

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tuberkulosis (TB) adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb). Bakteri ini pertama kali ditemukan oleh Robert Koch pada tanggal 24 Maret 1882. Penyakit TB menyebar melalui udara yang telah terkontaminasi Mtb yang kemudian terhirup dan masuk ke dalam paru-paru. Pada saat penderita TB batuk atau bersin serta mengeluarkan bakteri Mtb ke udara, maka orang-orang yang terhirup bakteri tersebut dapat terinfeksi bakteri TB. Gejala-gejala penderita TB diantaranya batuk, nafas pendek, menurunnya nafsu makan, berat badan menurun, demam, kedinginan, dan kelelahan. (Queena dkk. 2012).

Penyakit TB merupakan penyebab kematian nomor tiga setelah penyakit kardiovaskular, penyakit saluran pernafasan pada semua kelompok usia dan nomor satu dari golongan penyakit infeksi. Secara global pada tahun 2016 terdapat 10,4 juta kasus insiden TB yang setara dengan 120 kasus per 100.000 penduduk. Lima negara dengan kasus tertinggi yaitu China, India, Indonesia, Pakistan dan Philipina. Indonesia bersama 13 negara lain, masuk daftar beban tinggi/HBC (High Burden Countries). Jumlah kasus baru TB di Indonesia sebanyak 420.994 kasus pada tahun 2017. Berdasarkan jenis kelamin jumlah kasus baru TB tahun 2017 pada laki-laki 1,4 kali lebih besar dibandingkan pada perempuan. Bahkan berdasarkan Survei Prevalensi Tuberkolosis prevalensi pada laki-laki tiga kali lebih tinggi dibandingkan pada perempuan begitu juga yang terjadi di negara-negara lain. Hal ini terjadi kemungkinan karena laki-laki lebih terpapar pada faktor resiko TB misalnya merokok dan kurangnya kepatuhan minum obat. Berdasarkan Survei Prevalensi Tuberkolosis pada tahun 2013-2014, prevalensi TB dengan konfirmasi bakteriologis di Indonesia sebesar 759 per 100.000 penduduk berumur 15 tahun ke atas dan prevalensi TB BTA positif sebesar 257 per 100.000 penduduk berumur 15 tahun ke atas. Semakin bertambah usia prevalensi semakin tinggi. (Indah 2018).

WHO (World Health Organization) pada tahun 2003 dalam Pedoman Nasional Pengendalian Tuberkulosis pada tahun 2014 menyatakan bahwa pasien yang miskin dengan kemampuan sosial ekonomi lemah akan lebih mudah terjangkit TB yaitu sebesar 90% penderita. Kemiskinan akan mempengaruhi terjangkitnya penyakit TB, karena masyarakat yang miskin akan mudah terkena TB. Derajat sosial ekonomi baik yang berhubungan secara langsung maupun tidak langsung dengan kejadian TB misalnya adanya gizi buruk, kondisi rumah atau tempat tinggal yang tidak sehat dan akses terhadap pelayanan yang menurun karena ekonomi yang lemah. Diperkirakan sekitar 3-4 bulan waktu kerja yang hilang dalam setahun akibat menderita penyakit TB. Penderita juga dapat kehilangan total pendapatan sekitar 30% dari pendapatan rumah tangga (Kemenkes.RI, 2014)

Penyelesaian masalah dari kendala tersebut perlu suatu penelitian dan pemikiran yang dapat memahami penyebaran penyakit Tuberculosis dengan pemodelan matematika. Model matematika berguna untuk menggambarkan keadaan sistem yang rumit menjadi sederhana. Melalui analisis model matematika juga memberikan informasi tentang perilaku penyebaran penyakit Tuberculosis, bilangan reproduktif dasar atau bilangan ambang batas dan kestabilan sistem penyebaran penyakit Tuberculosis. (Rositarina 2017) Model epidemi SIRS merupakan suatu pengembangan dari model klasik SIR yang telah dikemukakan oleh Hethcote pada tahun 1976 dan 1989. Model epidemi Susceptible, Infected, Recovered, Susceptible (SIRS) merupakan model penyebaran penyakit yang membagi populasi menjadi 4 kelas, yaitu kelas individu rentan (Susceptible), kelas individu terinfeksi (Infected), kelas individu sembuh (Recovered) dan kelas individu yang kembali rentan setelah sembuh (Susceptible).

Model epidemi SIR mengasumsikan bahwa individu yang sembuh dari penyakit tidak akan terjangkit lagi, sedangkan model epidemi SIRS mewakili suatu situasi ketika individu yang pernah terinfeksi dan sembuh akan mengalami kekebalan sementara, sehingga kembali menjadi individu yang rentan untuk terjangkit kembali. Kalu dan Inyaman dari Nigeria pada tahun 2012 melakukan penelitian yang berjudul *Mathematical Model of the Role of Vaccination and Treatment on the Transmission Dynamics of Tuberculosis* menjelaskan bahwa

individu laten TB dapat sembuh tanpa menjadi individu TB aktif dan individu yang sembuh dapat kembali menjadi individu yang rentan terinfeksi TB. (Kalu dan Inyama 2012). Kekambuan penyakit TB terjadi apabila pasien TB yang sebelumnya pernah mendapat pengobatan TB dan telah dinyatakan sembuh atau pengobatan lengkap dan didiagnosi kembali dengan BTA positif. Kuman *Mycobacterium tuberculosis* dapat aktif kembali dalam tubuh pasien dan mengakibatkan pasien tersebut kambuh, hal ini mengakibatkan pengobatan TB jadi sulit diobati dan pengobatan selanjutnya memiliki tingkat keberhasilan rendah dan bisa menularkan ke orang lain (Depkes 2014). Kekambuhan TB paru terjadi karena banyak hal, faktor sosial ekonomi yang berhubungan dengan hal tersebut adalah kemiskinan dan tingkat pendidikan, umur dan jenis kelamin juga mempengaruhi kekambuhan. Gaya hidup yang tidak sehat seperti merokok, mengkonsumsi alkohol merupakan hal yang meningkatkan resiko kambuh pada penderita tuberkulosis (Dooley 2011).

Penelitian dengan Model SIR untuk Penyebaran Penyakit Tuberculosis dalam pembentukan model populasi ( $N$ ) dibagi menjadi 3 sub populasi yaitu: Susceptible ( $S(t)$ ), Infectious ( $I(t)$ ) dan Recovered ( $R(t)$ ). Jumlah populasi  $S$  akan meningkat karena kelahiran sebesar  $\pi$ , dengan  $\pi$  adalah konstan.  $S$  akan menurun karena kematian dengan laju  $\mu$ . Kontak langsung dengan individu yang terinfeksi menyebabkan individu pada populasi rentan akan ikut terinfeksi dan akan masuk menjadi populasi  $I$ . Hal ini menyebabkan menurunnya populasi  $S$ . Laju penularan penyakit TB adalah  $b$ . Kelas  $I$  menyatakan individu yang terinfeksi dan dapat menularkan TB kepada orang lain. Menurunnya populasi ini disebabkan oleh kematian karena faktor lain dengan laju  $\mu$  dan kematian karena penyakit TB dengan laju  $\mu t$ . Individu yang terinfeksi TB dapat sembuh secara spontan dengan laju  $c$  dan masuk dalam populasi  $R$ . Hal ini juga menyebabkan menurunnya populasi  $I$ . Individu dalam kelas  $R$  diasumsikan tidak akan kambuh kembali menjadi penderita TB. menurunnya populasi ini disebabkan oleh kematian dengan laju  $\mu$ . Queen mendapatkan bilangan reproduksi dasar. Akan tetapi, belum melakukan analisis kestabilan pada model tersebut. (Queena dkk. 2012).

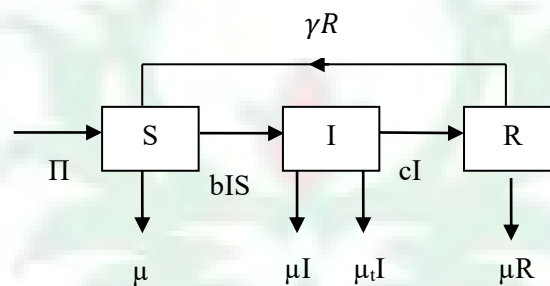
Penelitian selanjutnya judul Analisis Kestabilan Model Epidemik SIR untuk Penyakit Tuberculosis yang melakukan analisis kestabilan lokal disekitar

titik keseimbangan bebas penyakit dan titik keseimbangan endemik pada model SIR penyakit TB yang diperoleh dari penelitian Queena Fredlina,dkk.. Jumlah populasi  $S$  akan meningkat karena kelahiran  $\Lambda$ , dengan  $\Lambda$  semua individu yang baru lahir dan yang masih hidup.  $S$  akan menurun karena kematian dengan tingkat  $\mu$ . Penyakit TB menular melalui kontak langsung antara individu rentan dengan penderita menyebabkan individu pada populasi rentan akan ikut terinfeksi dan masuk menjadi populasi  $I$ , hal ini menyebabkan menurunnya populasi  $S$ . Peluang terjadinya kontak antara individu rentan dengan individu terinfeksi adalah  $\beta$ . Kelas  $I$  menyatakan individu yang terinfeksi dan dapat menularkan penyakit TB kepada orang lain. Menurunnya populasi ini disebabkan oleh kematian alami dengan tingkat kematian alami  $\mu$  dan kematian karena penyakit TB dengan tingkat kematian  $\alpha$ . Individu yang terinfeksi TB dapat sembuh dengan tingkat kesembuhan  $p$  dan masuk dalam populasi  $R$  hal ini juga menyebabkan menurunnya populasi  $I$ . Individu dengan kelas  $R$  diasumsikan tidak akan terserang lagi atau dianggap telah memiliki kekebalan dan berada pada lingkungan tertutup. (A'maludin 2016).

Penelitian dengan judul Analisis Numerik Model Epidemik SIR pada Penyebaran Penyakit Tuberculosis Di Yogyakarta dalam pembentukan model populasi  $N$  dibagi menjadi 3 sub populasi yaitu : *Susceptible* ( $S(t)$ ), *Infectious* ( $I(t)$ ) dan *Recovered* ( $R(t)$ ). Jumlah populasi ( $N$ ) yaitu seluruh jumlah dari sub populasi. Populasi penduduk bersifat tertutup dan bersifat homogen yang artinya setiap individu mempunyai peluang yang sama untuk dapat terjangkit penyakit TB. Jumlah populasi  $S$  akan meningkat karena kelahiran sebesar  $\Pi$ , dengan  $\pi$  adalah konstan.  $S$  akan menurun karena kematian dengan laju  $\mu$ . Kontak langsung dengan individu yang terinfeksi menyebabkan individu pada populasi rentan akan ikut terinfeksi dan akan masuk menjadi populasi  $I$ . Hal ini menyebabkan menurunnya populasi  $S$ . Laju penularan penyakit TB adalah  $b$ . Kelas  $I$  menyatakan individu yang terinfeksi dan dapat menularkan TB kepada orang lain. Menurunnya populasi ini disebabkan oleh kematian karena faktor lain dengan laju  $\mu$  dan kematian karena penyakit TB dengan laju  $\mu t$ . Individu yang terinfeksi TB dapat sembuh secara spontan dengan laju  $c$  dan masuk dalam populasi  $R$ . Hal ini juga menyebabkan menurunnya populasi  $I$ . Individu dalam kelas  $R$  diasumsikan

tidak akan kambuh kembali menjadi penderita TB. Menurunnya populasi ini disebabkan oleh kematian dengan laju  $\mu$ . (Rositarina 2017).

Berdasarkan masalah di atas maka penulis akan melakukan penelitian analisis stabilitas penyakit Tuberculosis dengan menggunakan model *Susceptible, Infected, Recovered, Susceptible (SIRS)* dengan populasi tertutup dan adanya laju individu yang sembuh kembali rentan dengan judul skripsi **ANALISIS STABILITAS MODEL SUSCEPTIBLE, INFECTED, RECOVERED, SUSCEPTIBLE (SIRS) PADA PENYEBARAN PENYAKIT TUBERCULOSIS (TB)**. Diagram alir Model SIRS dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1.1. Diagram Alir Model SIRS Penyebaran Penyakit Tuberkulosis

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 1.1 maka model matematika dari penyebaran penyakit tuberkulosis adalah :

$$\frac{dS}{dt} = \Pi + \gamma R - bSI - \mu S$$

$$\frac{dI}{dt} = bSI - (\mu + \mu I + c)I$$

$$\frac{dR}{dt} = cI - \mu R - \gamma R$$

Dengan  $N = S + I + R$

$S$  = Banyak individu yang rentan penyakit

$I$  = Banyak individu yang terinfeksi

$R$  = Banyak individu yang sembuh

$b$  = Laju penularan penyakit tuberkulosis

$\mu I$  = Laju kematian disebabkan TB

$\mu$  = Laju kematian alami

$c$  = Laju kesembuhan

$\gamma$  = Laju individu yang sembuh kembali rentan

$\Pi$  = Laju kelahiran

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah ditemukan, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengetahui suatu daerah endemik atau bebas penyakit?
2. Bagaimana analisis stabilitas pada model SIRS penyebaran penyakit tuberkulosis dengan menggunakan software Matlab??
3. Bagaimana mengetahui jumlah populasi yang rentan, terinfeksi, sembuh dan rentan kembali penyakit tuberkulosis?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam menyederhanakan penyebaran penyakit Tuberculosis, diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Populasi penduduk bersifat tertutup. Populasi tertutup adalah populasi yang anggotanya tertutup dari faktor penambahan dan pengurangan, artinya populasi dianggap konstan selama waktu penelitian.
2. Populasi bersifat homogen. Populasi homogen yaitu keseluruhan dari individu yang menjadi anggota populasi memiliki sifat-sifat yang relatif sama antara satu sama lain.
3. Kematian yang disebabkan oleh faktor lain selain terinfeksi Tuberculosis dianggap sebagai kematian alami.
4. Individu yang belum terserang penyakit termasuk ke dalam kelas susceptible.
5. Terjadi kematian akibat terinfeksi Tuberculosis.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui suatu daerah endemik atau bebas penyakit.
2. Mengetahui stabilitas model SIRS pada penyebaran penyakit tuberkulosis.
3. Menentukan proporsi populasi dari model SIRS pada penyebaran penyakit tuberkulosis menggunakan metode Runge Kutta orde 4 dengan menggunakan software Matlab.



### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti untuk menambah wawasan tentang analisis stabilitas terhadap model SIRS penyebaran penyakit TB.
2. Bagi pembaca untuk dapat mengetahui Penyebaran penyakit TB dan mengetahui parameter yang paling berpengaruh pada penyebaran penyakit TB.



THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY