BAB I
Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Salah satu alat yang dapat membantu dalam penyelesaian masalah pada kehidupan nyata ialah model matematika. Diperlukan asumsi-asumsi tertentu untuk membuat masalah-masalah tersebut dapat dibentuk ke dalam model matematika. Selanjutnya, dari model yang didapat dapat dicari solusinya, baik melalui analisis maupun numerik.

Penyebaran suatu penyakit merupakan salah satu permasalahan pada kehidupan nyata. Pada tahun 1927, W. O. Kermack dan A. G. Mckendrick di dalam makalahnya yang berjudul "*A Contribution to the mathematical Theory of Epidemics*" telah memperkenalkan sebuah model penyebaran penyakit. Model matematika yang dimaksud adalah model epidemi SIR. Epidemi adalah suatu keadaan di mana suatu penyakit menular berjangkit dalam populasi pada suatu tempat yang melebihi perkiraan kejadian normal pada periode yang singkat. Ketika penyakit tersebut selalu terdapat dalam suatu tempat begitu juga dengan faktor penyebabnya maka disebut *endemic*, kemudian ketika penyakit tersebut mempunyai ruang lingkup penyebaran yang sangat luas (global) maka disebut *pandemic*. Model epidemi merupakan model matematika yang dipakai untuk mengetahui penyebab penyakit menular, khususnya menyangkut terjadi atau tidaknya keadaan epidemi dan imbas yang ditimbulkan.

Di dalam model epidemi SIR, populasi dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu *Susceptible* (S), *Infected* (I), dan *Recovered* (R). S adalah kelompok individu yang tidak terinfeksi tetapi dapat terinfeksi penyakit, I adalah kelompok individu yang terinfeksi dan dapat sembuh, dan R adalah kelompok individu yang telah sembuh atau kebal terhadap penyakit.

Di dalam model epidemi, laju penularan atau laju insidensi memainkan peranan penting karena menerapkan laju insidensi yang berbeda dapat berpotensi mengubah perilaku sistem. Jumlah individu yang terinfeksi per unit waktu di dalam model epidemi disebut laju insidensi. Laju insidensi telah didefinisikan dengan banyak cara. Yaitu laju insidensi bilinear, laju insidensi standar dan laju insidensi jenuh.

Sampai hari ini, model epidemi SIR telah banyak dikembangkan oleh para ahli. Beberapa penelitian tentang model epidemi SIR dengan *vital dynamics*, di mana pada populasi terjadi kelahiran dan kematian, serta laju insidensi bilinier yang dijadikan rujukan dalam penelitian ini, yaitu : jurnal yang berjudul "*A Numerical Study of SIR Epidemic Model*" oleh N. Kousar dan M. (2016). Pada jurnal tersebut, model epidemi SIR dengan adalah

$$\begin{aligned} \frac{dS(t)}{dt} &= A - \mu S(t) - \beta S(t)I(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} &= \beta S(t)I(t) - \mu I(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} &= \gamma I(t) - \mu R(t) \end{aligned} \tag{1.1}$$

di mana A adalah laju kelahiran, μ adalah kematian alami populasi, γ adalah laju kesembuhan individu yang terinfeksi, dan β adalah laju penularan/insidensi penyakit.

Penyakit menular seperti TBC, DBD, malaria, serta Covid-19 memiliki waktu inkubasi, yaitu interval antara masuknya bibit penyakit ke dalam tubuh manusia sampai dengan pertama kali menunjukkan gejala penyakit atau dapat menularkan penyakit ke individu rentan (Rajab 2008). Waktu inkubasi dapat diterapkan ke dalam model epidemi SIR sebagai waktu tunda. Model epidemi SIR dengan waktu tunda dikaji di dalam persamaan diferensial tunda (*delay-differential equation*).

Persamaan diferensial tunda adalah persamaan diferensial yang tidak hanya bergantung kepada waktu sekarang tetapi juga bergantung kepada waktu sebelumnya. Persamaan diferensial tunda awalnya diperkenalkan pada abad ke-18 oleh Laplace dan Condorcet. Waktu tunda penting dalam pemodelan masalah nyata karena keputusan biasanya dibuat berdasarkan informasi pada waktu sebelumnya. Selain itu, waktu tunda juga dapat mengubah perilaku sistem.

Pada umumnya persamaan diferesial tunda lebih sulit untuk mencari penyelesaiannya dari pada persamaan diferensial biasa. Salah satu cara untuk mencari perilaku solusi persamaan diferensial tunda adalah dengan menggunakan kestabilan nilai eigen untuk menganalisis kestabilan solusi dari persamaan differensial tunda. Selain itu, untuk memvisualisasikan solusi dari persamaan diferensial tunda dapat menggunakan simulasi Matlab.

Pada penelitian ini, untuk melihat perilaku solusi model epidemi SIR dengan waktu tunda dan tanpa waktu tunda akan digunakan aplikasi Matlab untuk melakukan simulasi numerik menggunakan metode *forward euler*. Salah satu fungsi Matlab yang sangat berguna adalah kemampuannya untuk menggam- barkan berbagai jenis grafik, sehingga data dan fungsi yang kompleks dapat kita visualisasikan. Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti ingin melakukan penelitian prilaku solusi sistem dibantu dengan program Matlab dengan judul ”**Perilaku Solusi Pada Model Epidemi *Susceptible Infected Recovered* (SIR) Dengan Waktu Tunda**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana perilaku solusi model epidemi SIR tanpa waktu tunda?
2. Bagaimana perilaku solusi model epidemi SIR dengan waktu tunda?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan tetap fokus dan akurat, maka batasan masalahnya adalah :

1. Penelitian ini difokuskan pada perilaku solusi model epidemi SIR dengan waktu tunda dan laju insidensi bilinier.
2. Diasumsikan populasi pada model dianggap konstan $N(t) = 1$.
3. Perilaku solusi model SIR dengan waktu tunda diamati dengan menggu- nakan simulasi Matlab.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dibuat, maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah :

1. Meneliti perilaku solusi model epidemi SIR dengan waktu tunda dan tanpa waktu tunda.

2. Menganalisis kesetimbangan model epidemi SIR dengan waktu tunda.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Bagi peneliti : untuk menambah wawasan tentang model epidemi SIR dengan adanya waktu tunda dan tanpa waktu tunda.
2. Bagi pembaca : memberikan informasi mengenai model epidemi SIR dengan waktu tunda dan tanpa waktu tunda.