BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan akan menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian, tujuan penelitian, serta manfaat yang akan didapat dari hasil penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Kemajuan era modern sekarang sangat dipengaruhi oleh peran matematika. Hampir semua kegiatan manusia berhubungan erat dengan matematika. Matematika menjadi alat yang sangat signifikan di beberapa bidang, ipa, teknik medis, ilmu sosial seperti ekonomi serta psikologi semuanya dapat diuntungkan oleh perkembangan matematika. Matematika memiliki peran signifikan dalam memecahkan berbagai permasalahan, baik itu dalam bidang teknik, ekonomi, sains, kesehatan, maupun problem sosial lainnya yang terjadi di dunia. Perkembangan matematika memainkan peran penting dalam mengubah analisis problem sosial menjadi pendekatan berbasis matematika (Ndi, 2018).

Model matematika ialah representasi abstrak dari fenomena yang dibangun memakai persamaan untuk menggambarkan dan menganalisa perilaku umum dalam suatu peristiwa (Kurniawati & Rosyidi, 2019). Banyak problem yang muncul dari bermacam bidang ilmu, seperti kesehatan, kimia, biologi, dan lainnya, yang bisa dimodelkan secara matematis (Ulfa & Sugiyanto, 2013). Pemodelan matematika ialah usaha guna menggambarkan suatu problem dalam kehidupan masyarakat memakai beberapa aturan, hingga peroleh asumsi yang bisa dijadikan acuan dalam memodelkan problem tersebut. Persamaan diferensial ialah salah satu alat yang bisa dipakai guna menyelesaikan problem dalam pemodelan matematika (Nubatonis, 2021).

Tuberculosis ialah penyakit infeksi pada sistem pernapasan yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dan dapat menular melalui percikan dahak atau biasa dikenal dengan *droplet infection*. Selain itu, penyakit tersebut dapat menyebar ke bagian tubuh lainnya, seperti selaput yang melindungi kelenjar

getah bening (nodus limfe), ginjal, tulang, dan sistem saraf pusat (meningen). Gejala tuberkulosis termasuk batuk, nyeri dada, sesak napas, kehilangan nafsu makan, penyusutan berat badan, demam, menggigil, dan kelelahan. Penyakit ini paling sering terjadi pada anak-anak dan orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah. Saat seseorang batuk dan menghirup tetesan air liurnya, bakteri dapat menyebar di udara. Ini bisa masuk ke paru-paru dan menyebabkan tuberkulosis (Rafflesia, 2014).

World Health Organization (WHO, 2022) telah mendeklarasikan bahwa Tuberkulosis (TB) masih merupakan masalah kesehatan global yang utama. Di seluruh dunia, kuantitas orang yang terdiagnosis TB diperkirakan capai 10,6 juta kasus pada tahun 2021. Ini naik sekitar 600.000 dari 10 juta kasus tahun 2020. Kementerian Kesehatan dan seluruh tenaga medis berhasil mendeteksi lebih dari 700 ribu kasus TB pada tahun 2022; yang mana ini ialah pencapaian tertinggi sejak Tuberkulosis ditetapkan sebagai program utama nasional.

Indonesia saat ini memiliki kuantitas kasus TB kedua tertinggi setelah India, dengan 969 ribu kasus dan 93 ribu kematian setiap tahun, setara dengan 11 kematian per jam. Menurut Laporan Global TB 2022, sebagian besar kasus Tuberkulosis di dunia terjadi di tim usia produktif, terutama di tim usia 45 hingga 54 tahun (I Kadek Mulyawan., 2023). Sepanjang tahun 2023 ada 43.000 kasus penyakit tuberculosis (TB) di provinsi Sumatera Utara dengan keberhasilan penyembuhan per 13 Oktober 2023 capai 90,7% dengan notifikasi kasus yang ditemukan sebanyak 35.000 kasus.

Menurut riset Pangaribuan et al. (2020), terjadinya TB pada pasien yang berumur 15 tahun ke atas dikarenakan beberapa faktor seperti umur, jenis kelamin, daerah tempat tinggal, pendidikan, dan kawasan. Dan faktor lain semacam kebiasaan merokok, tingkat penbisaan, kepadatan hunian, dan jenis lantai rumah penderita juga berpengaruh terhadap kejadian Tuberkulosis.

Selain itu, menurut (Debora, 2020) proporsi tertinggi penderita TB Paru yang diawasi minum obat oleh keluarga ialah sebesar 97,0 persen, sedangkan yang diawasi oleh petugas kesehatan hanya 0,7 persen, dan yang tidak tercatat juga hanya 0,7 persen. Hal ini diasumsikan karena keluarga lebih dekat dan memiliki lebih banyak waktu guna bertemu dengan penderita, sementara petugas

kesehatan memiliki lebih sedikit waktu guna bertemu. Pengawas Meminum Obat (PMO) bagi penderita TB Paru paling sering dilaksanakan oleh istri, diikuti oleh orang tua, sementara yang paling jarang mengawasi ialah cucu penderita TB Paru.

Pencegahan dan penanggulangan TB Paru dilakukan melalui pendekatan *Directly Observe Treatment Shortcourse* (DOTS), yaitu pengobatan TB Paru dengan pengawasan langsung oleh Pengawas Menelan Obat (PMO). Kegiatan ini mencakup upaya menemukan penderita melalui pemeriksaan dahak di fasilitas pelayanan kesehatan, yang kemudian diikuti dengan pemberian paket pengobatan (Dinas Kota Palembang, 2013). Menurut Kemenkes RI (2017), penyebab kegagalan program penanggulangan TB Paru ialah kurang memadainya organisasi pelayanan TB dan tata laksana kasus, kurangnya komitmen politis dan pendanaan, serta minimnya fasilitas/infrastruktur di Puskesmas. Sedangkan keberhasilan program penanggulangan TB menitikberatkan pada manajemen program serta tersedianya sumber daya dalam upaya mencapai tujuan yang efektif dan efisien (Faizah & Raharjo, 2019).

Untuk memahami penyebaran penyakit ini, perlu adanya suatu model matematika yang bisa merepresentasikan masalah yang ada untuk mencegah penyebaran penyakit tersebut. Awalnya, model suatu penyebaran penyakit menular diusulkan oleh Kermack dan McKendrick, kemudian alami perkembangan oleh ahli matematika lainnya (Defriman Djafri, 2015). Meskipun tidak mungkin bagi suatu model matematika guna secara sempurna mereplikasi semua aspek realitas dari kasus penyakit epidemik, namun penggunaan pemodelan matematika memberikan peluang guna membandingkan berbagai strategi yang bisa mengurangi laju penyebaran infeksi. Meskipun model matematika tidak bisa dengan pasti memprediksi dan atasi penyakit epidemik di masa depan. (Marfianti, 2015)

SIR modeling ialah suatu model matematika yang tepat guna mengilustrasikan perkembangan penyebaran penyakit menular seperti tuberkulosis. Model ini mampu memberikan pemahaman yang relevan dari data yang telah terkumpul (Anwar et al., 2023). Riset mengenai penyebaran penyakit Tuberkulosis telah dilaksanakan oleh (Inayah et al., 2020) dengan judul *Mathematical Models of Spread Pulmonary Tuberculosis Disease with Use of*

Medical Mask. Riset ini mengasumsikan bahwa penderita penyakit Tuberkulosis bisa sembuh dan memiliki kekebalan tubuh yang permanen, hingga setelah sembuh, mereka akan bebas dari penyakit tersebut. Model matematika yang dirumuskan dalam riset ini terbagi menjadi tiga kompartemen : kompartemen *Susceptible* (rentan terhadap penyakit), kompartemen *Infected* (telah terinfeksi penyakit), dan satu kompartemen tambahan yang relevan dengan konteks riset.

Selain itu, riset oleh (Liu et al., 2020) yang berjudul “*Modeling and dynamic analysis of tuberculosis in mainland China from 1998 to 2017 : the effect of Dots strategy and further control*” merumuskan model dinamis guna menyelidiki situasi penularan TB saat ini di Tiongkok. Dalam model ini, ukuran total populasi pada waktu t dibagi menjadi lima subkelas: rentan, divaksinasi, terpapar, terinfeksi, dan pulih, yang dilambangkan dengan S , V , E , I , dan R , secara berturut-turut. Karena strategi vaksinasi guna TB di Tiongkok berfokus pada bayi yang baru lahir, subkelas V dianggap sebagai bayi yang divaksinasi dengan sukses. Selama periode perlindungan BCG, orang tidak bisa terinfeksi, bahkan jika mereka kontak dengan orang yang terinfeksi. Namun, efisiensi waktu BCG sangat terbatas, orang yang divaksinasi bisa kehilangan kekebalan dan menjadi rentan kembali. Kelas yang rentan meningkat pada tingkat rekrutmen dan pada tingkat k yang berasal dari kelas divaksinasi dengan kehilangan kekebalan sementara.

Selanjutnya ada riset oleh (Das et al., 2021) yang berjudul “*Mathematical transmission analysis of SEIR tuberculosis disease model*” membentuk model matematika TB kompartemental, di mana populasi total dibagi menjadi empat kompartemen sesuai dengan ciri-ciri alami mereka. Dari riset sebelumnya, penulis ingin memodifikasi terhadap model yang dipakai Das et all. Dimana, pada model Das et all akan ditambahkan orang yang menjalani penyembuhan *Treatment*. Penyembuhan yang akan dilaksanakan ialah penyembuhan dengan implementasi DOTS guna mengakhiri penyebaran penyakit TB di Indonesia. Dengan demikian, orang *Infected* akan berkurang dan berpindah ke orang *Treatment* dengan laju ω (laju individu TB aktif menjalani pengobatan DOTS) sebelum akhirnya menjadi orang *Recovered* dengan laju γ (laju kesembuhan alami). Hal ini dilaksanakan

dengan merujuk pada riset yang dilaksanakan (Ramli et al., 2019) dengan judul *Mathematical analysis on SEIR-type model of the Tuberculosis disease spread with vaccination and treatment elements*. Dalam model ini, vaksinasi diberikan kepada individu yang rentan dan pengobatan kepada individu yang terinfeksi.

Hingga, dari uraian di atas akan dibuat suatu karya ilmiah berupa riset dalam bentuk skripsi dengan judul “**Model Dinamik SEITR dalam Peningkatan Strategi Pengendalian Tuberkulosis dengan Implementasi DOTS di Kota Medan**”.

1.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah objek yang akan dimodelkan dalam penelitian dan mengingat luasnya masalah yang akan diteliti agar terhindar kesimpangsiuran maka peneliti membatasi masalah yaitu :

1. Populasi diasumsikan tertutup (tidak terjadi proses emigrasi dan imigrasi).
2. Populasi bersifat homogen. Populasi homogen berarti semua individu dalam populasi memiliki sifat-sifat yang relatif sama satu sama lain.
3. Populasi dibagi menjadi lima sub populasi dengan memperhatikan kompartemen-kompartemen seperti *Susceptible* (S), *Exposed* (E), *Infectious* (I), *Treatment* (T), dan *Recovery* (R).
4. Populasi pada kompartemen T (*Treatment*) diasumsikan sebagai populasi yang sudah positif terinfeksi Tuberkulosis (TB).
5. Individu *Recovered* (R) diasumsikan tidak kembali menjadi individu *Suspected* (S).
6. Semua individu yang didiagnosis positif TB (*Infected*) langsung mendapatkan akses ke pengobatan DOTS tanpa ada penundaan, sehingga laju ω tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti keterlambatan diagnosa atau penundaan akses fasilitas kesehatan.
7. Semua individu dalam kompartemen T (*Treatment*) mengikuti pengobatan DOTS dengan kepatuhan sempurna, sehingga tidak ada individu yang keluar dari kompartemen T sebelum menyelesaikan pengobatan.

8. Terdapat individu terinfeksi secara alami dapat sembuh (tanpa pengobatan) karena daya tahan tubuh yang kuat.
9. Kematian yang disebabkan oleh faktor lain selain infeksi Tuberkulosis dianggap sebagai kematian alami.
10. Data yang digunakan diperoleh dari DINAS KESEHATAN RI di Kota Medan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana konstruksi model penyebaran tuberkulosis dengan implementasi strategi DOTS?
2. Bagaimana menganalisis kestabilan sistem penyebaran penyakit Tuberkulosis (TB) menggunakan pendekatan matematika, dengan penerapan strategi DOTS (Directly Observed Treatment Short-course) sebagai intervensi agar kestabilan sistem tersebut dapat diklasifikasikan?
3. Bagaimana menganalisis dinamika penyebaran penyakit Tuberkulosis (TB) berdasarkan hasil simulasi MATLAB sehingga hasil simulasi dapat diinterpretasikan dalam konteks penyebaran penyakit di populasi?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengonstruksi dan mengembangkan model matematis yang menggambarkan penyebaran Tuberkulosis (TB) serta menganalisis efektivitas strategi DOTS (*Directly Observed Treatment Short-course*) dalam mengendalikan penyebaran TB melalui pemodelan dan simulasi.
2. Untuk menganalisis kestabilan sistem penyebaran penyakit Tuberkulosis (TB) melalui pemodelan matematika dengan menerapkan strategi implementasi DOTS (*Directly Observed Treatment Short-course*), serta menentukan jenis kestabilan yang ada berdasarkan hasil analisis.

3. Untuk melakukan simulasi dinamika penyebaran Tuberkulosis menggunakan MATLAB untuk mempelajari pola penyebaran penyakit dan mengevaluasi hasil simulasi tersebut dalam konteks dinamika populasi yang terkena dampak.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat yang dapat diidentifikasi:

1. Bagi Penulis

Untuk memperluas pengetahuan dan pemahaman penulis, terutama dalam bidang pemodelan matematika dan aplikasinya, serta dalam menganalisis isu-isu yang berkaitan dengan keilmuan lain—khususnya dalam konteks penyebaran penyakit tuberkulosis dalam bidang kedokteran dan masalah matematika yang terkait dengan penyelesaian permasalahan tersebut—terutama dalam pengembangan strategi pengendalian TB.

2. Bagi Mahasiswa

Menambah sumber referensi tentang penggunaan matematika dalam konteks kesehatan dapat memberikan kontribusi berharga dalam pembelajaran, terutama dalam pemahaman tentang model matematika dan persamaan diferensial, serta cara menganalisisnya.

3. Bagi Pembaca

Sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman mengenai analisis model matematika terkait penyebaran penyakit tuberkulosis, penelitian ini menggunakan pendekatan inovatif dengan model matematika. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi landasan bagi penelitian lebih lanjut, membuka peluang untuk studi yang lebih mendalam tentang berbagai aspek penyebaran Tuberkulosis (TB) dan upaya pengendalian yang lebih efektif.