

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara tropis besar di dunia. Kondisi ini memudahkan perkembangan serangga darat maupun serangga air, salah satunya adalah nyamuk. Nyamuk selain menggigit dan menyebabkan bentol di tubuh juga dapat menularkan parasit yang menyebabkan penyakit. Salah satu nyamuk yang menyebabkan penyakit adalah nyamuk *Anopheles sp* betina. Ada banyak jenis parasit yang dibawa oleh nyamuk *Anopheles sp* tergantung keadaan geografi masing-masing negara. Diantara parasit yang dibawa oleh nyamuk *Anopheles* pada negara tropis adalah parasit *Plasmodium falciparum*. *Plasmodium falciparum* yang masuk pada peredaran darah manusia dapat menyebabkan penyakit malaria. Malaria merupakan penyakit yang dapat menyebabkan kematian pada semua kelompok umur baik laki-laki maupun perempuan. Namun ada kelompok resiko tinggi, yaitu pada balita, anak-anak, ibu hamil, dan orang lanjut usia. Selain itu orang yang terjangkit malaria akan menunjukkan gejala-gejala seperti demam, berkeringat, menggigil, sakit kepala, mual atau muntah (Kementrian Kesehatan RI, 2016).

Menurut *World Malaria Report (2018)* terdapat 219 juta kasus malaria pada tahun 2017 dengan angka kematian sebesar 435.000 jiwa dan 266.000 kematian terjadi pada kelompok resiko tinggi yaitu anak-anak usia dibawah 5 tahun. Morbiditas malaria pada suatu wilayah ditentukan dengan nilai *Annual Parasit Incidence (API)* per tahunnya. API merupakan suatu laporan jumlah positif malaria per 1000 penduduk dalam setahun. Tren API di Indonesia sendiri sejak tahun 2011- 2015 mengalami penurunan sehingga dapat disimpulkan bahwa program pengendalian penyebaran malaria oleh pemerintah cukup berhasil (Kementrian Kesehatan RI, 2016).

Pengendalian penyebaran malaria terbagi menjadi dua yaitu pengendalian fase awal dan fase akhir. Pengobatan *Arthemisinin-Based Combination Therapy* (ACT) merupakan bentuk pengendalian malaria pada fase akhir, sedangkan bentuk pengendalian pada fase awal ada bermacam-macam termasuk biolarvasida pada nyamuk dan vaksin pada manusia. Biolarvasida digunakan untuk menggantikan insektisida pada pengendalian larva nyamuk. Insektisida menyebabkan resistensi pada larva nyamuk sedangkan biolarvasida tidak menimbulkan resistensi dan aman untuk organisme non target lainnya. Biolarvasida adalah agen kontrol biologis yang berwujud bakteri beracun untuk mengendalikan kuantitas larva nyamuk (**Mittal, 2003**).

Biolarvasida telah terbukti sangat ampuh untuk mengendalikan larva nyamuk dengan dosis yang sangat rendah bahkan lebih rendah dari menggunakan insektisida. Dalam dua dekade terakhir berbagai formula biolarvasida diproduksi di India dan beberapa negara lainnya. Formula tersebut juga telah diuji di *Malaria Research Center* (MRC) dan telah menjalani uji coba operasional skala besar. Selain pengendalian pada larva nyamuk, terdapat juga pengendalian fase awal pada manusia melalui penyuntikan vaksin malaria. Vaksin malaria terus dikembangkan mulai dari tahun 1984 hingga sekarang. Jenis vaksin malaria adalah RTS,S/AS01. Pada tahun 2019 RTS,S/AS01 menjadi program utama WHO yaitu MCVIP (*Malaria Vaccine Implementation Program*) (**WHO, 2019**).

Model matematika telah digunakan secara luas untuk mendeskripsikan permasalahan terkait penyebaran malaria. Pemodelan matematika tentang penyebaran malaria memiliki sejarah dimulai lebih dari seratus tahun yang lalu dengan karya dari **Ross (1911)** yang dianggap masih relevan sebab dasar pemodelan penyebaran malaria saat ini mengacu pada penemuan pertama Ross dengan tipe SI untuk nyamuk dan SIS untuk manusia. Pemodelan penyebaran malaria kemudian dikembangkan oleh **Macdonald (1957)** dalam **Koela (1991)** untuk memasukkan kompartemen tambahan nyamuk yang terpapar, yang mengarah ke perubahan model tipe dari SI menuju SEI. Model penyebaran nyamuk terus berkembang seperti model yang dikembangkan oleh **Olaniyi dan**

**Obabiyi (2014)** dan **Osman dkk (2019)** dengan tipe SEIRS untuk manusia dan SEI untuk nyamuk. Kemudian untuk pemodelan matematika pada pengendalian malaria masih terbilang lebih sedikit daripada model penyebarannya, namun tidak berarti sangat kecil. Seperti efek vaksinasi pada penyebaran penyakit malaria oleh **Koella (2003)**, meskipun belum ada vaksinasi yang berhasil dikembangkan untuk malaria pada saat itu. Kemudian **Gimba dan Bala (2017)** pada pemodelannya tentang penggunaan kelambu insektisida sebagai parameter spesifik yang berdampak pada tingkat kematian nyamuk. Demikian pula penggunaan biolarvasida telah dimodelkan dengan asumsi dampak menjurus pada populasi nyamuk dewasa oleh **Pandey dkk (2018)**.

**Pandey dkk (2018)** mengembangkan model matematika sederhana terkait pengendalian penyebaran malaria dengan biolarvasida pada nyamuk dengan tipe SI pada nyamuk dan SIS pada manusia dan tambahan kompartemen B yaitu populasi biolarvasida. **Pandey dkk (2018)** mengasumsikan bahwa siklus hidup nyamuk diabaikan karena biolarvasida efektif pada tahap awal larva nyamuk tetapi tidak memengaruhi telur, larva dewasa, atau manusia sehingga dampak kematian larva secara langsung mempengaruhi populasi nyamuk dewasa. Selain pengendalian dengan biolarvasida terdapat pula model pengendalian penyebaran penyakit menggunakan vaksin yang dikembangkan oleh **Chen dkk (2018)**. Mereka meneliti tentang model epidemik penyakit menular dengan tipe SVIQS. Kompartemen Q adalah populasi manusia yang dikarantina sedangkan V adalah populasi manusia yang tervaksinasi. Sejauh ini karantina tidak termasuk penanganan terhadap malaria. Berdasarkan hasil penelitian **Pandey dkk (2018)** dan **Chen dkk (2018)** di atas timbul pertanyaan pengaruh biolarvasida dan vaksin terhadap penyebaran penyakit malaria.

Pemodelan pada hasil penelitian di atas berbentuk Sistem Persamaan Diferensial Biasa (SPDB) non linier. Selain itu terdapat pendekatan lain yang secara alami berkaitan dengan sistem dengan memori yang terjadi di kebanyakan sistem biologi (**Ahmed and Elgazzar, 2007**). Pendekatan tersebut adalah Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF). Efek memori pada SPDF memiliki

peran penting pada penyebaran suatu penyakit yaitu adanya memori efek pada kejadian sebelumnya akan memengaruhi penyebaran penyakit di masa yang akan datang (**Utoyo dkk, 2018**).

Terdapat banyak penelitian model menggunakan pendekatan SPDF seperti penelitian dari **Pinto dan Machado (2013)** yang merumuskan model matematika penyebaran malaria orde fraksional dengan strategi kontrol dengan tipe SVEIS pada manusia dan SEI pada nyamuk, **Okeyre dkk (2016)** yang merumuskan model kontrol optimal penyebaran infeksi malaria orde fraksional tipe SIR pada manusia dan SI pada nyamuk, dan **Okeyre dkk (2016)** tentang model matematika penyebaran malaria orde fraksional dengan imunitas sementara yang bertipe SIR pada manusia dan SI pada nyamuk.

Berdasarkan uraian di atas, pengembangan model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin tak sempurna belum pernah dibahas atau diteliti baik dalam bentuk SPDB maupun SPDF. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan konstruksi dan modifikasi model penelitian dari **Pandey dkk (2018)** tentang pengendalian penyebaran penyakit malaria menggunakan biolarvasida dengan penambahan kompartemen vaksin yang termotivasi dari penelitian dari **Chen dkk (2018)** dengan menggunakan Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF). Setelah melakukan modifikasi maka dilakukan analisis kestabilan titik setimbang model matematika, estimasi parameter menggunakan metode Algoritma Genetika (AG) dan simulasi numerik model matematika. Metode Algoritma Genetika (AG) merupakan metode estimasi parameter yang fleksibel terhadap berbagai masalah, sehingga cocok digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan jumlah variabel dalam jumlah besar (**Haupt dan Haupt, 2004**). Data yang digunakan dalam estimasi parameter adalah data penderita malaria di Indonesia sejak tahun 2001 hingga 2018. Harapannya dengan melakukan modifikasi, estimasi parameter serta simulasi numerik dari model tersebut, maka dapat memberikan pendekatan yang tepat terhadap pengendalian penyebaran penyakit malaria pada tahun-tahun berikutnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis kestabilan titik setimbang dari Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF) untuk model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin?
2. Bagaimana hasil estimasi parameter dari Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF) untuk model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin?
3. Bagaimana interpretasi hasil simulasi numerik dari Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF) untuk model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kestabilan titik setimbang dari Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF) pada model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin.
2. Menentukan hasil estimasi parameter dari Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF) pada model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin.
3. Menginterpretasikan hasil simulasi numerik dari Sistem Persamaan Diferensial Fraksional (SPDF) pada model matematika pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin.

#### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis, penelitian ini bermanfaat sebagai sarana pembelajaran untuk menambah pemahaman dan penguasaan materi tentang penerapan model matematika orde fraksional di bidang kesehatan khususnya penyebaran malaria.
2. Bagi Pembaca, penelitian ini bermanfaat sebagai bahan rujukan dalam menganalisis pengendalian penyebaran malaria menggunakan biolarvasida dan vaksin di Indonesia

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari permasalahan model matematika penyebaran malaria adalah sebagai berikut:

1. Model yang digunakan berdasarkan hasil penelitian dari **Pandey dkk (2018)** dan **Chen dkk (2018)**.
2. Turunan fraksional yang digunakan adalah turunan fraksional caputo.
3. Vaksin yang dimaksud adalah jenis vaksin RTS,S/AS01 yang merupakan vaksin tak sempurna.