

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu permasalahan yang serius di dunia. Pencemaran lingkungan adalah dampak negatif yang timbul apabila komponen alam terkontaminasi oleh polutan, baik secara fisik maupun biologis, sehingga lingkungan tersebut tidak dapat menjalankan aktivitas sebagaimana mestinya. Polutan dapat berupa zat atau energi yang muncul secara alamiah dari alam itu sendiri. Zat atau energi ini dapat berubah menjadi polutan ketika kadar jumlahnya di alam berlebihan (**Muralikrishna dan Manickam, 2017**).

Pencemaran lingkungan bukan hanya menjadi masalah di negara berkembang, tetapi juga di negara maju. Terdapat banyak faktor yang seringkali menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, seperti pertumbuhan populasi manusia, kemajuan teknologi, ataupun urbanisasi, yang menuntut adanya kebutuhan tinggi di alam sehingga membutuhkan penggunaan sumber daya alam secara maksimal. Terdapat tiga macam pencemaran lingkungan yang seringkali dijumpai, yaitu pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran air (**Muralikrishna dan Manickam, 2017**).

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.01 Tahun 2010 tentang tata laksana pengendalian pencemaran air, pencemaran air adalah adanya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air akibat kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan (**Kemenlh, 2010**). Tentunya, akan sangat besar dampaknya apabila air sebagai sumber kehidupan bagi makhluk hidup di bumi tercemar oleh polutan (**Hasan, dkk 2019**). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kualitas air yang buruk, jumlah air yang tidak memadai kebutuhan makhluk hidup, sanitasi air yang buruk, dan praktik kebersihan yang sulit. Salah satu dampak negatif dari pencemaran air adalah munculnya *waterborne diseases* (**El-Fadel, dkk 2019**).

Waterborne diseases adalah penyakit-penyakit yang penularannya melalui air. Kondisi ini disebabkan oleh adanya mikroorganisme patogen yang

ditransmisikan di dalam air. Penyakit ini dapat menyerang manusia lewat aktivitas keseharian yang rutin dilakukan, seperti mandi, mencuci, minum, ataupun memakan makanan yang tercemar oleh air yang sudah terkontaminasi bakteri (WHO, 2017). Berikut penyakit-penyakit yang termasuk dalam *waterborne diseases*, diantaranya tifus yang disebabkan bakteri *salmonella typhi*, kolera yang disebabkan bakteri *Vibrio cholerae*, disentri yang disebabkan parasit *entamoeba histolytica* dan bakteri *shigella*, serta leptospirosis yang disebabkan bakteri *leptospira sp.* Penyakit-penyakit tersebut memiliki patogen, gejala, dan tingkat kekhawatiran atau efek yang berbeda-beda. Bahkan banyak diantaranya berbahaya dan menyebabkan kematian.

Waterborne diseases yang terjadi diperkirakan mencapai 4,1% dari total DALY (*Disability-Adjusted Life Year*) dan menyebabkan sekitar 1,8 juta kematian manusia pada setiap tahunnya. Diperkirakan 88% dari total kematian pada penderita *waterborne diseases* disebabkan oleh kurangnya pasokan air minum yang aman, sanitasi yang tidak memadai, dan kualitas air bersih yang buruk (WHO, 2014). Menurut **Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas)** tahun 2007 tentang data penyakit menular di Indonesia, diare merupakan salah satu penyakit menular yang menyebabkan kematian terbanyak pada anak di bawah lima tahun. Diare merupakan penyebab kematian pada bayi sebesar 31,4 persen dan kematian pada balita sebesar 25,2 persen (Kemenkes RI, 2008). Pada tahun 1995-2005, WHO pernah melaporkan lebih dari 1,8 juta orang terjangkit kolera di beberapa negara lain dan membunuh 56.000 jiwa. Pada periode 2006 hingga 2016 tercatat lebih dari 2,6 juta kasus kolera dengan kematian 46.881 jiwa (WHO, 2017). Belum termasuk *waterborne diseases* lainnya.

Penelitian mengenai *waterborne diseases* sudah dilakukan di beberapa bidang keilmuan, termasuk bidang matematika. **Misra dan Singh (2012)** mengkaji model matematika penyebaran *waterborne diseases* dengan menggunakan kontrol berupa desinfektan. Kemudian penelitian lain mengenai dinamika model matematika epidemi jaringan untuk penyebaran *waterborne diseases* yang dikembangkan oleh **Wang dan Cao (2014)**. Selanjutnya, penelitian mengenai model matematika penyebaran *waterborne diseases* dengan mempertimbangkan

pengaruh desinfektan di dalam air terhadap kesehatan pengguna di masa mendatang yang dikembangkan oleh **Kumari dan Sharma (2016)**. Penelitian mengenai *waterborne diseases* juga dilakukan oleh **Collins dan Duffy (2018)** yang mengkaji model matematika penyebaran *waterborne disease* dengan strategi intervensi kontrol berupa vaksinasi, perawatan, dan pemurnian air.

Selanjutnya, **Sharma dan Kumari (2019)** telah mengembangkan penelitian sebelumnya dengan mempertimbangkan pengaruh lingkungan tercemar terhadap penyebaran *waterborne diseases*. Dalam penelitian tersebut juga dibahas mengenai penularan penyakit yang hanya dapat disebarkan oleh bakteri patogen. Akan tetapi, tidak semua bakteri patogen yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat menyebarkan penyakit (**Tian, dkk 2019**). Oleh karena itu, penulis melakukan modifikasi model penyebaran *waterborne disease* yang merujuk pada model matematika yang dikembangkan oleh **Sharma dan Kumari (2019)** dengan menambahkan fungsi *infectious incidence force*, sehingga dapat mempertimbangkan konsentrasi bakteri yang dapat masuk dalam tubuh manusia dan menularkan *waterborne diseases*. Selain itu, penulis mengaplikasikan kontrol optimal pada model berupa penyuluhan pentingnya air bersih dan perbaikan sanitasi air untuk meminimalkan populasi manusia yang terinfeksi *waterborne diseases* dan bakteri patogen.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis kestabilan titik setimbang model matematika pada penyebaran *waterborne diseases*?
2. Bagaimana bentuk kontrol optimal dari model matematika pada penyebaran *waterborne diseases*?
3. Bagaimana simulasi numerik dan hasil interpretasi simulasi numerik dari model matematika penyebaran *waterborne diseases* sebelum dan sesudah diberi kontrol?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kestabilan dari titik setimbang model matematika pada penyebaran *waterborne diseases*.
2. Menentukan bentuk kontrol optimal dari model matematika pada penyebaran *waterborne diseases*.
3. Menentukan simulasi numerik dan hasil interpretasi simulasi numerik dari model matematika penyebaran *waterborne diseases* sebelum dan sesudah diberi kontrol.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis, sebagai sarana untuk mempelajari suatu permasalahan dari fenomena lingkungan alam sekitar dengan mengaplikasikan ilmu matematika khususnya mengenai model matematika penyebaran *waterborne diseases*.
2. Bagi Pembaca, sebagai sumber informasi berkaitan tentang model matematika penyebaran *waterborne diseases*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Model matematika penyebaran *waterborne diseases* yang digunakan dalam penelitian merujuk pada jurnal yang ditulis oleh **Sharma dan Kumari (2019)**.
2. Variabel kontrol yang digunakan pada model matematika penyebaran *waterborne diseases* berupa penyuluhan tentang pentingnya air bersih dan perbaikan sanitasi air.