16.692 kasus dengan 169 orang meninggal dunia. Kasus terbanyak ada di wilayah Jawa Timur, Jawa Tengah, NTT, dan Kupang [1].

Ditemukannya sejumlah kasus DBD di berbagai Kabupaten/Kota yang ada Provinsi Sulawesi Utara terhitung pada bulan Januari tahun 2019 berjumlah 714 kasus dengan jumlah kematian 11 kasus [2]. Menurut data yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Sulawesi Utara, untuk Kota Tomohon sendiri terhitung pada tahun 2018 ada 100 kasus.

Sesuai dari data di atas, maka sangat diperlukan penyajian informasi berupa penerapan model perkembangan penyakit DBD secara berkelanjutan kepada masyarakat, selain itu juga Kota Tomohon sendiri masih sangat rentan dengan kasus DBD di lihat dari kondisi wilayah yang memiliki iklim tropis menyebabkan perubahan curah hujan, suhu, kelembaban, arah udara sehingga berpengaruh terhadap kesehatan terutama perkembangbiakan vektor penyakit seperti nyamuk *Aedes*,  malaria  dan  lainnya.

Penyebaran penyakit DBD yang terjadi pada suatu populasi dapat dimodelkan ke dalam bentuk matematis. Model epidemik merupakan model yang cocok untuk penyebaran penyakit ini. Model epidemik membagi populasi menjadi populasi *susceptible* (rentan) penyakit, populasi *infected* (terinfeksi) dan populasi *recovered* (sembuh).

Model persamaan diferensial nonlinear SIR *(Susceptible, Infectious and Recovered*) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1927 oleh Kermack dan McKendrick [3]. DBD adalah salah satu penyakit menular yang dapat diimplementasikan dalam model tersebut.

Dalam penelitian ini model Epidemi SIR DBD digunakan untuk menentukan titik keseimbangan model dan membandingkan perkembangan penyakit DBD berdasarkan bilangan reproduksi dasar dan data *real* di Kota Tomohon.

1. **TINJAUAN PUSTAKA**
   1. **Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD)**

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit berbahaya yang disebabkan oleh virus *dengue* yang hidup di dalam tubuh nyamuk *Aedes aegypti.* Nyamuk *Aedes aegypti* adalah vektor utama penyakit demam berdarah dengue dan berkembang biak pada awal dan akhir musim penghujan. Perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* berhubungan erat dengan faktor iklim, salah satunya adalah suhu. Suhu berpengaruh dalam pertumbuhan nyamuk mulai dari telur, larva dan pupa serta bentuk dewasanya [4].

* 1. **Model Epidemi SIR**

Model epidemi SIR, pada suatu populasi dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. *Susceptible* (*S*), yaitu kelompok individu yang sehat tapi rentan terinfeksi.
2. *Infected* (*I*), yaitu kelompok individu yang terinfeksi penyakit menular.
3. *Recovered* (*R*), yaitu kelompok individu yang telah pulih dan memiliki kekebalan permanen untuk tidak tertular penyakit yang sama [5].

Model Matematika SIR :

(1) (2)

(3)

Keterangan :

= jumlah individu rentan terhadap waktu

= jumlah individu terinfeksi terhadap waktu

= jumlah individu yang telah pulih terhadap waktu

= laju pemulihan

= laju rata-rata penularan penyakit

= kemungkinan terjadi infeksi [6].

* 1. **Model Epidemi SIR Penyakit DBD**

Model Esteva – Vargas mengasumsikan bahwa populasi manusia pada suatu daerah adalah konstan, sebesar . Asumsi ini berarti bahwa laju kematian sama dengan laju kelahiran, misalkan besarnya . Populasi nyamuk *Aedes aegypti* diberikan oleh persamaan

(4)

Dengan dan berturut-turut merupakan jumlah populasi, laju penambahan (*recruitment rate*) dan laju kematian dari *Aedes aegypti.* Untuk waktu yang cukup lama jumlah *Aedes aegypti* ini akan mendekati suatu nilai konstan, yaitu .

Selanjutnya populasi manusia dibagi menjadi tiga sub-populasi: *susceptible* ,*infective*  dan *recorvered* . Sedangkan populasi *Aedes aegypti* dibagi dua sub-populasi karena masa hidup nyamuk cukup singkat dibandingkan dengan masa hidup manusia. Kedua sub-populasi tersebut adalah *susceptible* dan *infective* . Dengan notasi ini, model penyebaran DBD diberikan oleh persamaan :

(5) (6) (7)

(8) (9)

Keterangan :

: populasi nyamuk yang rentan terinfeksi.

: populasi nyamuk yang terinfeksi.

: populasi manusia yang rentan terinfeksi.

: populasi manusia yang terinfeksi.

: populasi manusia yang sembuh.

: total populasi manusia.

: total populasi nyamuk.

: proporsi perpindahan manusia terinfeksi ke manusia sembuh.

Dimana berturut - turut merupakan probabilitas penyebaran demam berdarah dari nyamuk ke manusia dan dari manusia ke nyamuk, serta merupakan rata – rata gigitan seekor nyamuk per hari [7].

* 1. **Sistem Persamaan Diferensial Biasa Nonlinear**

Bentuk umum dari persamaan diferensial biasa linier pada persamaan 10 :

(10)

Dengan ,, , …, , disebut koefisien persamaan diferensial. Fungsi disebut *input* dan solusi dari persamaan diferensial disebut *output*. Jika ruas kanan bernilai 0 untuk semua nilai dalam interval yang ditinjau, maka persamaan ini disebut homogen, jika sebaliknya disebut nonhomogen

Misalkan suatu persamaan diferensial biasa dinyatakan sebagai berikut :

(11)

Dengan A adalah matriks koefisien konstan berukuran dan b adalah vector konstan. Sistem persamaan (11) dinamakan Sistem Persamaan Diferensial Biasa Linear Orde Satu dengan kondisi awal . Jika maka system dikatakan homogen dan jika maka system dikatakan tak homogen (Tu, 1994).

Misalkan suatu sistem persamaan diferensial biasa dinyatakan dalam persamaan (12).

(12)

dengan

dan

adalah fungsi tak linear dalam Sistem persamaan (12) disebut sistem persamaan diferensial biasa nonlinear [8].

* 1. **Nilai Eigen dan Vektor Eigen**

Misalkan A adalah matriks maka suatu vektor tak nol di dalam disebut vektor eigen dari A, jika untuk suatu skalar , yang disebut nilai eigen dari A , berlaku :

(13)

Vektor disebut vektor eigen yang bersesuaian dengan nilai eigen .

Untuk mencari nilai eigen dari matriks A yang berukuran maka persamaan (13) dapat dituliskan sebagai berikut :

(14)

dengan matriks identitas. Persamaan (14) mempunyai solusi tak nol jika dan hanya jika  
 (15)

Persamaan (15) disebut persamaan karakteristik dari[9].

* 1. **Titik Tetap dan Kestabilan Titik Tetap**

Misalkan diberikan sistem persamaan diferensial biasa sebarang . Titik disebut titik tetap jika . Titik tetap disebut juga titik kritis atau titik kesetimbangan.

Terdapat dua titik tetap yaitu :

1. Titik tetap bebas penyakit *(Disease Free Equilibrium)*

Titik tetap bebas penyakit atau suatu keadaan dimana tidak terjadi penyebaran penyakit menular dalam populasi.

1. Titik tetap endemik *(Endemic Equilibrium)*

Titik tetap endemik atau suatu keadaan dimana terjadi penyebaran penyakit menular dalam populasi [10].

Misalkan sistem persamaan diferensial biasa sebarang memiliki titik tetap . Kestabilan titik tetap tersebut dapat dilihat dari nilai-nilai eigennya, yaitu dengan yang diperoleh dari .

Secara umum titik tetap mempunyai sifat sebagai berikut :

1. Stabil, jika :
2. Setiap nilai eigen real adalah negatif : untuk setiap *i*, atau
3. Nilai eigen kompleks bagian ( untuk setiap *i*.
4. Tak Stabil, jika :
5. Terdapat paling sedikit satu nilai eigen real positif : .
6. Terdapat paling sedikit satu nilai eigen kompleks dengan [11].
   1. **Linearisasi**

Menurut hardiningsih [12]. Linierisasi digunakan untuk menyelesaikan suatu sistem autonomous yang berbentuk:

(16)

Dimana 𝑓 dan 𝑔 adalah tak linier. Jika adalah titik kritis dari sistem (16) maka:

(17)

* 1. **Bilangan Reproduksi Dasar**

Bilangan reproduksi dasar adalah rata-rata banyaknya individu yang rentan terinfeksi secara langsung oleh individu lain yang telah terinfeksi bila individu yang telah terinfeksi tersebut masuk ke dalam populasi yang seluruhnya masih rentan. Bilangan reproduksi dasar dilambangkan dengan dan dinyatakan dengan persamaan (21) berikut :

(21)

Keterangan :

: peluang terjadinya kontak antara nyamuk rentan dengan manusia terinfeksi

: populasi nyamuk yang terinfeksi

: jumlah penduduk / populasi

: proporsi perpindahan manusia terinfeksi ke manusia sembuh

: populasi manusia yang rentan terkena penyakit, untuk

dimana untuk nilai dari

[13].

Beberapa kondisi yang akan timbul, yaitu :

1. Jika , maka penyakit akan menghilang.
2. Jika , maka penyakit akan menetap.
3. Jika , maka penyakit akan meningkat menjadi wabah [14].
4. **Metodologi Penelitian**
   1. **Waktu , tempat dan Data**

Penelitian dilaksanakan kurang lebih tiga bulan (Februari, Maret, April 2019) di Kota Tomohon, Sulawesi Utara. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder tentang penderita DBD dan jumlah penduduk di Kota Tomohon tahun 2015 – 2017. Data tersebut diperoleh dari Dinas Kesehatan Daerah Kota Tomohon dan Badan Pusat Statistik Kota Tomohon.

* 1. **Prosedur Penelitian**

Langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data tentang jumlah penderita DBD dan jumlah penduduk di Kota Tomohon.
2. Menentukan model dinamik matematika yang digunakan.
3. Menentukan titik tetap atau titik kesetimbangan model.
4. Menentukan bilangan reproduksi dasar () dari penyakit DBD di Kota Tomohon.
5. Menarik kesimpulan dan saran.
6. **HASIL DAN PEMBAHASAN**
   1. **Data Jumlah Penderita DBD di Kota Tomohon**

Berdasarkan penelusuran data ke Dinas Kesehatan Daerah Kota Tomohon diperoleh data tentang banyaknya penderita DBD di Kota Tomohon seperti pada tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Banyaknya Penderita DBD di Kota Tomohon tahun 2015

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jumlah Penderita | | | |
| Rentan terinfeksi (S) | Terinfeksi (I) | Sembuh  (R) | Meninggal |
| Tomohon Utara | 29.248 | 29 | 29 | - |
| Tomohon Timur | 10.865 | 10 | 10 | - |
| Tomohon Tengah | 22.727 | 29 | 29 | - |
| Tomohon Barat | 14.727 | 13 | 12 | 1 |
| Tomohon Selatan | 22.678 | 47 | 47 | - |
| TOTAL | 100.245 | 128 | 127 | 1 |

Berdasarkan tabel (1) jumlah penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) pada tahun 2015 Kecamatan Tomohon Utara populasi manusia yang rentan adalah 29.248 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 29 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Timur populasi manusia yang rentan adalah 10.865 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 10 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Tengah populasi manusia yang rentan adalah 22.727 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 29 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Barat populasi manusia yang rentan adalah 14.727 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 13 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi ada 1 yang meninggal. Kecamatan Tomohon Selatan populasi manusia yang rentan adalah 22.678 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 47 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh.

Tabel 2. Banyaknya Penderita DBD di Kota Tomohon tahun 2016

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jumlah Penderita | | | |
| Rentan terinfeksi (S) | Terinfeksi (I) | Sembuh (R) | Meninggal |
| Tomohon Utara | 29.905 | 17 | 17 | - |
| Tomohon Timur | 10.965 | 7 | 7 | - |
| Tomohon Tengah | 23.230 | 21 | 21 | - |
| Tomohon Barat | 14.813 | 9 | 8 | 1 |
| Tomohon Selatan | 22.996 | 18 | 18 | - |
| TOTAL | 101.909 | 72 | 71 | 1 |

Berdasarkan tabel (2) jumlah penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) pada tahun 2016 Kecamatan Tomohon Utara populasi manusia yang rentan adalah 29.905 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 17 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Timur populasi manusia yang rentan adalah 10.965 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 7 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Tengah populasi manusia yang rentan adalah 23.230 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 21 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Barat populasi manusia yang rentan adalah 14.813 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 9 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi ada 1 yang meninggal. Kecamatan Tomohon Selatan populasi manusia yang rentan adalah 22.996 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 18 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh.

Tabel 3. Banyaknya Penderita DBD di Kota Tomohon tahun 2017

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jumlah Penderita | | | |
| Rentan terinfeksi (S) | Terinfeksi (I) | Sembuh  (R) | Meninggal |
| Tomohon Utara | 30.605 | 2 | 2 | - |
| Tomohon Timur | 11.081 | - | - | - |
| Tomohon Tengah | 23.770 | 9 | 9 | - |
| Tomohon Barat | 14.916 | 2 | 2 | - |
| Tomohon Selatan | 23.321 | 5 | 5 | - |
| TOTAL | 103.693 | 18 | 18 | - |

Berdasarkan tabel (3) jumlah penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) pada tahun 2017 Kecamatan Tomohon Utara populasi manusia yang rentan adalah 30.605 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 2 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Timur populasi manusia yang rentan adalah 10.081 jiwa, tidak ada populasi manusia yang terinfeksi. Kecamatan Tomohon Tengah populasi manusia yang rentan adalah 23.770 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 9 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Barat populasi manusia yang rentan adalah 14.916 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 2 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh. Kecamatan Tomohon Selatan populasi manusia yang rentan adalah 23.321 jiwa, populasi manusia yang terinfeksi adalah 5 jiwa, dari populasi manusia yang terinfeksi semuanya sembuh.

* 1. **Data Jumlah Penduduk di Kota Tomohon**

Selain data di atas, penelitian ini juga menggunakan data jumlah penduduk yang dinyatakan sebagai . Adapun data jumlah penduduk yang digunakan seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Banyaknya Jumlah Penduduk Kota Tomohon tahun 2015 – 2017

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kecamatan | Jumlah Penduduk | | |
| 2015 | 2016 | 2017 |
| Tomohon Utara | 29.277 | 29.922 | 30.607 |
| Tomohon Timur | 10.875 | 10.972 | 11.081 |
| Tomohon Tengah | 22.756 | 23.251 | 23.779 |
| Tomohon Barat | 14.740 | 14.822 | 14.918 |
| Tomohon Selatan | 22.725 | 23.014 | 23.326 |
| TOTAL | 100.373 | 101.981 | 103.711 |

* 1. **Model SIR DBD**

Model Host – Vector

Populasi Manusia

(22)

(23)

(24)

Populasi Vektor

(25)

(26)

Dengan syarat

(27)

(28)

Karena itu, model populasi manusia dan nyamuk dapat disederhanakan sebagaimana persamaan (29), (30), dan (31).

(29)

(30)

(31)

Model yang dihasilkan dapat disederhanakan dengan mengandaikan pecahan - pecahan pada persamaan (32).

(32)

Dengan demikian untuk populasi manusia dan nyamuk dapat disederhanakan sebagaimana persamaan (33), (34) dan (35).

(33)

(34)

(35)

dengan nilai

Sebuah titik kritis akan terjadi ketika nilai

(36)

Masukan persamaan (33), (34), dan (35) ke persamaan (36) sehingga didapatkan persamaan (37), (38), dan (39).

(37)

(38)

(39)

Masukan persamaan (37) dan (38) ke persamaan (39) menunjukkan bahwa titik – titik keseimbangan dari sistem ini adalah (1,0,0) dan ( dengan nilai

(40)

Linearisasi dari persamaan (33), (34), dan (35) pada titik kesetimbangan (1,0,0) menghasilkan persamaan (41).

(41)

Untuk persamaan (41) mengarah ketiga nilai eigen persamaan (42).

(42)

dengan nilai eigen,

(43)

Linearisasi dari persamaan (33), (34), dan (35) pada titik kesetimbangan ( menghasilkan persamaan (44).

(44)

* 1. **Model SIR Titik Keseimbangan untuk Kota Tomohon**

Tabel 5. Nilai Parameter

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama dari parameter | Notasi | Nilai |
| Proporsi perpindahan manusia terinfeksi ke manusia sembuh |  | 0.3288330 |
| Tingkat Keefektifan, manusia terhadap nyamuk |  | 0.3750000 |
| Tingkat Keefektifan, nyamuk terhadap manusia |  | 0.7500000 |
| Rentang kehidupan manusia |  | 0.0000460 |
| Rentang kehidupan nyamuk |  | 0.0323000 |

Tabel 6. Titik – titik Keseimbangan tahun 2015 dan Nilai Eigen

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kecamatan** |  |  |  | **Nilai Eigen** |
| Tomohon Utara |  |  |  |  |
| Tomohon Timur |  |  |  |  |
| Tomohon Tengah |  |  |  |  |
| Tomohon Barat |  |  |  |  |
| Tomohon Selatan |  |  |  |  |

Tabel 7. Titik – titik Keseimbangan tahun 2016 dan Nilai Eigen

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kecamatan** |  |  |  | **Nilai Eigen** |
| Tomohon Utara |  |  |  |  |
| Tomohon Timur |  |  |  |  |
| Tomohon Tengah |  |  |  |  |
| Tomohon Barat |  |  |  |  |
| Tomohon Selatan |  |  |  |  |

Tabel 8. Titik – titik Keseimbangan tahun 2017 dan Nilai Eigen

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kecamatan** |  |  |  | **Nilai Eigen** |
| Tomohon Utara |  |  |  |  |
| Tomohon Timur |  |  |  |  |
| Tomohon Tengah |  |  |  |  |
| Tomohon Barat |  |  |  |  |
| Tomohon Selatan |  |  |  |  |

* 1. **Bilangan Reproduksi Dasar Penyakit DBD di Kota Tomohon**

Tahun 2015

Tomohon utara

Tomohon timur

Tomohon tengah

Tomohon barat

Tomohon selatan

Tahun 2016

Tomohon utara

Tomohon timur

Tomohon tengah

Tomohon barat

Tomohon selatan

Tahun 2017

Tomohon utara

Tomohon timur

Tomohon tengah

Tomohon barat

Tomohon selatan

Karena hasil dari nilai untuk kecamatan tomohon utara, kecamatan tomohon timur, kecamatan tomohon tengah, kecamatan tomohon barat, dan kecamatan tomohon utara pada tahun 2015, 2016, dan 2017 semuanya kurang dari 1, maka penyakit yang ada di lima wilayah kecamatan tersebut akan berkurang.

1. **KESIMPULAN DAN SARAN**

**5.1. Kesimpulan**

Dari hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Diperoleh dua titik keseimbangan dari model matematika SIR pada model penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue yaitu :
2. Titik tetap bebas penyakit
3. Titik tetap endemik
4. Nilai bilangan reproduksi dasar penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tomohon yang ada di lima wilayah kecamatan semuanya . Hasil ini menunjukkan penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tomohon akan berkurang. Sehingga jumlah penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) akan berkurang dalam kurun waktu tertentu.
   1. **Saran**

Penulis menyarankan kepada pembaca yang tertarik pada masalah ini untuk mengembangkan lebih lanjut. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah selaku penentu kebijakan dalam upaya mencegah dan menanggulangi penyebaran penyakit DBD di Indonesia khususnya di Kota Tomohon Sulawesi Utara.

**REFERENSI**

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. Kasus DBD Terus Bertambah, Anung Imbau Masyarakat Maksimalkan PSN. [http://www.depkes.go.id/folder/view/01/structure-publikasi-pusdatin-buletin.html [28](http://www.depkes.go.id/folder/view/01/structure-publikasi-pusdatin-buletin.html%20%5b28) Januari 2019]
2. Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Utara. 2019. Pemberantasan sarang nyamuk (PSN) Upaya Menurunkan Peningkatan Kasus DBD (Demam Berdarah Dengue). <http://dinkes.sulutprov.go.id/2019/01/22/dinkesda-sulut-pemberantasan-sarang-nyamuk-psn-upaya-menurunkan-peningkatan-kasus-dbd-demam-berdarah-dengue/> [28 Mei 2019]
3. Murray, J. D. 2002. *Mathematical Biology :An Introduction. Third Edition*. Springer-Verlag, NewYork.
4. Solihin,G. 2004. Ekologi vektor demam berdarah dengue. *Warta Kesehatan TNI-AL*. 14(1):31-38.
5. Luknanto,D. 2003. Model Matematika. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
6. Johnson, T. 2009. *Mathematical Modeling of Diseases. SIR Model*. University of Minnesota, Morris.
7. Supriatna, A.K, dan Edy, S. 2000. Model Matematika Penyebaran Penyakit Demam Berdarah. *Bionatura.* 2(3):104-116.
8. Braun, M. 1983. *DifferentiaL Equations and Their Applications*. Springer-Verlag, Ney York.
9. Anton, H. 1995. Aljabar Linear Elementer. Edisi ke-5. Pantur Silaban dan Nyoman Susila. Penerjemah. Erlangga, Jakarta.
10. Tu, P.N.V. 1994. *Dynamical System : An Introduction with Applications in Economics and Biology.* Springer-Verlag, New York.
11. Edelstein, K.L. 2005. *Mathematical Models in Biology*. Random House, New York.
12. Hardiningsih, A.Y. 2010*. Kajian Model Epidemik SIR Deterministik dan Stokastik pada Waktu Diskrit.* [http://digili.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-13427-Paper.pdf [15](http://digili.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-13427-Paper.pdf%20%20%20%20%5b15) November 2016]
13. Side, S. Noorani, S. Md. 2013. *A SIR Model For Spread Of Dengue Fever Disease (Simulation for south Sulawesi, Indonesia and Selangor, Malaysia). World Journal of Modelling and Simulation*. 9(2): 96-105.
14. Giesecke, J. 1994. *Modern Infectious Disease Epidemiology*. Oxford University Press, New York.

**Suhendri A. Londah** ([landolondah@gmail.com](mailto:landolondah@gmail.com))

****Lahir di Tomohon, 01 September 1994. Menempuh pendidikan tinggi Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado. Tahun 2019 adalah tahun terakhir ia menempuh studi. Makalah ini merupakan hasil penelitian skripsinya yang dipublikasikan.

**Chriestie E.J.C Montolalu** ([Chriestelly@unsrat.ac.id](mailto:Chriestelly@unsrat.ac.id))

Lahir di Tomohon, 10 Desember 1985. Pada tahun 2007 memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Matematika di Universitas Sam Ratulangi, Manado. Gelar Master Of Science (M.Sc) dari Universitas Of Queensland Australia pada tahun 2015. Menjadi pengajar tetap di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado.

**Charles E. Mongi** ([Charlesmongi@unsrat.ac.id](mailto:Charlesmongi@unsrat.ac.id))

Lahir di Tondano, 04 Januari 1984. Pada tahun 2006 memperoleh gelar Sarjana Matematika di Universitas Sam Ratulangi, Manado. Melanjutkan di Institut Pertanian Bogor tahun 2011 dan mendapatkan gelar Mmagister bidang statistika pada tahun 2014. Menjadi pengajar di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2008.