

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyakit menular adalah penyakit yang dapat ditularkan atau berpindah dari makhluk hidup yang sakit ke makhluk hidup yang sehat tetapi rentan terkena penyakit tersebut. Penyakit tersebut dapat disebabkan oleh virus yang dapat menyebar melalui kontak langsung dengan penderita, udara, batuk, dan kotoran manusia [1]. Setiap tahun, jutaan orang meninggal dunia karena berbagai penyakit menular sehingga perlu dikendalikan atau diminimalisir agar tidak terjadi epidemik. Salah satu cara untuk meminimalisir terjadinya epidemik adalah dengan melakukan program vaksinasi.

Vaksinasi sangat berguna untuk menangani berbagai penyakit menular. Vaksinasi rutin disediakan disemua negara-negara berkembang terhadap semua penyakit. Namun, kemampuan dari vaksin yang diberikan tidak dapat bertahan seumur hidup. Program vaksinasi sebagai bentuk pencegahan penyebaran penyakit menular memerlukan biaya yang tidak sedikit [2]. Oleh karena itu, diperlukan strategi kontrol yang tidak hanya efektif dalam meminimalisir penyebaran penyakit menular, tetapi juga efisien dari segi biaya agar implementasinya tetap terjangkau dan optimal. Selain vaksinasi, terdapat berbagai jenis strategi kontrol lainnya yang dapat digunakan, yaitu pengobatan, karantina,

atau pemberian pengetahuan tentang penyakit. [3].

Dalam upaya menentukan strategi kontrol optimal yang paling efektif, diperlukan suatu pendekatan ilmiah yang mampu mempresentasikan dinamika penyebaran penyakit, salah satunya melalui model matematika. Model matematika merupakan suatu metode untuk memahami pola penyebaran penyakit menular. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan kontrol optimal pada dinamika epidemik. Anggraini dkk [4] menganalisis kontrol optimal pada model epidemik  $SIR$  dengan mempertimbangkan pengaruh vaksinasi dan faktor imigrasi serta menunjukkan bahwa kontrol pada pemberian pengobatan dan vaksinasi berpengaruh terhadap berkurangnya individu rentan dan terinfeksi sehingga meningkatkan jumlah individu yang sembuh. Puspitasari dkk [5] menganalisis kontrol optimal pada model epidemik  $SITR$  dengan mempertimbangkan pengaruh terapi dan vaksinasi serta menyimpulkan bahwa dengan adanya kontrol pemberian vaksinasi dan kontrol pengobatan dengan terapi total, jumlah populasi *Infective* ( $I$ ) akan menurun secara drastis. Selain itu, Sharma dkk [6] menganalisis kontrol optimal pada model epidemik  $SEITR$  dengan mempertimbangkan pengaruh vaksinasi dan pengobatan serta menyimpulkan bahwa penerapan kebijakan kontrol vaksinasi dan pengobatan dapat mengurangi jumlah individu yang terinfeksi.

Model matematika penyebaran penyakit menular yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah model epidemik  $SEI_1TI_2R$  yang merupakan perluasan dari model yang dikembangkan dalam [6]. Model ini memiliki enam kompartemen dengan tiga kompartemen terinfeksi yaitu: *Susceptible* ( $S$ ), yang

menyatakan individu yang rentan terhadap penyakit; *Exposed* ( $E$ ), yang menyatakan individu yang terpapar penyakit tetapi belum menunjukkan gejala; *Infective* ( $I_1$ ), yang menyatakan individu yang terinfeksi terhadap penyakit; *Treatment* ( $T$ ), yang menyatakan individu terinfeksi yang sedang menjalani perawatan; *Drug Resistant* ( $I_2$ ), yang menyatakan kompartemen individu yang tidak sembuh setelah menjalani perawatan; *Recovered* ( $R$ ), yang menyatakan individu yang sembuh dari penyakit. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel kontrol vaksinasi dan pengobatan, karena kedua strategi ini secara efektif dapat mengurangi penyebaran penyakit menular dan menurunkan jumlah individu pada kompartemen terinfeksi. Dari model matematika tersebut, terbentuk sistem persamaan diferensial dengan memuat variabel kontrol vaksinasi dan pengobatan serta dianalisis untuk mencari kedua kontrol tersebut. Dengan demikian, strategi kontrol vaksinasi dan pengobatan yang efektif dalam mengurangi penyebaran penyakit menular dapat ditentukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana bentuk model epidemik yang terdiri atas tiga kompartemen terinfeksi?
2. Bagaimana analisis kontrol optimal dari model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi?

3. Bagaimana hasil simulasi numerik dari model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi, kontrol optimal, dan fungsi tujuan?

### 1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut: penelitian ini tidak mempertimbangkan mobilitas penduduk seperti emigrasi dan imigrasi yang dapat memengaruhi dinamika penyebaran penyakit. Selain itu, penelitian ini tidak membedakan individu berdasarkan usia, jenis kelamin, atau kondisi kesehatan lainnya yang bisa memengaruhi tingkat penularan atau kesembuhan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi.
2. Menganalisis kontrol optimal dari model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi.
3. Melakukan simulasi numerik dari model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi, kontrol optimal, dan fungsi tujuan.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini terdiri dari empat bab. Bab I pendahuluan, yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, dan sistematika penulisan. Bab II landasan teori, yang berisi tentang materi dasar dan materi pendukung yang berkaitan dengan topik. Bab III pembahasan, yang memuat konstruksi model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi, analisis kontrol optimal pada model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi, serta simulasi numerik dari model epidemik dengan tiga kompartemen terinfeksi. Bab IV penutup, yang memuat kesimpulan dari masalah penelitian yang telah diperoleh dari bab sebelumnya dan saran untuk penelitian selanjutnya.

