BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap individu di bumi dapat terkena suatu penyakit. Oleh karenanya penyakit menular merupakan suatu ancaman bagi kesehatan manusia. Selain ancaman, penyakit menular merupakan masalah yang signifikan di seluruh dunia karena dapat menyebabkan kematian, kecacatan, serta gangguan sosial dan ekonomi bagi jutaan orang. Sekitar lima belas juta orang meninggal setiap tahun karena penyakit menular, Indonesia sebagai salah satu negara tidak terlepas dari penyebaran suatu penyakit menular (Kumar, 2017).

Tuberkulosis (TB), sebagai salah satu dari sepuluh penyebab utama kematian di seluruh dunia, merupakan penyakit menular disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang umumnya menyerang paru-paru (disebut TB paru). Tuberkulosis juga dapat menyerang organ-organ lain seperti otak, tulang belakang, ginjal, sistem saraf pusat, atau sistem limfatik (disebut TB luar paru). Tuberkulosis menyebar dari individu ke individu lain melalui udara. Ketika seorang penderita tuberkulosis paru-paru batuk, bersin, atau meludah, mereka mendorong bakteri tuberkulosis ke udara. Sementara individu lain hanya perlu menghirup beberapa bakteri yang ada di udara tersebut hingga akhirnya terinfeksi.

Sebagian besar individu diasumsikan memiliki respon imun yang efektif terhadap infeksi awal tuberkulosis. Respon imun tersebut mampu membatasi proliferasi bakteri (keadaan dorman) dan menyebabkan kekebalan parsial

yang bertahan cukup baik untuk infeksi lebih lanjut. Hal tersebut disebut sebagai kondisi laten. Individu dengan kondisi laten tidak sakit secara klinis (tidak memiliki gejala) atau mampu menularkan TB. Namun seiring berjalannya waktu, kekebalan individu yang terinfeksi laten dapat berkurang dan kemudian berkembang menjadi TB aktif (WHO, 2018).

Secara global pada tahun 2016, diperkirakan 10,4 juta kasus baru dilaporkan dan hampir 1,7 juta orang meninggal karena penyakit tuberkulosis. Lima negara dengan insiden kasus tertinggi yaitu India, Indonesia, Cina, Filipina, dan Pakistan. Badan kesehatan dunia (WHO) mendefinisikan negara dengan beban tinggi atau *high burden countries* (HBC) untuk TB berdasarkan tiga indikator yaitu TB, koinfeksi TB-HIV, dan MDR-TB. Indonesia masuk dalam daftar negara dengan beban tinggi karena memiliki kasus tinggi untuk ketiga indikator tersebut. Artinya, Indonesia memiliki permasalahan besar dalam menghadapi penyakit tuberkulosis.

Pada tahun 2017, jumlah kasus baru TB di Indonesia sebanyak 420.994 kasus dan kematian akibat TB pada rentang 60.000 s.d. 100.000 kasus (data per 17 Mei 2018) menjadikan TB sebagai penyebab kematian nomor empat di Indonesia. Intervensi yang dilakukan oleh pemerintah dan lembaga-lembaga kesehatan sebagai respons terhadap penyebaran penyakit tuberkulosis di Indonesia salah satunya adalah vaksinasi dan pengobatan. Vaksinasi tuberkulosis menggunakan *Bacillus Calmette–Guérin* (BCG) sebagai pencegahan, sementara pengobatan tuberkulosis dilakukan sebagai penanganan kasus agar tidak berujung pada kematian (Kemenkes RI, 2018).

Meskipun tuberkulosis dapat dicegah dan diobati sampai sembuh, beban tuberkulosis tetap tinggi. Menurut (BMGF, 2019) pendekatan saat ini untuk mencegah, mendiagnosis, dan mengobati TB belum memadai. BCG melindungi anak-anak dari TB yang parah namun perlindungan terbatas ter-

hadap TB paru pada orang dewasa. Begitu juga dengan pengobatan TB, meskipun berhasil secara signifikan, terdapat tantangan berat yaitu pasien harus mengonsumsi kombinasi pil yang rumit setiap hari selama kurang lebih enam sampai dengan sembilan bulan, dengan pengawasan penuh oleh petugas layanan kesehatan. Pengobatan juga memiliki efek samping signifikan sehingga banyak penderita tidak menjalaninya secara menyeluruh. Akibatnya, program perawatan dan pengobatan TB saat ini berhasil hanya sekitar 50 persen dari semua kasus penderita TB aktif.

Demi terwujudnya dunia yang sehat dan bebas TB, WHO mencetuskan strategi End TB Strategy yang melibatkan pemerintah serta organisasi sosial masyarakat maupun komunitas. Dalam hal ini, pemerintah Indonesia ikut serta dalam mengevaluasi dan memantau jalannya strategi ini. WHO dengan End TB Strategy menargetkan mampu menurunkan insidensi TB dan rasio kematian sebesar 90 persen dan 95 persen pada tahun 2035.

Model matematika merupakan alat yang canggih untuk mempelajari infeksi penyakit pada manusia. Model dapat memberikan perkiraan parameter yang mendasari masalah dunia nyata. Dengan memperkirakan laju penularan, jumlah reproduksi dan variabel serta parameter lainnya, sebuah model dapat memprediksi apakah penyakit terkait akan menyebar melalui populasi atau tidak. Selain itu, model matematika dapat memperkirakan dampak tindakan pengendalian dan memberikan pedoman yang bermanfaat bagi kesehatan masyarakat untuk upaya lebih lanjut yang diperlukan untuk menghilangkan penyakit (Rahman, 2016).

Kontrol pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui strategi manipulasi tingkat vaksinasi dan tingkat keberhasilan pengobatan pada penyebaran penyakit tuberkulosis yang mungkin. Strategi kontrol yang optimal dalam bentuk vaksinasi dan pengobatan bertujuan untuk mengontrol jumlah indivi-

du yang rentan dan terinfeksi serta meningkatkan jumlah individu yang pulih dengan biaya optimal sehingga penyebaran penyakit dapat berkurang selama waktu tertentu.

Penelitian mengenai pemodelan tuberkulosis sebelumnya dibahas oleh (Ullah, 2019) menganalisis pemodelan matematika dari tuberkulosis di Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. (Lestari, 2018) membahas model epidemi tuberkulosis dengan pengendalian vaksin di wilayah Yogyakarta, Indonesia. Kemudian (Syahrini, 2017) membahas epidemi tuberkulosis pada populasi yang divaksinasi. (Gao, 2017) membahas analisis kontrol optimal pada model tuberkulosis. (Kumar, 2017) membahas vaksinasi sebagai intervensi kontrol dalam model penyakit menular dengan optimalisasi biaya. Pada penelitian kali ini, penulis akan membahas kontrol optimal penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka perumusan masalah pada penulisan ini sebagai berikut:

1. Bagaimana model matematika penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan?
2. Bagaimana analisis kestabilan pada model matematika penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan?
3. Bagaimana kontrol optimal penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan?

1.3 Tujuan Penulisan

Berdasarkan perumusan masalah di atas maka tujuan penulisan ini sebagai berikut:

1. Menjelaskan model matematika penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan.
2. Menganalisis kestabilan pada model matematika penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan.
3. Mengetahui kontrol optimal penyebaran penyakit tuberkulosis dengan intervensi vaksinasi dan pengobatan.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penulisan ini adalah:

1. Analisis kestabilan lokal.
2. Tuberkulosis paru-paru pada manusia.
3. Penyebaran penyakit terjadi di DKI Jakarta.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dalam penulisan ini adalah:

1. Bagi Penulis

   Menambah pengetahuan matematika dalam bidang penyebaran penyakit tuberkulosis.

2. Bagi Pembaca

   Menambah wawasan terkait penyebaran penyakit tuberkulosis melalui sudut pandang matematika.

3. Bagi Tenaga Medis

   Memberi masukan terkait upaya peningkatan kesehatan (intervensi) melalui program vaksinasi dan pengobatan terhadap penyakit menular tuberkulosis.

1.6 Metode Penelitian

Skripsi ini merupakan kajian teori dalam bidang pemodelan matematika, epidemiologi, dan kontrol optimal yang didasarkan pada buku-buku dan jurnal-jurnal terkait teori pemodelan matematika, epidemiologi, dan kontrol optimal pada penyebaran penyakit menular (tuberkulosis).