

**LAPORAN AKHIR**  
**PENELITIAN TERAPAN PENGEMBANGAN NASIONAL**  
**TAHUN ANGGARAN 2020**

**PREDICTION AND SIMULATION FOR THE DYNAMIC  
EPIDEMIOLOGICAL MODEL IN CONTROLLING DENGUE  
TRANSMISSION IN INDONESIA**



Universitas Islam Negeri  
**SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA**

**Tim Peneliti:**

Dr. Nur Inayah, M.Si : Koordinator  
Dr. Nina Fitriyati, M. Kom : Anggota  
Andrew Fiade, M.Kom : Anggota  
Muhammad Manaqib, M.Sc : Anggota  
Madona Yunita Wijaya, M.Sc : Anggota

**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN (PUSLITPEN)**  
**LP2M UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan penelitian ini yang berjudul “**Prediction and Simulation for The Dynamic Epidemiological Model in Controlling Dengue Transmission in Indonesia**”, merupakan laporan akhir pelaksanaan yang dilakukan oleh **Dr. Nur Inayah, M.Si**, dan telah memenuhi ketentuan dan kriteria penulisan laporan akhir penelitian sebagaimana yang ditetapkan oleh Pusat Penelitian dan Penerbitan (PUSLITPEN), LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Jakarta, September 2020

Peneliti,

**Dr. NUR INAYAH, M.Si.**  
NIP.19740125 200312 2 001

Mengetahui;

Kepala Pusat,  
Penelitian dan Penerbitan  
(PUSLITPEN) LP2M UIN Syarif  
Hidayatullah Jakarta

Ketua Lembaga,  
Penelitian dan Pengabdian kepada  
Masyarakat (LP2M) UIN Syarif  
Hidayatullah Jakarta

**DR. IMAM SUBCHI, MA.**  
NIP. 19670810 200003 1 001

**JAJANG JAHRONI, MA., Ph.D**  
NIP. 19670612 199403 1 006

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Dr. Nur Inayah, M.Si.

Jabatan : Ketua Peneliti

Unit Kerja : Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Jakarta

Alamat : Limus Pratama Regency Tanjung F/9, Cileungsi, Bogor

dengan ini menyatakan bahwa:

1. Judul penelitian “**Prediction and Simulation for The Dynamic Epidemiological Model in Controlling Dengue Transmission in Indonesia**”, merupakan karya orisinal saya.
2. Jika dikemudian hari ditemukan fakta bahwa judul, hasil atau bagian dari laporan penelitian saya merupakan karya orang lain dan/atau plagiasi, maka saya akan tanggung jawab untuk mengembalikan 100% dana hibah penelitian yang telah saya terima, dan siap mendapatkan sanksi sesuai ketentuan yang berlaku serta bersedia tidak mengajukan proposal penelitian kepada Puslitpen, LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta selama 2 tahun berturut-turut.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, September 2020

Yang Menyatakan,

**DR. NUR INAYAH, M.Si.**  
NIP.19740125 200312 2 001

## ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan model penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) yang memperhatikan dinamika populasi manusia dan dinamika populasi nyamuk *Aedes Aegypti*. Populasi nyamuk dibagi menjadi dua fase yaitu fase akuatik dan fase dewasa serta diberikan kontrol pengendalian populasi nyamuk melalui *fogging* dan pemberian obat pembasmi jentik nyamuk. Selanjutnya dibentuk diagram kompartemen penyebaran penyakit DBD yang terdiri dari delapan subpopulasi. Kemudian dibentuk sistem persamaan diferensial nonlinear berdasarkan diagram kompartemen tersebut. Berdasarkan sistem tersebut, dicari titik ekuilibrium bebas penyakit, titik ekuilibrium endemik, bilangan reproduksi dasar ( $\mathcal{R}_0$ ), dan dilakukan simulasi numerik. Analisis kestabilan titik ekuilibrium bebas penyakit menggunakan linierisasi model, hasilnya titik ekuilibrium bebas penyakit bersifat stabil asimtotik saat  $\mathcal{R}_0 < 1$ . Hasil simulasi model menggunakan data Provinsi DKI Jakarta menunjukkan bahwa nilai  $\mathcal{R}_0 < 1$ . Hal ini berarti bahwa penyakit DBD dalam waktu mendatang akan menghilang. Namun jika nilai parameter tingkat gigitan nyamuk diperbesar, maka nilai  $\mathcal{R}_0 > 1$ . Hal ini berarti penyakit DBD akan menjadi endemik.

**Kata Kunci** : *Demam Berdarah Dengue, Aedes Aegypti, Fase Akuatik, Titik Ekuilibrium, dan Bilangan Reproduksi Dasar*

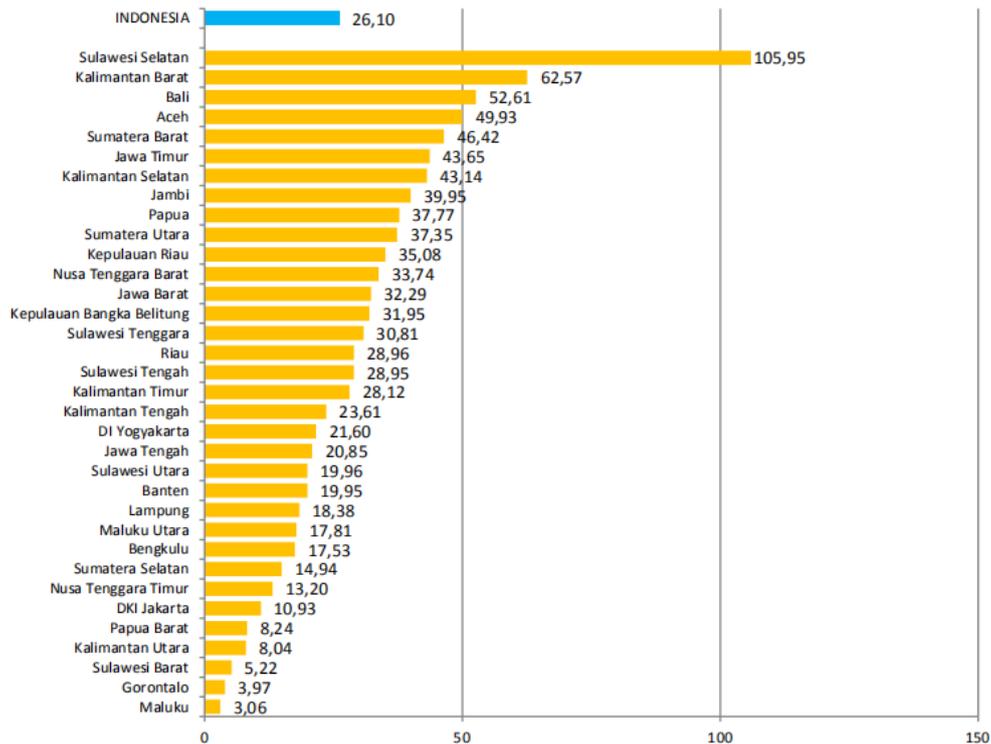
# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit endemis dan hingga saat ini masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia, karena dapat menimbulkan Kejadian Luar Biasa (KLB). Terhitung sejak tahun 1968 sampai dengan 2009, World Health Organization (WHO) mencatat negara Indonesia sebagai negara dengan kasus DBD tertinggi di Asia Tenggara [1] dan peringkat kedua diantara 30 negara endemik di dunia [31]. Menurut Kementerian Kesehatan RI, angka kematian yang ditimbulkan oleh DBD sejak tahun 1968 mencapai 41,3% dari jumlah keseluruhan penderita. Tapi, sejak tahun 1991 angka kematian itu stabil di bawah 3%. Data dari Kementrian Kesehatan RI [31] menunjukkan bahwa pada tahun 2017 jumlah penderita DBD telah mencapai 68.407 orang dan 493 orang diantaranya meninggal dunia. Angka kesakitan DBD di Indonesia juga tergolong tinggi yakni 26,10 per 100.000 penduduk. Persebaran penyakit DBD juga sudah merata ke 34 provinsi di Indonesia, seperti terlihat pada Gambar 1.1.

Penyakit DBD adalah penyakit yang disebabkan oleh virus dengue dari genus flavivirus, famili Flaviviridae. Virus dengue terdiri dari 4 serotip yaitu DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4 [57]. Virus itu dapat terus tumbuh dan berkembang dalam tubuh manusia dan nyamuk. DBD tidak menular melalui kontak manusia dengan manusia melainkan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes spp* yang terinfeksi virus dengue [31]. Salah satu yang membawa virus dengue yaitu *Aedes aegypti* (*A. Aegypti*). Nyamuk betina menyimpan virus tersebut pada telurnya. Sedangkan nyamuk jantan akan menyimpan virus itu pada nyamuk betina saat melakukan kontak seksual. Virus dengue masuk ke dalam tubuh manusia saat nyamuk *Aedes betina* mengeluarkan air liurnya. Begitu virus memasuki tubuh, virus dengue ikut dalam sirkulasi sistematik dan berusaha menemukan sel target. Makrofag merupakan sel target utama infeksi virus dengue. Sebelum mencapai makrofag, virus dengue akan dihadang oleh respon imun. Respon imun berusaha membatasi virus dengue mencapai sel target. Virus juga mampu berkembang biak di dalam tubuh [13].



Gambar 1.1 Angka Kesakitan DBD Menurut Provinsi Tahun 2017[30]

Faktor musim merupakan satu faktor penyebab mewabahnya DBD di Indonesia. Musim di Indonesia dibagi menjadi empat fase yaitu bulan Desember-Februari musim hujan, bulan Maret-Mei masa pancaroba peralihan musim hujan ke musim kemarau, bulan Juni-Agustus musim kemarau, dan September-Noverber masa pancaroba peralihan musim kemarau ke penghujan. Selama musim hujan umumnya kasus demam berdarah meningkat karena banyaknya genangan air [1]. Genangan air hujan atau bahkan sisa arus banjir adalah sarana paling ideal bagi nyamuk *Aedes* untuk bertelur. Nyamuk akan lebih mudah dan cepat berkembang biak di lingkungan yang lembap. Begitu pula selama musim pancaroba (peralihan musim dari kemarau ke hujan, atau sebaliknya). Di musim pancaroba, kadang suhu lingkungan juga akan terasa lebih lembap. Ini membuat masa inkubasi virus dalam tubuh nyamuk berlangsung lebih cepat [35]. Artinya nyamuk akan punya lebih banyak peluang untuk menginfeksi banyak orang sekaligus dalam waktu singkat. Selain itu tingkat gigitan nyamuk dan tingkat pertumbuhan nyamuk akan meningkat di masa pancaroba [35]. Oleh [58] pengaruh musim tersebut digambarkan menjadi populasi nyamuk *Aedes Aigepty* yang bergantung terhadap temperatur udara lingkungan.

Salah satu pendekatan untuk menjelaskan solusi dari permasalahan yang terjadi dalam dunia nyata adalah memodelkan atau merumuskan permasalahan nyata dalam bahasa matematika. Setelah model matematika diperoleh maka dapat diselesaikan secara matematis, dan dapat diaplikasikan kembali dalam masalah nyata [39]. Pemodelan matematika banyak diterapkan diberbagai bidang untuk menyelesaikan masalah sehari-hari, diantaranya sektor pertanian [40][43][52], sosial [6], ekonomi [2], hingga kesehatan [37]. Dalam bidang kesehatan pemodelan matematika banyak digunakan pada permasalahan epidemiologi penyakit. Teori klasik yang biasanya digunakan dalam pemodelan epidemiologi penyakit adalah model Kermack-McKendrick yang ditemukan pada tahun 1927 [22]. Model Kermack-McKendrick membagi populasi manusia menjadi tiga subpopulasi yaitu *susceptable* (S), *infected* (I), dan *recovered* (R), sehingga model ini dikenal dengan nama model SIR. Seiring dengan berjalannya waktu model matematika persebaran penyakit semakin berkembang menyesuaikan karakteristik persebaran penyakit yang kompleks, diantaranya SIS [32], SEIR, MSEIR, SVIR, dan SIWR.

Pemodelan persebaran penyakit selanjutnya berkembang tidak sebatas populasi manusia saja yang dimodelkan tetapi populasi vektor penyebar penyakit juga diperhatikan. Seperti yang dilakukan oleh Khoirunisa dkk. [34] yang menganalisis model penyebaran penyakit menular oleh bakteri dan hospes. Fotedar [58] menganalisis vektor nyamuk pada persebaran penyakit DBD. Selain vektor yang berpengaruh terhadap persebaran penyakit unsur lingkungan seperti air juga sangat berpengaruh terhadap persebaran beberapa jenis penyakit, seperti DBD [24] dan demam berdarah [36]. Tien dan Earn [53] menambahkan faktor air dalam model persebaran penyakit DBD menjadi SIWR. Penyakit demam berdarah juga potensial ditambahkan unsur air dalam pemodelannya karena ada fase hidup nyamuk di dalam air yaitu telur, larva, dan pupa.

Memperhatikan uraian diatas, peramalan dan model simulasi jumlah kasus DBD sangat penting bagi Kementerian Kesehatan dalam membuat perencanaan yang matang untuk mencegah terjadinya peningkatan jumlah kasus DBD dimasa depan. Penelitian ini mengusulkan sebuah model matematika epidemi penyakit DBD dengan memperhatikan fase akuatik nyamuk yaitu telur, larva, dan pupa. Selanjutnya model akan ditambahkan faktor temperatur udara pada parameter yang berhubungan dengan vektor nyamuk. Prediksi terkait temperatur udara digunakan analisis statistika yaitu

alisis data runtun waktu Arima Exponential Smoothing. Model yang dibentuk juga akan ditambahkan faktor kendali populasi nyamuk pada fase akuatik melalui pemberian obat pembasmi jentik nyamuk dan nyamuk dewasa melalui *fogging*.

## **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model matematika persebaran penyakit DBD dengan vektor nyamuk *Aedes Aegypti* yang memperhatikan fase akuatik.
2. Bagaimana analisa antara temperatur udara dengan munculnya kasus DBD.
3. Bagaimana kendali optimal pemberian obat pembasmi jentik nyamuk dan *fogging* terhadap penyebaran penyakit DBD.
4. Bagaimana simulasi model matematika penyebaran penyakit DBD di berbagai wilayah Indonesia untuk memprediksi jumlah kasus DBD yang muncul dimasa yang akan datang.

## **1.3. TUJUAN PENELITIAN**

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengajukan sebuah model matematika persebaran penyakit DBD dengan vektor nyamuk *Aedes aegypti* yang memperhatikan fase akuatik.
2. Memperoleh analisa tentang curah hujan dengan munculnya kasus DBD.
3. Memperoleh kendali optimal pemberian obat pembasmi jentik nyamuk terhadap persebaran penyakit DBD.
4. Memperoleh simulasi model matematika penyebaran penyakit DBD di berbagai wilayah Indonesia yang berkerjasama dengan Kementerian Kesehatan untuk memprediksi jumlah kasus DBD yang muncul dimasa yang akan datang.

## **1.4. MANFAAT PENELITIAN**

Menggunakan pendekatan statistika dan model dinamik persebaran penyakit DBD dengan vektor nyamuk *Aedes aegypti* yang memperhatikan fase akuatik yang diajukan dalam penelitian ini diharapkan dapat menemukan analisa tentang curah hujan dengan munculnya kasus DBD. Selanjutnya model yang ditambahkan kendali

pada fase akuatik nyamuk diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai kendali optimal pemberantasan penyakit DBD melalui pemberian obat pembasmi jentik nyamuk. Melalui simulasi model dengan data diberbagai wilayah di Indonesia yang bekerjasama dengan Kementerian Kesehatan dapat diperoleh prediksi penyebaran kasus DBD di Indonesia. Ketiga hasil tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi Kementerian Kesehatan dalam membuat perencanaan yang matang untuk mencegah terjadinya peningkatan jumlah kasus DBD dimasa depan.

Model yang dibentuk juga diharapkan memberikan sumbangsih dalam perkembangan model matematika yang diterapkan dalam menyelesaikan masalah di masyarakat. Penelitian dengan model matematika juga terbukti lebih murah dan efektif dalam menyelesaikan masalah. Di dunia pendidikan, teknologi yang sederhana dan berbiaya rendah akan membantu perguruan tinggi dalam mempersiapkan lulusannya untuk memiliki kompetensi menyelesaikan permasalahan dalam masyarakat sebelum mereka lulus dan terjun ke dunia kerja.