

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 120/Matematika

USULAN

PENELITIAN DOSEN PEMULA



**ANALISIS BIFURKASI HOPF DAN KESTABILAN MODEL
DINAMIK TRANSMISI VIRUS DENGUE DENGAN WAKTU
TUNDA DALAM PENGARUHNYA TERHADAP KEMUNCULAN
PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE**

TIM PENGUSUL

Chriestie E. J. C. Montolalu, S.Si, M.Sc NIDN 0010128501 (Ketua)

Charles E. Mongi, S.Si, M.Si NIDN 0004018401 (Anggota)

UNIVERSITAS SAM RATULANGI MANADO

MEI 2016

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DOSEN PEMULA

Judul Penelitian : ANALISIS BIFURKASI HOPF DAN KESTABILAN MODEL DINAMIK TRANSMISI VIRUS DENGUE DENGAN WAKTU TUNDA DALAM PENGARUHNYA TERHADAP KEMUNCULAN PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 121/Matematika

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU S.Si, M.Sc.

b. NIDN : 0010128501

c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

d. Program Studi : Matematika

e. Nomor HP/Surel : 081354607777/chriestelly@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : CHARLES EFERAIM MONGI S.Si, M.Si

b. NIDN : 0004018401

c. Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Kota Manado, 26-05-2016

Mengetahui,
Dekan FMIPA UNSRAT

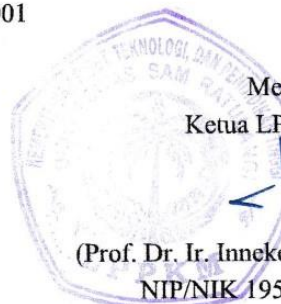
Ketua Peneliti



(Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc)
NIP/NIK 196606041995121001

(CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU S.Si, M.Sc.)
NIP/NIK 198512102008122001

Menyetujui,
Ketua LPPM UNSRAT



(Prof. Dr. Ir. Inneke F.M. Rumengan, M.Sc)
NIP/NIK 195711051984032001

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : ANALISIS BIFURKASI HOPF DAN KESTABILAN MODEL DINAMIK TRANSMISI VIRUS DENGUE DENGAN WAKTU TUNDA DALAM PENGARUHNYA TERHADAP KEMUNCULAN PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE

2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU S.Si, M.Sc.	Ketua Pengusul	Matematika	Universitas Sam Ratulangi	10.00
2	CHARLES EFERAIM MONGI S.Si, M.Si	Anggota Pengusul	Statistika	Universitas Sam Ratulangi	10.00

3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian):
Penelitian akan dilakukan secara kualitatif terhadap model transmisi virus Dengue jenis serotipe DEN-2 dan DEN-3 dan pengaruhnya pada perkembangan penyakit DBD.
4. Masa Pelaksanaan
Mulai tahun: 2017
Berakhir tahun: 2017
5. Usulan Biaya DRPM Ditjen Penguatan Risbang
- Tahun ke-1: Rp25,000,000
6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan)
Manado, Sulawesi Utara
7. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontribusinya)
8. Temuan yang ditargetkan (penjelasan gejala atau kaidah, metode, teori, produk, atau rekayasa)
Hasil penelitian yang ditargetkan adalah dengan model Matematika yang dikembangkan akan memberi pengetahuan tentang pengaruh waktu tunda pada masa inkubasi virus dengue serotipe DEN-2 dan DEN-3 terhadap kemunculan penyakit DBD.
9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang mendukung pengembangan iptek)
Penelitian ini diharapkan akan berkontribusi pada perkembangan dua rumpun ilmu, yaitu Matematika dan Kesehatan Masyarakat. Model Matematika dan analisis yang akan dikembangkan akan menambah referensi untuk penelitian lanjutan. Selanjutnya, untuk bidang Kesehatan Masyarakat, hasil dari penelitian ini akan menambah referensi dalam upaya mencegah dan mengontrol penyebaran penyakit menular, khususnya DBD.
10. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah internasional bereputasi, nasional terakreditasi, atau nasional tidak terakreditasi dan tahun rencana publikasi)
Rencana publikasi pada Jurnal Ilmiah Sains (ISSN 1412 - 3770) pada tahun 2017
11. Rencana luaran HKI, buku, purwarupa atau luaran lainnya yang ditargetkan, tahun rencana perolehan atau penyelesaiannya
- Publikasi Ilmiah Jurnal Nasional Terakreditasi, tahun ke-1 Target: submitted
- Pemakalah dalam pertemuan ilmiah Nasional, tahun ke-1 Target: sudah dilaksanakan
- Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT), tahun ke-1 Target: Skala 3

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM	
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Target Luaran	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penyakit Demam Dengue (DD) dan Demam Berdarah Dengue (DBD)	6
2.2. Model SIR	6
2.3. Waktu Tunda (<i>Time Delay</i>) dan Bifurkasi Hopf (<i>Hopf Bifurcation</i>)	10
BAB 3. METODE PENELITIAN	12
3.1. Tahapan Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.3. Waktu dan Tempat	12
BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN	13
4.1. Anggaran Biaya	13
4.2. Jadwal Penelitian	13
DAFTAR PUSTAKA	14
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

RINGKASAN

Virus Dengue dapat diklasifikasikan pada empat serotipe virus, yaitu DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4. Jika salah satu dari keempat serotipe virus tersebut menginfeksi manusia, maka serotipe virus tersebut akan menetap dalam tubuh manusia yang diinfeksi, dan manusia yang terinfeksi akan menjadi imun terhadap jenis serotipe virus tersebut. Jika di kemudian hari, manusia yang telah imun tersebut terinfeksi lagi dengan jenis serotipe virus yang berbeda, maka manusia tersebut akan terpapar penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD).

Model Matematika SIR telah banyak dilakukan untuk analisa penyebaran virus dengue dan pengaruhnya terhadap perkembangan penyakit DBD. Namun di antaranya sebagian besar analisis dilakukan pada virus dengue secara umum tanpa penekanan secara spesifik terhadap keempat jenis serotipe virus yang ada dan pengaruhnya terhadap kemunculan penyakit DBD. Selain itu, variasi imunitas tubuh manusia dan vaksinasi dapat menyebabkan waktu tunda pada periode inkubasi virus dalam tubuh manusia. Oleh karena itu, studi ini akan dilakukan terhadap analisa pengaruh parameter waktu tunda terhadap model SIR penyakit DBD yang melibatkan dua jenis serotipe virus dengan lebih spesifik. Pemilihan hanya dua jenis serotipe virus didasarkan pada studi bahwa virus yang paling sering ditemukan di negara tropis seperti Indonesia adalah virus serotipe DEN-2 dan DEN-3. Model akan dirancang dalam bentuk sistem yang didasarkan pada teori-teori dan hasil penelitian yang didapatkan pada literatur sumber. Selanjutnya akan dilakukan analisa kestabilan sistem terhadap titik kesetimbangan sistem. Kemudian analisa pengaruh perubahan parameter waktu tunda akan dilakukan terhadap kestabilan sistem dengan teori Bifurkasi Hopf. Hasil analisa akan disempurnakan dengan analisis numerik dengan menggunakan software Matematika MatLab.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Studi terhadap berbagai aspek yang memengaruhi penyakit menular, seperti pola penyebaran virus, faktor lingkungan, perubahan iklim, dan faktor-faktor mendasar lainnya, telah menjadi perhatian para peneliti selama beberapa dekade terakhir ini. Khususnya di negara-negara berkembang dan beriklim tropis seperti Indonesia, kontrol terhadap penyebaran penyakit menular menjadi perhatian pemerintah, terlebih dikarenakan tingginya tingkat kematian penduduk yang disebabkan penyakit menular. Di antaranya adalah penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) yang telah menjadi endemik di hampir semua daerah Indonesia. Data menunjukkan angka kesakitan (*Incidence Rate*) penyakit DBD selama rentang waktu 2003 – 2013 menunjukkan tren kenaikan yang cukup signifikan. Walaupun sempat menurun drastis pada tahun 2011, namun angka kesakitan penyakit DBD menunjukkan terjadinya peningkatan kasus pada tahun 2013 [11]. Meskipun angka kematian akibat DBD menurun sampai akhir tahun 2015, namun mengingat penyakit ini telah menjadi endemik, maka studi tentang penyakit ini tidak bisa dihentikan dan dianggap masih relevan untuk dilakukan. Terlebih dalam usaha untuk mencegah dan mengontrol penyebaran penyakit ini agar tidak meluas dan menyebabkan terjadinya Kejadian Luar Biasa (KLB).

Demam Dengue (DD) dan Demam Berdarah Dengue (DBD) disebabkan oleh virus Dengue yang teridentifikasi dalam empat jenis serotipe virus: DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4 [12]. Serotipe yang paling sering ditemukan di negara-negara tropis, termasuk Indonesia, adalah virus DEN-2 dan DEN-3 [3]. Walaupun penyakit DD dan DBD keduanya disebabkan oleh infeksi virus yang sama, tapi penyakit DD tidak sama dengan DBD. Penyakit DD muncul dalam tubuh manusia saat terinfeksi salah satu jenis serotipe virus dengue untuk pertama kalinya. Selanjutnya, manusia yang telah terinfeksi pertama kali tersebut akan imun seumur hidupnya terhadap virus yang telah menginfeksi. Namun, jika kemudian manusia tersebut terinfeksi jenis serotipe virus lain yang berbeda dari jenis serotipe virus yang menginfeksi pertama kali, maka manusia tersebut akan sangat rentan terhadap penyakit DBD [12]. Dengan kata lain, penyakit DBD adalah fase yang lebih parah dari penyakit DD. Meskipun demikian, studi menunjukkan bahwa penyakit DBD yang muncul setelah infeksi kedua dari virus jenis serotipe yang berbeda tidak selamanya berakhir buruk. Walaupun ada yang bisa berakhir pada kematian, namun ada juga manusia yang bisa sembuh, atau bahkan tidak terlalu parah. Semuanya ini disebabkan oleh adanya perbedaan imunitas manusia yang berbeda-beda yang

dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah jenis kelamin, usia, dan asupan gizi [2]. Faktor-faktor ini menyebabkan adanya perbedaan masa inkubasi virus yang bisa menentukan parah atau tidaknya penyakit DBD yang dialami setelah infeksi kedua.

Studi matematis tentang DBD sendiri telah banyak dilakukan baik oleh para peneliti di Indonesia maupun di luar negeri dan telah mengalami banyak perkembangan. Di antaranya adalah dengan analisa terhadap model dinamik SIR dengan melibatkan lima kompartemen [4,13], yaitu: populasi manusia yang rentan terhadap virus atau *susceptible* (S_h), populasi manusia yang terinfeksi virus atau *infected* (I_h), populasi manusia yang telah melewati tahap penyembuhan atau *removed* (R_h), populasi nyamuk yang rentan terhadap virus atau *susceptible mosquitoes* (S_v), dan nyamuk yang terinfeksi virus atau *infected mosquitoes* (I_v). Model ini dianalisis dengan mengasumsikan manusia sebagai *host* (pejamu) dan nyamuk sebagai *vector*. Model ini merupakan modifikasi dari model dinamik *SIR* yang diperkenalkan pada tahun 1927 oleh Kermack dan McKendrick [14]. Penyebaran virus dan perkembangan penyakit dianalisis melalui kestabilan model. Dalam hal ini, kestabilan model *SIR* ditentukan pada titik kesetimbangan semua variabel yang disimbolkan pada setiap kompartemen. Jika titik kesetimbangan menunjukkan perilaku stabil, maka penyakit diasumsikan tidak berkembang atau manusia ada pada fase penyembuhan. Sebaliknya jika titik kesetimbangan menunjukkan perilaku tidak stabil, maka penyakit diasumsikan pada fase yang parah dan bisa menyebabkan kematian. Oleh karena itu, model ini dapat membantu para penentu keputusan dalam bidang kesehatan dalam upaya mengontrol penyebaran penyakit karena dapat memberikan gambaran kondisi sistem pada saat penyebaran penyakit bisa fatal atau sebaliknya hilang dari sistem.

Model *SIR* untuk analisa penyakit DD maupun DBD telah mengalami banyak perkembangan. Model ini telah banyak dimodifikasi untuk mendekati sistem yang lebih realistis. Namun, di antara model-model tersebut jarang dikembangkan sistem dengan analisa jenis serotipe virus secara spesifik dan pengaruhnya secara langsung terhadap kemunculan penyakit DBD, sebagian besar menganalisa virus Dengue secara umum atau penyakit DD tanpa pengembangan ke arah penyakit DBD. Pada tahun 2007, Nuraini, et.al [9] mengembangkan sebuah model *SIR* dengan analisa dua serotipe virus (DEN-2 dan DEN-3) dan pengaruhnya terhadap penyakit DBD. Model ini menganalisa sistem dengan delapan kompartemen: populasi manusia yang rentan terhadap kedua serotipe virus atau *susceptible* (S), populasi manusia yang terinfeksi virus serotipe i (I_i), populasi manusia yang imun terhadap virus serotipe i (R_i), populasi manusia yang imun terhadap virus serotipe j tapi telah terinfeksi virus serotipe i (Y_i), populasi

manusia yang imun terhadap kedua serotipe virus (R), populasi manusia yang imun terhadap salah satu serotipe virus namun telah terinfeksi serotipe virus lainnya dan menderita penyakit DBD (D), populasi nyamuk yang rentan terhadap virus (V_0), dan populasi nyamuk yang terinfeksi virus serotipe i (V_i).

Seperti model dinamik SIR lainnya, model yang dikembangkan Nuraini et.al. dianalisis terhadap periode waktu tertentu. Namun, kenyataannya dalam kondisi yang lebih realistis perjalanan inkubasi virus terutama sejak manusia terinfeksi virus serotipe kedua sampai berkembang menjadi penyakit DBD tergantung pada tingkat kekebalan manusia tersebut. Hal ini dikarenakan imunitas manusia yang bervariasi seperti yang telah dijelaskan. Ada manusia yang bisa dengan cepat menderita DBD sampai tingkat yang parah bahkan menyebabkan kematian, dan ada juga yang lambat. Selain daripada itu, perkembangan dunia medis yang menyiapkan vaksin untuk mencegah penyakit, termasuk DBD, mempengaruhi masa inkubasi virus, khususnya menyebabkan terjadinya waktu tunda [5]. Fakta dan temuan ini membuat tim peneliti mengasumsikan bahwa parameter waktu tunda (*time delay*) cukup berpengaruh terhadap kemunculan penyakit DBD, khususnya terhadap kemungkinan perkembangan penyakit yang lebih parah.

Model SIR yang melibatkan waktu tunda juga telah banyak dikembangkan. Studi menunjukkan bahwa waktu tunda bisa mempengaruhi kestabilan sebuah sistem, sebuah sistem yang stabil bisa berubah menjadi tidak stabil akibat adanya waktu tunda tersebut [5,8,15]. Dengan memperhatikan fakta-fakta ini, maka tim memutuskan untuk menganalisa model perkembangan penyakit DBD yang melibatkan parameter waktu tunda. Selain itu, dengan adanya virus dengue DEN-2 dan DEN-3 yang sangat mempengaruhi perkembangan penyakit DBD, penelitian ini akan didasarkan pada model yang telah dikembangkan oleh Nuraini et al, dan dimodifikasi dengan parameter waktu tunda. Analisa terhadap model ini akan dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh waktu tunda terhadap perkembangan penyakit DBD yang disebabkan oleh kedua tipe tersebut. Analisis akan dilakukan terhadap kestabilan sistem dengan menggunakan teori Bifurkasi Hopf dan akan dilengkapi dengan analisis numerik untuk melihat perubahan kestabilan lebih jelas dengan pendekatan grafik. Simulasi numerik terhadap model akan memberikan perbandingan hasil dengan gambar yang lebih akurat [4].

1.2. Perumusan Masalah

Virus dengue serotipe DEN-2 dan DEN-3 sering ditemukan pada negara-negara tropis seperti Indonesia, maka penelitian ini akan melakukan analisa terhadap pola penyebaran kedua serotipe virus tersebut dalam menginfeksi manusia (*host*) sampai menyebabkan kemunculan penyakit DBD. Selanjutnya, waktu tunda diasumsikan sebagai parameter yang penting dikarenakan masa inkubasi virus bisa bervariasi akibat perbedaan imunitas manusia yang terinfeksi dan vaksinasi. Sehingga model yang akan dianalisa adalah model dinamik SIR yang telah dimodifikasi dengan memperhitungkan dua jenis serotipe virus, parameter waktu tunda, dan pengaruhnya terhadap kemunculan penyakit DBD. Kesimpulan akhir akan ditentukan berdasarkan kestabilan model yang telah dianalisa dengan Bifurkasi Hopf dan analisis secara numerik.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh waktu tunda terhadap kemunculan penyakit DBD pada manusia yang terinfeksi virus dengue yang telah imun terhadap virus serotipe berbeda yang telah menginfeksi manusia tersebut sebelumnya. Adapun tujuan jangka panjang dari penelitian ini adalah dapat membantu para pengambil kebijakan dan keputusan dalam bidang kesehatan agar bisa melakukannya lebih akurat sesuai dengan kondisi sistem yang diteliti.

1.4. Target Luaran

Hasil dari penelitian diharapkan akan memberi kontribusi pada perkembangan dua rumpun ilmu, yaitu Matematika dan Kesehatan Masyarakat. Model Matematika dan analisis yang akan dikembangkan akan menambah referensi hasil penerapan ilmu-ilmu Matematika selanjutnya. Hal ini dikarenakan model yang akan dikembangkan tidak akan berhenti sampai pada hasil dari penelitian pada tulisan ini, namun model ini masih bisa dikembangkan untuk studi yang lebih kompleks dan mendekati dunia nyata. Selanjutnya, untuk bidang Kesehatan Masyarakat, hasil dari penelitian ini akan menambah referensi dalam upaya mencegah dan mengontrol penyebaran penyakit menular, khususnya DBD.

Hasil dari penelitian ini direncanakan akan mencapai beberapa target seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Rencana Target Capaian

No	Jenis Luaran	Indikator Capaian	
1	Publikasi ilmiah di jurnal nasional ber ISSN	Submitted	
2	Pemakalah dalam temu ilmiah	Nasional	Terdaftar
		Lokal	-
3	Bahan ajar	Tidak ada	
4	Luaran lainnya	Tidak ada	
5	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)	3	

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penyakit Demam Dengue (DD) dan Demam Berdarah Dengue (DBD)

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah fase yang lebih parah dari penyakit Demam Dengue (DD) [12]. Manusia yang terinfeksi salah satu dari keempat jenis serotipe virus dengue: DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4, akan menderita penyakit DD. Selanjutnya, setelah sembuh, virus tersebut akan menetap dalam tubuh manusia yang diinfeksi dan manusia yang terinfeksi akan menjadi imun terhadap virus tersebut. Jika kemudian, manusia tersebut terinfeksi jenis serotipe virus lainnya, maka manusia tersebut akan terpapar penyakit DBD dikarenakan sistem imun tubuh telah dibentuk untuk serotipe virus yang telah menginfeksi terlebih dahulu [12]. Penyakit DD bisa disembuhkan, sedangkan penyakit DBD walaupun masih bisa disembuhkan tapi bisa menyebabkan kematian.

2.2. Model SIR

Model dinamik SIR telah banyak dikembangkan untuk menganalisa berbagai faktor yang mempengaruhi penyebaran penyakit menular. Model SIR pertama kali diperkenalkan pada tahun 1927 oleh Kermack dan McKendrick [14]. SIR merupakan singkatan dari *S* (*Susceptible*), *I* (*Infected*), dan *R* (*Recovered*). Model tersebut dianalisa dalam bentuk sistem persamaan differensial terhadap fungsi waktu (t), sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \alpha I \\ \frac{dR}{dt} &= \alpha I\end{aligned}\tag{1}$$

dimana $S(t)$ menyatakan populasi manusia yang rentan terhadap virus penyakit, $I(t)$ menyatakan populasi manusia yang terinfeksi virus penyakit, dan $R(t)$ menyatakan populasi manusia yang telah sembuh. Sedangkan parameter β menyatakan laju penyebaran penyakit dan parameter α menyatakan laju penyembuhan.

Asumsi dalam model ini adalah sebagai berikut: manusia yang telah terinfeksi menularkan virus penyakit kepada manusia yang lain secara langsung dan kontak antara kedua manusia diasumsikan secara acak. Manusia yang telah pulih diasumsikan telah kebal terhadap penyakit. Model ini belum melibatkan perantara (*vector*) penyebar virus penyakit seperti nyamuk pada penyakit DD/DBD dan Malaria, namun model ini menjadi dasar untuk pengembangan model-model penyakit menular lainnya.

Model SIR yang dimodifikasi untuk analisa penyebaran penyakit DD menggunakan identifikasi dua populasi, yaitu populasi manusia sebagai *host* atau pejamu (N_h) dan populasi nyamuk sebagai *vector* atau perantara (N_v). Populasi manusia sebagai *host* dibagi dalam tiga kelompok: populasi manusia yang rentan terinfeksi virus (S_h), populasi manusia yang terinfeksi virus (I_h), dan populasi manusia yang telah sembuh (R_h). Populasi nyamuk sebagai *vector* dibagi dalam dua kelompok: populasi nyamuk yang rentan terinfeksi virus (S_v) dan populasi nyamuk yang terinfeksi virus (I_v) [4,15]. Model yang menggambarkan sistem ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\frac{dS_h}{dt} &= \mu_h N_h - \frac{b\beta_h I_v S_h}{N_h} - \mu_h S_h \\
\frac{dI_h}{dt} &= \frac{b\beta_h I_v S_h}{N_h} - (\mu_h + \gamma_h) I_h \\
\frac{dR_h}{dt} &= \gamma_h I_h - \mu_h R_h \\
\frac{dS_v}{dt} &= \mu_v N_v - \frac{b\beta_v I_h S_v}{N_h} - \mu_v S_v \\
\frac{dI_v}{dt} &= \frac{b\beta_v I_h S_v}{N_h} - \mu_v I_v
\end{aligned} \tag{2}$$

dengan kondisi awal $S_h + I_h + R_h = N_h$ dan $S_v + I_v = N_v$.

Model ini menggunakan asumsi bahwa sebagian manusia dalam populasi telah terinfeksi virus dan sebagian lainnya tidak terinfeksi. Populasi nyamuk dianggap konstan sementara virus menyebar pada populasi manusia. Model ini diasumsikan dengan pernyataan-pernyataan sebagai berikut:

$\mu_h N_h$ menyatakan laju perubahan jumlah populasi host yang rentan.

$\frac{b\beta_h I_v S_h}{N_h}$ menyatakan probabilitas laju infeksi virus pada populasi manusia yang rentan (S_h),

dimana β_h menyatakan probabilitas penularan virus dari manusia terinfeksi ke nyamuk yang rentan, sedangkan b menyatakan rata-rata banyaknya gigitan dari setiap nyamuk terinfeksi.

$\mu_h S_h$ menyatakan jumlah kematian manusia yang rentan.

$\mu_h I_h$ menyatakan jumlah kematian manusia yang terinfeksi, sedangkan

$\gamma_h I_h$ menyatakan jumlah manusia terinfeksi yang sembuh.

Total populasi host yang sembuh akan berubah seiring berjalannya waktu. Laju perubahan dalam populasi yang sehat dalam periode waktu yang sama adalah selisih dari host yang sembuh dari infeksi $\gamma_h I_h$ dengan total kematian dalam populasi yang sehat $\mu_h R_h$.

β_v menyatakan probabilitas penyebaran virus dari manusia terinfeksi kepada nyamuk yang rentan.

$\mu_v S_v$ menyatakan jumlah kematian pada populasi nyamuk yang rentan.

Model (2) menganalisa pengaruh transmisi virus dengue terhadap penyakit DD saja, tidak sampai pada fase penyakit DBD. Virus dengue yang dianalisa adalah virus dengue secara umum, tanpa menekankan secara spesifik pada keempat jenis serotipe virus.

Pada tahun 2007 Nuraini et al. [9] mengembangkan model SIR dengan menambahkan kompartemen dua jenis serotipe virus dengue dan populasi manusia yang menderita penyakit DBD. Dua jenis serotipe virus dengue yang dilibatkan dalam sistem adalah virus dengue serotipe DEN-2 dan DEN-3 dengan mengacu pada temuan bahwa kedua jenis serotipe virus ini yang sering ditemukan pada negara-negara tropis seperti Indonesia [3]. Yang membedakan model ini dengan model SIR lainnya, termasuk model pada sistem (2), adalah adanya kompartemen populasi *host* yang menderita penyakit DBD setelah terinfeksi kedua kalinya oleh jenis serotipe virus dengue yang berbeda dari jenis serotipe virus yang menginfeksi *host* tersebut sebelumnya. Model ini lebih spesifik menggambarkan detail perkembangan penyakit dari fase DD menuju DBD, bahkan pada kasus yang lebih parah. Model ini dinyatakan dalam sistem persamaan differensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\frac{d\tilde{S}}{dt} &= \mu_h N_h - (B_1 V_1 + B_2 V_2) \tilde{S} - \mu_h \tilde{S}, \\
\frac{d\tilde{I}_1}{dt} &= B_1 V_1 \tilde{S} - (\gamma + \mu_h) \tilde{I}_1, \\
\frac{d\tilde{I}_2}{dt} &= B_2 V_2 \tilde{S} - (\gamma + \mu_h) \tilde{I}_2, \\
\frac{d\tilde{R}_1}{dt} &= \gamma \tilde{I}_1 - \sigma_2 B_2 V_2 \tilde{R}_1 - \mu_h \tilde{R}_1, \\
\frac{d\tilde{R}_2}{dt} &= \gamma \tilde{I}_2 - \sigma_1 B_1 V_1 \tilde{R}_2 - \mu_h \tilde{R}_2, \\
\frac{d\tilde{D}}{dt} &= q(\sigma_2 B_2 V_2 \tilde{R}_1 + \sigma_1 B_1 V_1 \tilde{R}_2) - (\mu_h + \gamma) \tilde{D}, \\
\frac{d\tilde{Y}_1}{dt} &= (1 - q) \sigma_1 B_1 V_1 \tilde{R}_2 - (\gamma + \mu_h) \tilde{Y}_1, \\
\frac{d\tilde{Y}_2}{dt} &= (1 - q) \sigma_2 B_2 V_2 \tilde{R}_1 - (\gamma + \mu_h) \tilde{Y}_2, \\
\frac{d\tilde{R}}{dt} &= \gamma(\tilde{Y}_1 + \tilde{Y}_2) - \mu_h \tilde{R} + \gamma \tilde{D},
\end{aligned} \tag{3a}$$

dengan populasi *vector*

$$\begin{aligned}
\frac{dV_0(t)}{dt} &= \mu_v - \left[A_1 \left(\frac{\tilde{I}_1}{N_h} + \frac{\tilde{Y}_1}{N_h} \right) + A_2 \left(\frac{\tilde{I}_2}{N_h} + \frac{\tilde{Y}_2}{N_h} \right) \right] - \mu_v V_0, \\
\frac{dV_1(t)}{dt} &= A_1 \left(\frac{\tilde{I}_1}{N_h} + \frac{\tilde{Y}_1}{N_h} \right) V_0 - \mu_v V_1, \\
\frac{dV_2(t)}{dt} &= A_2 \left(\frac{\tilde{I}_2}{N_h} + \frac{\tilde{Y}_2}{N_h} \right) V_0 - \mu_v V_2.
\end{aligned} \tag{3b}$$

dengan pernyataan-pernyataan:

Misalkan N_h menyatakan populasi manusia sebagai *host*, N_v menyatakan populasi nyamuk sebagai *vector*, i dan j menyatakan serotipe kedua virus, dengan variabel-variabel:

S untuk menyatakan populasi manusia yang rentan terhadap kedua jenis serotipe virus dengue

I_i untuk menyatakan populasi manusia yang terinfeksi jenis serotipe virus i

R_i untuk menyatakan populasi manusia yang imun terhadap jenis serotipe virus i

Y_i untuk menyatakan populasi manusia yang imun terhadap jenis serotipe virus j dan terinfeksi jenis serotipe virus i

R untuk menyatakan populasi manusia yang imun terhadap kedua jenis serotipe virus

D untuk menyatakan populasi manusia yang imun terhadap jenis serotipe 1 atau 2 dan telah terinfeksi jenis serotipe virus berbeda dan menderita penyakit DBD.

V_0 untuk menyatakan proporsi *vector* nyamuk yang rentan

V_i untuk menyatakan proporsi *vector* nyamuk yang terinfeksi virus i .

Model ini diasumsikan sebagai berikut:

Perkembangan penyakit dimulai pada S kemudian menuju I_1 dan I_2 . Selanjutnya dari I_1 ke R_1 dan dari I_2 ke R_2 . Diasumsikan bahwa proporsi q manusia pada R_i berkembang menjadi penderita penyakit DBD dan berpindah pada kompartemen D , sedangkan proporsi $1 - q$ manusia berpindah pada kompartemen Y_i . Dalam model ini diasumsikan bahwa tidak ada transmisi virus dari kompartemen D ke *vector*, hanya dari kompartemen I dan Y dan tidak ada angka kematian pada kompartemen-kompartemen ini karena populasi manusia pada kompartemen-kompartemen ini diasumsikan telah ditangani secara medis dan dihindarkan dari *vector* nyamuk. Tujuan dari analisa model ini adalah untuk mengurangi populasi manusia yang berkembang pada fase penyakit DBD atau setidaknya berada pada level yang wajar.

Analisis terhadap model ini menunjukkan adanya empat titik kesetimbangan. Dengan adanya angka reproduksi serotipe virus $T_i, \forall i \in \{1, 2\}$, dimana T_1 menyatakan angka reproduksi virus serotipe 1 dan T_2 menyatakan angka reproduksi virus serotipe 2.

Titik kesetimbangan pertama menunjukkan perilaku asimtotik stabil jika $T_i < 1$.

Titik kesetimbangan kedua dan ketiga menunjukkan perilaku asimtotik stabil jika salah satu serotipe virus $T_i > 1$ dan serotipe virus lainnya $T_j < \frac{T_i}{1 + \frac{\gamma \sigma_j B_i (1-q)(T_i-1)}{(\mu_h T_i + B_i)(\mu_h + \gamma)^2}}, i, j = 1, 2, i \neq j$.

Titik kesetimbangan keempat menunjukkan perilaku asimtotik stabil jika

$$1 < T < \frac{B(B\sigma\mu_v + 2A\mu_h^2 + \Lambda(2+\sigma))}{2\mu_h\Lambda}, \Lambda = \mu_h\mu_v(\mu_h + \gamma).$$

Titik kesetimbangan yang menunjukkan perilaku stabil mengindikasikan bahwa penyakit DBD tidak berkembang atau menghilang dari sistem.

2.3. Waktu Tunda (*Time Delay*) dan Bifurkasi Hopf (*Hopf Bifurcation*)

Studi dalam penyakit menular menunjukkan bahwa adanya perbedaan imunitas manusia sering menyebabkan terjadi variasi pada masa inkubasi virus yang terinfeksi pada tubuhnya. Faktor-faktor seperti usia, gizi, dan jenis kelamin menyebabkan perbedaan imunitas [2]. Pada akhirnya, masa inkubasi virus dalam tubuh manusia yang terinfeksi bisa mengalami keterlambatan dari masa inkubasi yang sebenarnya. Demikian juga, jika manusia tersebut melakukan pencegahan terhadap penyakit dengan melakukan vaksinasi. Studi menunjukkan bahwa vaksinasi bisa menyebabkan terjadinya penundaan inkubasi virus dalam tubuh manusia terinfeksi [5].

Secara matematis penundaan pada masa inkubasi tersebut sering disebutkan sebagai **waktu tunda** (*time delay*). Terutama dalam model dinamik, waktu tunda dapat mempengaruhi kestabilan sistem. Waktu tunda bisa menyebabkan perubahan kestabilan pada titik kesetimbangan sistem, titik yang sebenarnya stabil tapi kemudian mengalami waktu tunda bisa berubah menjadi tidak stabil, demikian sebaliknya titik yang sebelumnya tidak stabil bisa berubah menjadi stabil [5,8,15]. Efek waktu tunda pada model SIR, khususnya untuk penyakit DD, menunjukkan perubahan kestabilan transmisi virus dan perkembangan penyakit [10].

Perubahan kestabilan sistem bisa dianalisis dengan melihat terjadinya Bifurkasi Hopf pada titik kesetimbangan sistem. Bifurkasi Hopf (*Hopf bifurcation*) akan terjadi pada sistem persamaan differensial jika terjadi perubahan struktur orbit pada titik kesetimbangannya akibat adanya perubahan parameter [7]. Model SIR dengan waktu tunda telah banyak dianalisis dengan bifurkasi Hopf untuk melihat perubahan kestabilannya [1,6,10].

Ada beberapa tahapan untuk menguji kestabilan model SIR dengan waktu tunda dengan melihat terjadinya bifurkasi Hopf pada sistem tersebut, seperti yang dilakukan oleh Kumar et. Al. [6]. Model yang akan dianalisis diasumsikan melibatkan waktu tunda, misalnya jika ingin melihat pengaruh waktu tunda pada populasi manusia yang rentan, S , maka fungsi $S(t)$ terhadap

waktu terhadap waktu t akan menjadi $S(t - \tau)$ dengan τ merupakan parameter waktu tunda. Selanjutnya, kesetimbangan semua variabel dalam sistem diperiksa dengan menentukan titik kesetimbangan. Titik kesetimbangan sistem ditentukan dengan membuat setiap persamaan differensial pada sistem bernilai nol (misalnya $\frac{d\tilde{s}}{dt} = 0$) dan diselesaikan dengan prinsip sistem persamaan linear. Kestabilan titik kesetimbangan kemudian dianalisa untuk variasi nilai τ yang otomatis tidak boleh negatif. Kestabilan titik kesetimbangan dianalisa pada nilai eigen yang muncul dari sistem. Kemudian jika kestabilan berubah seiring dengan perubahan nilai τ , maka akan terjadi bifurkasi Hopf. Kemunculan bifurkasi akan menentukan jenis perubahan kestabilan titik kesetimbangan sistem berdasarkan jenis bifurkasi Hopf yang muncul. Jenis bifurkasi Hopf lebih spesifik dijelaskan pada teorema Bifurkasi Hopf.

Teorema Bifurkasi Hopf [7]

Misalkan sistem persamaan differensial

$$\begin{cases} \dot{x} = f_{\mu}(x, y) \\ \dot{y} = g_{\mu}(x, y) \end{cases} \quad (4)$$

dimana μ merupakan parameter. Misalkan sistem (4) mempunyai titik kesetimbangan $(x, y) = (x_0, y_0)$ dan nilai eigen dari sistem (4) yang telah dilinearakan adalah $\lambda(\mu)$ dan $\bar{\lambda}(\mu) = \alpha(\mu) \pm i\beta(\mu)$. Selanjutnya, untuk sembarang nilai μ , misalkan $\mu = \mu_0$, kondisi-kondisi berikut dipenuhi:

1. $\alpha(\mu_0) = 0, \beta(\mu_0) = \omega \neq 0$ dimana $sgn(\omega) = sgn\left[\left(\partial g_{\mu} / \partial x\right)\bigg|_{\mu=\mu_0}(x_0, y_0)\right]$

2. $\frac{d\alpha(\mu)}{d\mu}\bigg|_{\mu=\mu_0} = d \neq 0$

3. $a \neq 0$, dimana

$$a = \frac{1}{16}(f_{xxx} + f_{xyy} + g_{xxy} + g_{yyx}) + \frac{1}{16\omega}(f_{xy}(f_{xx} + f_{yy}) - g_{xy}(g_{xx} + g_{yy}) - f_{xx}g_{xx} + f_{yy}g_{yy}),$$

dengan $f_{xy} = (\partial^2 f_{\mu} / \partial x \partial y)\bigg|_{\mu=\mu_0}(x_0, y_0)$, dan seterusnya.

Kurva solusi periodik mengalami bifurkasi dari titik ekulibrium ke daerah $\mu > \mu_0$ jika $ad < 0$ atau $\mu < \mu_0$ jika $ad > 0$. Titik kesetimbangan merupakan titik yang stabil untuk $\mu > \mu_0$ dan tidak stabil untuk $\mu < \mu_0$ jika $d < 0$, dan berlaku juga untuk sebaliknya. Solusi periodik pada saat $\mu = \mu_0$ bersifat stabil jika titik kesetimbangan bersifat tidak stabil, demikian juga sebaliknya. Bifurkasi disebut *supercritical* jika solusi periodik bifurkasi bersifat stabil dan disebut *subcritical* jika solusi periodik bersifat tidak stabil.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian akan dilakukan dengan tahap-tahap berikut:

1. Melakukan studi literatur terhadap referensi-referensi yang relevan dengan topik penelitian
2. Merancang model SIR baru dengan parameter waktu tunda dan variabel penyakit DBD yang dimodifikasi berdasarkan pada sumber referensi yang didalami
3. Mencari titik-titik kesetimbangan yang muncul pada sistem yang dimodelkan
4. Menentukan sifat-sifat kestabilan pada setiap titik kesetimbangan dan perubahannya seiring dengan perubahan parameter waktu tunda
5. Mengidentifikasi jenis bifurkasi Hopf yang muncul pada analisis kestabilan di poin 4
6. Menggambarkan analisis bifurkasi Hopf dan kestabilannya secara numerik dengan software Matematika (MatLab)
7. Melakukan verifikasi hasil analisis pada poin 5 dengan poin 6
8. Menarik kesimpulan dari hasil analisis untuk tujuan penelitian yang diharapkan

3.2. Alat dan Bahan

Penelitian akan menggunakan software MatLab untuk deskripsi numerik hasil analisis yang dilakukan.

3.3. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan sepanjang tahun 2017 dan berlokasi di Manado, Sulawesi Utara.

BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

4.1. Anggaran Biaya

Ringkasan anggaran biaya yang diajukan sebagai berikut:

Tabel 2. Ringkasan anggaran biaya yang diajukan

No	Jenis Pengeluaran	Biaya yang Diusulkan (Rp)
1	Honorarium	4.000.000
2	Pembelian bahan habis pakai dan peralatan	10.900.000
3	Perjalanan	8.100.000
4	Sewa peralatan/laboratorium dan peralatan penunjang lainnya	2.000.000
Jumlah		25.000.000

dengan justifikasi anggaran secara rinci pada Lampiran 1

4.2. Jadwal Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 12 bulan dengan jadwal kegiatan sebagai berikut:

No	Kegiatan Penelitian	Bulan Ke -											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan												
	a. Pemantapan jadwal penelitian	√											
	b. Pengumpulan bahan referensi	√	√	√	√								
2	Pelaksanaan Penelitian												
	a. Studi literatur		√	√	√	√							
	b. Perancangan model				√	√	√						
	c. Analisis model					√	√						
	d. Pemrograman (analisis numerik)						√	√					
	e. Penarikan kesimpulan hasil						√	√					
3	Penyusunan Laporan Hasil Penelitian												
	a. Penyusunan Konsep Laporan							√	√				
	b. Seminar Hasil Penelitian							√	√				
4	Penggandaan dan Pemasukkan Laporan Hasil Penelitian								√	√			
5	Penulisan artikel ilmiah dan publikasi								√	√	√	√	

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abta, A., Laarabi, H., dan Alaoui, H.T., 2014, The Hopf Bifurcation Analysis and Optimal Control of Delayed SIR Epidemic Model, *International Journal of Analysis*, Vol. 2014, Hal. 1 - 10.
- [2] Candra, A., 2010, Demam Berdarah Dengue: Epidemiologi, Patogenesis, dan Faktor Risiko Penularan, *Aspirator*, Vol. 2, No. 2, Hal. 110 – 119.
- [3] Graham, R.R., Juffrie, M., Tan, R., Hayes, C.G., Laksono, I., Ma'roef, C., Soetaryo, Erlin, Porter, K.R., dan Halstead, S.B., 1999, A Prospective Seroepidemiologic Study on Dengue in Children Four to Nine Years of Age in Yogyakarta, Indonesia. Studies in 1995-1996, *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 6, No.3, Hal. 412 – 419.
- [4] Khalid, M., Sultana, M., dan Khan, F.S., 2015, Numerical Solution of SIR Model of Dengue Fever, *International Journal of Computer Applications*, Vol. 118, No. 21, Hal. 1 – 4.
- [5] Khan, Q.J.A. dan Greenhalgh, D., 1998, Hopf Bifurcation in Epidemic Models with A Time Delay in Vaccination, *Mathematical Medicine and Biology*, Vol. 16, No. 2, Hal. 113 – 142.
- [6] Kumar, R.G., Narayan, L.K., dan Reddy, R.B., 2016, Stability and Hopf Bifurcation Analysis of SIR Epidemic Model with Time Delay, *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, No. 3, Hal. 1419 – 1423.
- [7] Marsden, J.E. dan McCracken, M., 1976, *The Hopf Bifurcation and Its Application*, Springer-Verlag, New York.
- [8] Martin, A. dan Ruan, S., 2001, Predator-prey Models with Delay and Prey Harvesting, *Journal of Mathematical Biology*, Vol. 43, No. 3, Hal. 247 – 267.
- [9] Nuraini, N., Soewono, E., dan Sidarto, K.A., 2007, Mathematical Model of Dengue Disease Transmission with Severe DHF Compartment, *Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society*, Vol. 30, No. 2, Hal. 43 – 157.
- [10] Patanarapelert, K., dan Tang, I.M., 2007, Effect of Time Delay on the Transmission of Dengue Fever, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol. 10, Hal. 395-403.
- [11] Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, 2013, www.pusdatin.kemkes.go.id, diakses tanggal 20 Mei 2016.
- [12] Satari, H.I. dan Meiliasari, M., 2008, *Demam Berdarah: Perawatan di Rumah dan Rumah Sakit*, Puspa Swara, Jakarta.
- [13] Side, S. dan Noorani, S.M., 2013, A SIR Model for Spread of Dengue Fever Disease (Simulation for South Sulawesi, Indonesia and Selangor, Malaysia). *World Journal of Modelling and Simulation*, Vol. 9, No. 2, Hal. 96 – 05.

- [14] Weisstein, E.W., 2016, Kermack-McKendrick Disease Model, <http://mathworld.wolfram.com/Kermack-McKendrickModel.html>, diakses tanggal 26 Mei 2016.
- [15] Xiao, Y. dan Chen, L., 2001, Modeling and Analysis of A Predator-Prey Model with Disease in the Prey, *Mathematical Biosciences*, Vol. 171, No.1, Hal. 59 – 82.

Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian

1. Honorarium				
Honor	Honor/Jam (Rp)	Waktu (jam/minggu)	Minggu	Honor per Tahun (Rp)
Analisis numerik 1	50.000	5	8	2.000.000
Analisis numerik 2	50.000	5	8	2.000.000
Subtotal (Rp)				4.000.000

2. Pembelian bahan habis pakai dan peralatan				
Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Harga Peralatan Penunjang (Rp)
Buku referensi	Untuk kelengkapan sumber referensi yang dibutuhkan	2 buku	1.000.000	2.000.000
Langganan jurnal ilmiah		5 jurnal	200.000	1.000.000
Software MatLab	Untuk analisis numerik hasil penelitian	1 buah	2.000.000	2.000.000
USB Flash disk	Untuk penyimpanan data-data penelitian	1 buah	325.000	325.000
Kertas HVS	- Printout literatur, hardcopy proposal penelitian dan makalah hasil, catatan pelaksanaan penelitian, dan laporan akhir	4 rim	40.000	160.000
Cartridge printer hitam		1 buah	300.000	300.000
Cartridge printer warna		1 buah	350.000	350.000
Tinta printer isi ulang hitam		2 buah	40.000	80.000
Tinta printer isi ulang warna		1 buah	55.000	55.000
Folder		Untuk menyimpan dokumen-dokumen penelitian	10 buah	25.000
Ballpoint	Untuk melakukan analisa manual (dengan tangan)	10 buah	3.000	30.000
Fotocopy dan penjilidan laporan	Untuk laporan akhir	5 eksemplar	10.000	50.000
Fotocopy bahan lain	Perbanyak literatur	500 lembar	200	100.000
Koneksi internet	Untuk pencarian referensi, jurnal dan buku-buku online	5 bulan	300.000	1.500.000
Pulsa telepon	Untuk komunikasi dengan tim peneliti dan konfirmasi seminar	12 bulan	100.000	1.200.000

Pendaftaran hasil penelitian pada seminar	Publikasi hasil penelitian	1 kali	1.000.000	1.000.000
Pendaftaran makalah hasil penelitian pada jurnal ilmiah		1 kali	500.000	500.000
Subtotal (Rp)				10.900.000

3. Perjalanan				
Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Biaya per Tahun (Rp)
Transportasi udara (tiket pesawat terbang)	Untuk menghadiri seminar di luar daerah	2 tiket (pergi-pulang)	3.000.000	6.000.000
Transportasi darat		2 kali (pergi dan pulang)	250.000	500.000
Akomodasi		4 hari	300.000	1.200.000
Konsumsi		4 hari	100.000	400.000
Subtotal (Rp)				8.100.000

4. Sewa peralatan/laboratorium dan penunjang lainnya				
Material	Justifikasi Sewa	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Biaya per Tahun (Rp)
Sewa Laboratorium Komputer	Untuk analisis numerik dan diskusi hasil penelitian	4 bulan	500.000	2.000.000
Subtotal (Rp)				2.000.000

TOTAL ANGGARAN YANG DIPERLUKAN (Rp) : 25.000.000

Lampiran 2. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

No	Nama / NIDN	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi waktu (jam/minggu)	Uraian tugas
1.	Chriestie E. J. C. Montolalu, S.Si, M.Sc NIDN:	Universitas Sam Ratulangi Manado	Matematika	10	<ul style="list-style-type: none">- Mencari literatur- Menganalisa variabel-variabel dan parameter yang akan digunakan- Merancang model- Melakukan analisis- Menyimpulkan hasil- Melaporkan hasil- Melakukan publikasi
2.	Charles E. Mongi, S.Si, M.Si NIDN:	Universitas Sam Ratulangi Manado	Statistika	10	<ul style="list-style-type: none">- Mencari literatur- Menentukan probabilitas parameter-parameter dalam model- Membantu analisis- Menyimpulkan hasil penelitian

Lampiran 3. Biodata Ketua dan Anggota Tim Pengusul

KETUA

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU, S.Si, M.Sc
2	Jenis Kelamin	P
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIP	19851210 200812 2 001
5	NIDN	0010128501
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Tomohon, 10 Desember 1985
7	E-mail	chriestelly@yahoo.com
8	Nomor Telepon/HP	081354607777
9	Alamat Kantor	Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT Jl. Kampus Unsrat, Manado. 95115
10	Nomor Telepon/Faks	0431827924
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1= 5 orang; S-2= 0 orang; S-3= 0 orang
13	Mata kuliah yang Diampu	1. Matematika Diskrit 2. Teori Graf 3. Operasi Riset 4. Aljabar 5. Kalkulus 6. Persamaan Differensial Biasa 7. Persamaan Differensial Parsial

B. Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Sam Ratulangi, Manado	The University of Queensland, Australia	
Bidang Ilmu	Matematika	Matematika	
Tahun Masuk-Lulus	2003 – 2007	2013 – 2015	
Judul Skripsi/ Thesis/Disertasi	Pagenumber of Product $C_m \times C_n$ of Cycles	Existence And Stability Of Rotationally Symmetric Harmonic Maps From A Ball Into A Sphere	
Nama Pembimbing/ Promotor	Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc Debby Salaki, S.Si, M.Si	Dr. Min-Chun Hong	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
-	-	-	-	-

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2016	Ibm Aplikasi Pemodelan Matematika Sederhana Untuk Optimalisasi Manajemen Industri Sentra Kerajinan Bambu Di Kelurahan Kinilow Dan Kinilow I Kota Tomohon	PNBP UNSRAT	10

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Sistem Pakar Pendiagnosa Penyakit Ginjal	Jurnal Ilmiah Sains	Vol. 11/No.1/2011
2	Perfect One Factorization Conjecture	De Cartesian	Vol. 4/No.1/2015
3	Partial Differential Operator on Vector Space of Polynomials	De Cartesian	Vol. 4/No.2/2015

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Temu ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
-	-	-	-

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
-	-	-	-	-

H. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
-	-	-	-	-

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
-	-	-	-	-

J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
-	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Manado, 27-05- 2016

Ketua Pengusul



CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU, S.Si, M.Sc

ANGGOTA

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Charles Eferaim Mongi, S.Si, M.Si
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIP	198401042008121005
5	NIDN	0004018401
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Tondano, 4 Januari 1984
7	E-mail	charlesmongi@unsrat.ac.id
8	Nomor HP	089697916151
9	Alamat Kantor	Jurusan Matematika Jl. Kampus Kleak UNSRAT Manado
10	Nomor Telepon/Faks	0431-827924
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 4 orang; S-2 = - orang; S-3 = - orang
12 Mata Kuliah yang Diampu		1 Metode Statistika
		2 Statistika Dasar
		3 Matematika Dasar
		4 Pengenalan Komputer
		5 Pengantar Peluang
		6 Komputasi Statistika

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	UNSRAT	IPB	
Bidang Ilmu	Matematika	Statistika Terapan	
Tahun Masuk-Lulus	2001-2006	2011-2014	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Regresi ridge mengatasi multikolinieritas	Pemetaan dan penggerombolan kabupaten/kota di provinsi jawa barat berdasarkan nilai ujian nasional	
Nama Pembimbing/Promotor	Djoni Hatidja, S.Si, M.Si	Dr. Anang Kurnia	

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2016	Perancangan sistem pengukuran tingkat kesehatan terumbu karang menggunakan pengolahan citra digital pada perairan taman	Unggulan PT Dikti	150

2	2016	Perbandingan sma negeri dan sma swasta berdasarkan nilai akreditasi dan nilai ujian nasional menggunakan uji-t di kota manado	PNBP UNSRAT	15
---	------	---	----------------	----

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2015	IbM Dosen Fakultas Ilmu Sosial Politik Unsrat Dalam Peningkatan Pengetahuan Statistika	UNSRAT	10

* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Pemetaan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan nilai ujian nasional SMA dan akreditasi sekolah	Jurnal Ilmiah Sains	Vol.14 No.2 Tahun 2014
2	Regresi tersegmen dengan titik patahan diketahui	De Cartesian	Vol.3 No.2 Tahun 2014
3	Penggunaan analisis two step clustering untuk data campuran	De Cartesian	Vol.4 No.1 Tahun 2015

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
-			

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
-				

H. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
-				

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
-				

J. Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
-			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan penugasan Penelitian Dosen Pemula.

Manado, 27 Mei 2016
Ketua Pengusul,



Charles E. Mongi, S.Si, M.Si

Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Peneliti



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI MANADO

SURAT PERNYATAAN KETUA PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU, S.Si, M.Sc
NIDN : 0010128501
Pangkat / Golongan : Penata Muda / IIIa
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

Dengan ini menyatakan bahwa proposal saya dengan judul:

ANALISIS BIFURKASI HOPF DAN KESTABILAN MODEL DINAMIK TRANSMISI
VIRUS DENGUE DENGAN WAKTU TUNDA DALAM PENGARUHNYA TERHADAP
KEMUNCULAN PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE

yang diusulkan dalam skema Penelitian Dosen Pemula untuk tahun anggaran 2017 **bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga / sumber dana lain.**

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke Kas Negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Manado, 27-05-2016

Yang menyatakan,



Christie E. J. C. Montolalu, S.Si, M.Sc
NIP. 19851210 200812 2 001

Mengetahui,

Ketua LPPM UNSRAT,

Prof. Dr. Ir. Inneke F.M. Rumengan, MSc.
NIP. 19571105 198403 2 001