

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Virus Hepatitis adalah kelompok virus yang menyebabkan peradangan hati (hepatitis) dan dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari infeksi akut yang berlangsung beberapa minggu hingga penyakit kronis yang berlangsung seumur hidup. Virus hepatitis terdiri dari beberapa tipe utama: Hepatitis A, B, C, D, dan E, yang masing-masing memiliki cara penularan, gejala, dan pengobatan yang berbeda [1]. Dari kelima hepatitis tersebut, hepatitis B sering dianggap lebih mengkhawatirkan karena tingginya tingkat infeksi kronis pada bayi, beragamnya metode penularan, serta dampak jangka panjang yang dapat menyebabkan penyakit hati yang parah dan kanker hati.

Menurut perkiraan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), sekitar 354 juta orang di seluruh dunia hidup dengan hepatitis B atau C, dan setiap tahun ada satu juta orang meninggal akibat penyakit ini dan telah menyebar dengan luas, juga menjadi bagian utama dari kematian manusia adalah karena virus Hepatitis B dan penyakit terkait [2]. Diantaranya penderita berada di benua Asia termasuk di Indonesia. Di Indonesia, sudah sekitar 18 juta orang mengalami Hepatitis B dan angka kasus tersebut terus meningkat tiap waktunya.

Selain itu, infeksi virus Hepatitis B terjadi pada bayi dan anak dikarenakan kasus ibu hamil positif Hepatitis B cukup tinggi [3]. Pada tahun 2022, terdapat 50.744 orang ibu hamil yang terinfeksi virus Hepatitis B di seluruh Indonesia. Data tersebut disampaikan oleh Direktur Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Menular Kemenkes, Imran Pambudi, dalam konferensi pers daring bertajuk Peringatan Hari Hepatitis Sedunia ke-14 tahun 2023 pada Jumat (28/7/2023).

Penularan penyakit yang sering dikenal penyakit turun-menurun sangat tidak asing di dunia ini, namun penularan ini bukan bersifat turun-temurun dalam arti genetik, melainkan melalui paparan virus selama persalinan dimana bayi dapat tertular Hepatitis B dari ibu yang positif Hepatitis B saat lahir [4]. Penularan penyakit tersebut dapat disebut dengan transmisi vertikal dan Hepatitis B merupakan kasus

penyakit dengan transmisi vertikal, ketika seorang ibu dapat menularkan infeksiya terhadap janin dalam kandungannya atau dari ibu pada anak-anak setelah kelahiran [5]. Penularan tersebut terjadi melalui kontak dengan darah, ASI, dan cairan tubuh lainnya dari individu yang terinfeksi [6].

Dalam epidemiologi, untuk menganalisis dinamika penyebaran Hepatitis B, penting untuk memilih model yang tepat yang sesuai dengan karakteristik penyakit tersebut. Penyakit hepatitis B ini sudah mendapatkan kekebalan tubuh alami, namun individu yang telah pulih masih rentan terhadap infeksi ulang atau penyakit tersebut bisa menjadi lebih parah karena menimbulkan kekebalan yang bersifat parsial atau imunitas pada individu pulih bersifat sementara sehingga individu yang pulih mungkin tetap rentan terhadap infeksi kembali, meskipun keparahan penyakitnya dapat berkurang.

Beberapa peneliti melakukan penelitian dengan model SIR dan SEIR mengenai penyebaran pada virus hepatitis B. Peneliti yang menggunakan model SIR meneliti penyebaran penyakit secara sederhana karena tidak dilibatkannya individu terpapar ( $E$ ) ke dalam model penyakit tersebut [7]. Dan penelitian yang melibatkan individu terpapar ( $E$ ) sudah memodelkannya menjadi model SEIR hanya saja masih memiliki keterbatasan karena belum sesuai atau belum tepat dengan karakteristik yang ada pada penyakit hepatitis B itu sendiri individu terpapar [8].

Melihat karakteristik pada penyakit Hepatitis B dimana individu pulih ( $R$ ) dapat kembali menjadi rentan ( $S$ ) membuat model SEIRS menjadi relevan untuk memodelkan penyebaran penyakit tersebut dengan mempertimbangkan kompartemen tambahan. Oleh karena itu, model SEIRS memungkinkan kita untuk memodelkan perubahan status individu dari rentan ( $S$ ) menjadi terpapar ( $E$ ), dari terpapar ( $E$ ) menjadi terinfeksi ( $I$ ), kemudian pulih ( $R$ ), dan kembali menjadi rentan ( $S$ ).

Terdapat penelitian yang mengkaji model SEIRS terhadap penyebaran Hepatitis B dengan populasi pulih dapat kembali menjadi populasi rentan, yang juga melakukan simulasi model untuk memprediksi jumlah kasus Hepatitis B, penelitian tersebut dilakukan oleh S. Side, M. Abdy, F Awardi, dan W. Sanusi [3]. Penelitian tersebut tidak menganalisis penyebaran penyakit secara transmisi vertikal dan tidak menganalisis mengenai tindakan atau upaya pengendalian pada penyebaran penyakit tersebut, sehingga tidak dapat mengetahui strategi intervensi mana yang paling efektif.

Beberapa model matematika yang menggabungkan tingkat transmisi ver-

tikel telah dipelajari pada literatur [9] yang membahas mengenai dinamika global dari model matematika untuk penyebaran penyakit pada populasi yang konstan dengan penularan horizontal dan vertikal. Di dalam literatur [10] dibuat untuk model epidemiologi yang menggabungkan vaksinasi dan tingkat transmisi vertikal. Sedangkan, pada literatur [11] diusulkan dan analisis mengenai model epidemi dengan transmisi vertikal dan horizontal dari dua jenis penyakit menular yang melibatkan prinsip eksklusi kompetitif. Dan dalam [12] penulis menggabungkan pengobatan berkelanjutan dan vaksinasi impulsif ke dalam model SEIR yang tertunda untuk kelas penyakit dengan periode laten dan transmisi vertikal di bawah tingkat *saturated incidence*. Telah dilakukan sebuah penelitian juga mengenai model SI dengan transmisi vertikal dan mencari kontrol optimal atau upaya pengendalian transmisinya yang dikaji oleh Okunloye A. Adepoju, dan Samson Olaniyi. Penelitian tersebut meneliti suatu model penyakit secara umum [6].

Dengan demikian, dapat dilakukan pengembangan dari penelitian-penelitian terkait untuk menjelaskan mengenai penyebaran Hepatitis dengan karakteristik yang ada pada penyakit tersebut dapat dikaji lebih lanjut mengenai model SEIRS terhadap penyebaran virus Hepatitis B adanya kontrol optimal dimana akan mengkaji mengenai strategi pengendalian biaya yang minimal dengan kontrol optimal, penyelesaiannya dilakukan dengan analisis dinamik dan numerik. Tujuan dari penelitian ini ingin mengetahui dinamika suatu penyakit dengan transmisi vertikal dan dapat dicari kontrol optimalnya agar dapat melakukan pencegahan dan mengetahui strategi intervensi yang paling optimal atau efektif. Sehingga penulis akan membuat skripsi dengan judul “Model SEIRS Penyebaran Virus Hepatitis B Dengan Kontrol Optimal”.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN GUNUNG DJATI  
BANDUNG

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Model SEIR masih memiliki keterbatasan dalam penyebaran hepatitis B melalui transmisi vertikal karena tidak mengakomodasi kemungkinan infeksi ulang pada individu yang telah sembuh. Melihat karakteristik virus tersebut menunjukkan bahwa individu yang sudah sembuh memiliki kemungkinan rentan terhadap infeksi kembali.
2. Beberapa model epidemiologi seperti SIR dan SEIR masih menunjukkan tingkat infeksi yang cukup tinggi karena belum melibatkan strategi kontrol optimal.

### 1.3 Batasan Masalah

1. Populasi bersifat tertutup.
2. Penyebaran secara vertikal.
3. Populasi manusia dikelompokkan menjadi empat kompartemen, yaitu *Susceptible*  $S(t)$ , *Exposed*  $E(t)$ , *Infected*  $I(t)$ , dan *Recovered*  $R(t)$ .
4. Setiap kompartemen bergantung terhadap waktu ( $t$ ).
5. Imunitas pada individu pulih bersifat sementara, sehingga dapat kembali menjadi individu rentan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengonstruksi model SEIR dengan kekebalan sementara sehingga menjadi SEIRS disertai transmisi vertikal dan penerapan saturated incidence.
2. Menurunkan laju infeksi dengan strategi kontrol optimal

### 1.5 Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur  
Studi Literatur merupakan tahap pengumpulan referensi untuk mendapatkan fakta-fakta dan teori yang berhubungan dengan model transmisi vertikal dan Virus Hepatitis B sebagai penunjang penelitian.
2. Simulasi  
Pada tahap ini dilakukan simulasi secara numerik untuk menginterpretasikan hasil dari model SEIRS penyebaran Virus Hepatitis B tanpa atau dengan adanya penggunaan kontrol optimal. Simulasi numerik ini dilakukan menggunakan *software Matlab*.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan studi literatur ini terdiri dari empat bab, dengan rincian sebagai berikut:

## BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini merupakan pendahuluan yang terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

## BAB II LANDASAN TEORI

Bagian ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian. Teori yang dibahas di antaranya mengenai pemodelan matematika, model epidemiologi, transmisi vertikal, persamaan diferensial, sistem persamaan diferensial, titik kesetimbangan, bilangan reproduksi dasar, kestabilan global, fungsi Lyapunov, analisis sensitivitas, kontrol optimal, dan model stokastik.

## BAB III ANALISIS MODEL SEIRS PENYEBARAN VIRUS HEPATITIS B SECARA VERTIKAL DENGAN KONTROL OPTIMAL DAN MODEL STOKASTIK

Bagian ini merupakan bagian inti dari penelitian, dengan menganalisis model, kontrol optimal, dan model stokastik dari model SEIRS penyebaran virus Hepatitis B secara vertikal dan *saturated incidence*.

## BAB IV SIMULASI NUMERIK DAN INTERPRETASI

Bagian ini melakukan simulasi secara numerik berdasarkan data yang diberikan dengan dan tanpa kontrol, dan hasil interpretasi dari model SEIRS penyebaran virus Hepatitis B secara vertikal dan *saturated incidence*.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan dari hasil analisis mengenai kestabilan, kontrol optimal, dan model stokastik model SEIRS penyebaran virus Hepatitis B secara vertikal dan *saturated incidence*, serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya atau sebagai pembandingan terhadap hasil yang sudah didapatkan.