

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berbagai jenis penyakit semakin banyak yang muncul salah satu penyebabnya adalah gaya hidup dan lingkungan yang tidak sehat. Murwanti dkk, (2013: 64) menyebutkan bahwa secara umum ada dua jenis penyakit yaitu penyakit menular (*Infectious Diseases*) dan penyakit tidak menular (*Non Infectious Diseases*). Penyebaran penyakit menular menjadi keprihatinan dan ancaman bagi masyarakat karena penyakit menular umumnya bersifat mendadak dan bisa menyerang seluruh lapisan masyarakat dalam waktu tertentu.

Metode penularan penyakit pada manusia diklasifikasikan menjadi dua yaitu penularan secara vertikal dan penularan secara horizontal. Penularan secara vertikal yaitu penularan dari ibu ke bayi melalui plasenta saat bayi berada dalam kandungan atau menular ke bayi yang baru lahir pada saat proses kelahiran normal. Sedangkan penularan secara horizontal yaitu penularan yang terjadi karena individu sehat berkontak langsung dengan individu yang terinfeksi oleh suatu penyakit menular. Kontak langsung dapat melalui udara, batuk, bersin, makanan, minuman, dan bahkan kotoran individu yang mengandung virus penyakit menular. Menurut Zulkoni (2011: 223) salah satu penyakit yang dapat ditularkan melalui kontak langsung adalah *Varicella*.

Penyakit *Varicella* disebut juga dengan *Chickenpox*, di Indonesia penyakit ini biasa dikenal dengan cacar air. Cacar air merupakan salah satu penyakit yang umum ditemui pada anak-anak namun dapat juga menyerang orang dewasa. Di

Indonesia, cacar air diduga sering terjadi pada saat pergantian musim hujan ke musim panas ataupun sebaliknya. Zulkoni (2011: 223) menyebutkan bahwa penyakit *Varicella* terdapat diseluruh dunia dan tidak ada perbedaan ras ataupun jenis kelamin. Penyakit ini disebabkan oleh *Varicella Zoster Virus* (VZV).

Varicella Zoster Virus (VZV) bertanggung jawab atas dua infeksi klinis utama pada manusia yaitu *Varicella* atau *Chickenpox* (cacar air) dan *Herpes Zoster* (cacar ular). Cacar air atau *Varicella* merupakan infeksi primer yang terjadi pertama kali pada individu yang berkontak dengan virus *Varicella-Zoster*. Pada 3 sampai 5 individu dari 100 individu, virus *Varicella-Zoster* mengalami reaktivasi yang menyebabkan infeksi rekuren yang kemudian dikenal dengan *Herpes Zoster* atau *Shingles*. *Varicella Zoster Virus* (VZV) merupakan salah satu dari delapan virus herpes yang menyebabkan infeksi pada manusia (NCIRS, 2009).

Penyakit cacar air sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari dan sangat menular, lebih menular dibandingkan dengan gondong (*Parotitis*) tetapi kurang menular jika dibandingkan dengan campak (*Measles*) (Widoyono, 2011: 92). Gejala yang ditimbulkan dari penyakit cacar air yaitu sakit kepala, demam, kelelahan ringan kemudian diikuti dengan munculnya ruam pada kulit dan rasa gatal (Esson et al, 2014). Infeksi cacar air menyerang semua usia dengan puncak insidensi pada usia 5-9 tahun. 90% pasien *Varicella* berusia dibawah 10 tahun, sangat sedikit sekali terjadi pada orang dewasa (Widoyono, 2011: 91). Angka kematian akibat penyakit ini sangat kecil sekali kecuali adanya komplikasi. Widoyono (2011: 91) menyebutkan bahwa kasus *Varicella* di Amerika diperkirakan mencapai 3,1-3,5 juta per tahunnya. Di Amerika, *Varicella* sering

terjadi pada anak-anak dibawah usia 10 tahun dan 5% kasus terjadi pada usia lebih dari 15 tahun. Sedangkan di Jepang penyakit ini umum terjadi pada anak-anak dibawah usia 6 tahun sebanyak 81,4%. Namun di Indonesia tidak banyak penelitian yang mencatat kasus *Varicella* atau cacar air.

Mengingat kasus cacar air banyak menyerang anak-anak, sifat penularannya yang begitu cepat dan dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu cara untuk mengendalikan penyebaran penyakit cacar air agar tidak menjadi wabah dalam suatu populasi. Salah satu caranya yaitu dengan program vaksinasi. Vaksinasi adalah pemberian vaksin ke dalam tubuh untuk memberikan kekebalan aktif pada suatu penyakit. Menurut Ranuh dkk, (2014) vaksinasi dapat diberikan kepada anak-anak yang berumur 12-15 bulan dan kepada setiap orang yang belum mendapat vaksinasi atau bagi yang belum pernah menderita penyakit cacar air sebelumnya.

Selain dengan vaksinasi, perkembangan ilmu pengetahuan dibidang matematika pun turut memiliki peranan penting dalam mengatasi masalah di kehidupan nyata. Tamrin dkk, (2007) mengungkapkan bahwa salah satu alat yang dapat membantu mempermudah penyelesaian masalah dalam kehidupan nyata yaitu model matematika. Model matematika adalah hasil perumusan yang menggambarkan masalah dalam kehidupan nyata yang kemudian akan dicari solusinya. Model matematika yang digunakan untuk melihat tingkat penyebaran suatu penyakit menular disebut dengan model epidemi. Dari model matematika tersebut akan terbentuk suatu sistem persamaan diferensial yang dapat diketahui titik kesetimbangannya dan dapat dianalisis kestabilan di titik kesetimbangannya.

Salah satu contoh model matematika epidemi adalah model epidemi *SIR* (*Susceptible-Infected-Recovered*). Model *SIR* pertama kali dikenalkan oleh Kermack dan McKendrick (1927) dalam makalahnya yang berjudul “*A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics*”, yang kemudian berperan penting dalam perkembangan matematika epidemi (Iswanto, 2012: 151). Pada model epidemi *SIR* klasik, populasi manusia dibagi menjadi tiga kelas yaitu populasi yang rentan terhadap penyakit *Susceptible* (*S*), populasi yang terinfeksi yaitu *Infected* (*I*) dan populasi yang telah sembuh dari penyakit *Recovered* (*R*) yang masing-masing diberikan dalam waktu t (Iswanto, 2012: 152).

Penelitian mengenai model penyebaran penyakit menular telah banyak dilakukan. Adapun penelitian yang berkaitan dengan pemodelan penyebaran penyakit cacar air yaitu penelitian yang dilakukan Teri Johnson pada tahun 2009 yang berjudul “*Mathematical Modelling of Diseases: Susceptible-Infected-Recovered (SIR) Model*” dalam penelitian tersebut dibentuk model matematika *SIR* dengan studi kasus penyakit cacar air. Didapatkan model untuk ketiga kelas populasi manusia dalam model *SIR* yaitu kelas *Susceptible* (*S*) merupakan kelompok individu yang sehat dan rentan terhadap penyakit, *Infected* (*I*) yaitu kelompok individu yang terinfeksi penyakit menular, dan *Recovered* (*R*) yaitu kelompok individu yang telah sembuh dan memiliki kekebalan permanen sehingga tidak akan tertular penyakit yang sama. Selanjutnya dianalisis tingkat penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) menggunakan *Basic Reproductive Number* (B_R), *Herd Immunity Threshold* (H_I), *Effective Reproductive Number* (E_R) serta memperhatikan *Control Vaccination Number* (C_V).

Penelitian lain juga dilakukan oleh Michael Martey Ofori (2011) yaitu tentang epidemiologi dari penyakit cacar air dengan mengambil kasus di kota Ghana. Model yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu model *SIR* dengan memperhatikan laju kelahiran dan laju kematian alami yang terjadi dalam populasi. Dilakukan analisis model dengan melihat *Basic Reproductive Number*, *Herd Immunity Threshold*, dan *Control Vaccination Number*. Berdasarkan simulasi model disimpulkan bahwa penyakit cacar air akan menjadi endemik di kota Ghana dengan rata-rata laju infeksi 1.4588 dan *Basic Reproductive Number* $R_0=1.078$.

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan, banyak para ilmuwan yang mengkaji model epidemi *SIR* secara lebih khusus. Salah satu pengembangan dari model epidemi *SIR* yaitu model epidemi *SEIR*. Model epidemi *SEIR* pada penyebaran penyakit memiliki empat kelas populasi yaitu kelas *Susceptible* (rentan) menyatakan kelas individu sehat dan rentan terhadap penyakit, kelas *Exposed* (laten) menyatakan kelas individu terinfeksi namun belum menunjukkan gejala-gejala penyakit, kelas *Infected* (terinfeksi) menyatakan kelas individu terinfeksi yang telah menunjukkan gejala-gejala penyakit dan kelas individu *Recovered* (sembuh) menyatakan kelas individu yang telah sembuh dari penyakit.

Pada beberapa penyakit infeksi seperti cacar air (*Varicella*), campak (*Measles*), gondong (*Mumps*), *Tuberculosis* (TBC) dan HIV/AIDS memiliki periode laten. Periode laten (masa inkubasi) adalah selang waktu dimana suatu individu terinfeksi sampai munculnya gejala penyakit. Periode laten ini menjadi alasan pembentukan model *SEIR* dengan adanya kelas laten (*Exposed*). Kelas

Exposed yaitu kelas yang digunakan untuk mewakili individu yang baru terinfeksi dan memasuki periode laten, dalam periode ini individu tersebut tidak memiliki kemampuan untuk menularkan penyakit ke individu lain.

Model *SEIR* dapat digunakan untuk memodelkan penyebaran penyakit cacar air karena dalam proses penularannya mempunyai periode laten. Menurut Zulkoni (2011: 223) pada kasus penyakit cacar air, gejala dari penyakit akan muncul setelah masa inkubasi yaitu sekitar 14-17 hari. Masa inkubasi yaitu masa dimana virus masuk ke dalam tubuh sampai saat timbulnya gejala untuk pertama kali.

Esson, A.B. et al, pada tahun 2014 melakukan sebuah penelitian yang ditulis ke dalam jurnal dengan judul “*Epidemiology of Chickenpox in Agona West Municipality of Ghana*”. Jurnal tersebut memodelkan penyebaran penyakit cacar air atau *chickenpox* di kota Ghana dengan model *SEIR*. Model menggunakan asumsi bahwa tidak terjadi kelahiran dan kematian dalam populasi. Analisis stabilitas dilakukan dengan simulasi model. Analisis dari model *SEIR* menunjukkan bahwa tingkat latency lebih sensitif terhadap model dari pada tingkat penularan dan tingkat pemulihan.

Mengingat pentingnya vaksinasi dalam pengendalian mewabahnya suatu penyakit menular seperti cacar air (*Varicella*) dan berdasarkan kajian dari penelitian-penelitian sebelumnya mengenai model penyebaran penyakit cacar air. Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang analisis kestabilan dari model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dengan pengaruh vaksinasi.

Pemodelan penyebaran penyakit cacar air ini memperhatikan adanya kelahiran dan kematian alami yang terjadi dalam populasi yang mana laju kelahiran diasumsikan sama dengan laju kematian alami. Selanjutnya akan diformulasikan model matematika untuk empat kelas populasi yaitu *Susceptible* (S), *Exposed* (E), *Infected* (I) dan *Recovered* (R). Melalui model tersebut akan dianalisis kestabilan disekitar titik ekuilibrium dan dilakukan simulasi untuk nilai-nilai parameter dan nilai awal-nilai awal tertentu. Analisis model ini dilakukan untuk mengetahui perilaku penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) pada populasi tertutup dan untuk mengetahui pengaruh vaksinasi terhadap penyebaran penyakit cacar air.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diungkapkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana formulasi model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dan analisis kestabilan disekitar titik ekuilibriumnya?
2. Bagaimana model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dengan pengaruh vaksinasi?
3. Bagaimana analisis kestabilan titik ekuilibrium model penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dengan pengaruh vaksinasi?
4. Bagaimana simulasi model penyebaran penyakit cacar air tanpa vaksinasi dan simulasi model penyebaran penyakit cacar air dengan vaksinasi?

C. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah:

1. Menjelaskan model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dan analisis kestabilan disekitar titik ekuilibriumnya.
2. Menjelaskan model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dengan pengaruh vaksinasi.
3. Menjelaskan analisis kestabilan titik ekuilibrium model penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) dengan pengaruh vaksinasi.
4. Menjelaskan simulasi model penyebaran penyakit cacar air tanpa vaksinasi dan simulasi model penyebaran penyakit cacar air dengan vaksinasi.

D. Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan skripsi ini adalah:

1. Bagi Penulis
 - a. Dapat memformulasikan model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air (*Varicella*) tanpa vaksinasi dan dengan pengaruh vaksinasi.
 - b. Dapat menganalisis kestabilan di sekitar titik ekuilibrium.
 - c. Mengintepretasikan perilaku model pada kasus penyebaran penyakit cacar air.
 - d. Memperdalam pengetahuan tentang model matematika penyebaran penyakit dengan pengaruh vaksinasi khususnya untuk penyakit cacar air.
2. Bagi Instansi
 - a. Menambah bahan pustaka bagi Universitas Negeri Yogyakarta pada umumnya dan FMIPA pada khususnya.

- b. Menambah bahan acuan bagi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian tentang model penyebaran penyakit khususnya penyakit cacar air.
- c. Diharapkan dapat memberikan tambahan informasi bagi instansi kesehatan mengenai hasil penelitian ini sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan untuk mengatasi ataupun menanggulangi penyebaran penyakit cacar air.

3. Bagi Pembaca

- a. Memberi pengetahuan mengenai model matematika *SEIR* pada penyebaran penyakit cacar air baik dengan pengaruh vaksinasi maupun tanpa vaksinasi.
- b. Sebagai referensi pengembangan model matematika untuk kasus lain.
- c. Diharapkan dapat memberi masukan pada penelitian selanjutnya untuk mengembangkan penelitian tentang model penyebaran penyakit cacar air.