

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningitis adalah suatu reaksi peradangan yang terjadi pada bagian meningen, yaitu membran yang menyelubungi otak dan sumsum tulang belakang (NORD, 2015). Peradangan tersebut disebabkan oleh infeksi virus, bakteri, parasit, dan jamur. Selain itu pada beberapa kasus, peradangan ini dapat disebabkan oleh kelainan proses inflamasi seperti *systemic lupus erythematosus* dan penyakit kawasasi, serta proses keganasan seperti *leukemic meningitis* (Hasanah, 2014). Infeksi virus dan bakteri menjadi penyebab utama kasus meningitis (Lights dan Boskey 2018). Menurut Van de Beek dkk (2004), risiko kematian meningitis yang disebabkan oleh bakteri sangat tinggi apabila dibandingkan dengan meningitis yang disebabkan oleh virus. Meningitis yang disebabkan oleh virus cenderung dapat sembuh dengan sendirinya dan jarang berdampak fatal.

Meningitis meningokokus merupakan jenis meningitis yang disebabkan oleh bakteri *Neisseria meningitidis*. Berdasarkan Pemenkes No. 1501 tahun 2010 mengenai “Jenis Penyakit Menular Tertentu yang dapat Menimbulkan Wabah dan Upaya Penanggulangan” menyebutkan bahwa penyakit meningitis ini merupakan satu-satunya jenis meningitis yang berpotensi menimbulkan Kejadian Luar Biasa (KLB) di Indonesia. Penyakit ini menjadi terkenal sejak adanya epidemi yang terjadi pada jemaah haji dan orang yang kontak dengan jemaah haji pada tahun 2002. Tercatat bahwa terdapat 304 kasus meningitis yang dilaporkan dan 50% diantaranya disebabkan oleh bakteri *Neisseria meningitidis* (Kemenkes RI, 2019).

Neisseria meningitidis merupakan satu dari tiga jenis bakteri yang paling banyak menyebabkan meningitis (NORD, 2015). Bakteri tersebut hanya dapat menginfeksi manusia. Oleh karena itu, penyebaran penyakit meningitis meningokokus terjadi dari manusia ke manusia melalui hasil sekresi saluran pernapasan (*droplet*) ataupun air liur (*saliva*) seperti merokok, kontak dekat dan berkepanjangan (bersin, berciuman, batuk, atau tinggal di dekat penderita). Penula-

ran tersebut dapat dilakukan oleh individu terinfeksi dengan gejala maupun tanpa gejala/asintomatik (WHO, 2018). Pada sebagian besar kasus, penyakit meningitis meningokokus disebabkan oleh paparan individu terinfeksi asimtomatik (WHO, 2000).

Gejala umum yang terjadi pada penderita meningitis meningokokus adalah leher kaku, demam tinggi, sakit kepala, mual atau muntah, kebingungan, dan peka terhadap cahaya (WHO, 2018). Tercatat bahwa sekitar 5% hingga 10% penderita meningitis yang terinfeksi bakteri *Neisseria meningitidis* tidak menunjukkan gejala penyakit dalam beberapa hari sampai dengan beberapa bulan (WHO, 2000). Pada umumnya, masa inkubasi dari penyakit ini adalah 4 hari tetapi dapat bervariasi antara 2 hingga 10 hari (WHO, 2018).

Tingkat fatalitas penyakit meningitis meningokokus adalah sekitar 10% hingga 15% (CDC, 2015). Terdapat 8% hingga 15% penderita meningitis meningokokus meninggal dunia walaupun telah didiagnosis dini dan melakukan pengobatan yang memadai dalam 24 hingga 48 jam setelah timbul gejala penyakit meningitis meningokokus. Sebaliknya, 50% penderita meningitis meningokokus dapat mengalami kerusakan otak, gangguan pendengaran, atau cacat pada saat tidak dilakukan diagnosis dini dan pengobatan (WHO, 2018).

Tindakan pencegahan untuk penyakit meningitis meningokokus dapat dilakukan dengan pemberian vaksin dan menghindari kontak dengan penderita meningitis meningokokus. Vaksin yang dapat digunakan adalah vaksin *Capsular polysaccharid* dan *Conjugate meningococcal* (WHO, 2018). Kedua vaksin tersebut telah digunakan di berbagai negara untuk mencegah penyebaran meningitis meningokokus. Penggunaan vaksin tersebut hanya efektif sekitar 65%-100% (Oliviera, 2017).

Pendekatan matematika dalam melihat penyebaran suatu penyakit telah banyak dilakukan. Pendekatan ini dilakukan dengan membuat model matematika yang dapat merepresentasikan suatu sistem sebagai salah satu cara dalam pemecahan masalah dengan menyederhanakan fenomena-fenomena nyata yang kompleks dalam bentuk matematika (Putro dkk, 2013). Pemodelan matematika

dalam hal ini berguna untuk mengetahui dan memahami dinamika penyakit sehingga dapat mengendalikan penyebaran penyakit di dalam suatu populasi.

Pemodelan matematika mengenai dinamika penyebaran penyakit meningitis telah banyak dilakukan. **Martinez dkk (2013)** merumuskan model matematika penyebaran penyakit meningitis meningokokus yang memperhatikan keberadaan individu terinfeksi asimtomatik. **Elmojtaba dan Adam (2017)** mengkontruksi model penyakit meningitis meningokokus dengan memperhatikan adanya pemberian vaksin dan keberadaan individu sembuh yang cacat dan tidak cacat. **Asamoah dkk (2018)** membangun model matematika penyebaran penyakit meningitis akibat bakteri dengan memperhatikan dua terapi yaitu pemberian vaksin dan pengobatan. **Leite dan Augusto (2019)** mengkontruksi model matematika penyebaran penyakit meningitis meningokokus yang memperhatikan adanya ketidakefektifan vaksin. Pada model tersebut, digunakan laju penyebaran penyakit tipe *standard*.

Laju penyebaran penyakit dalam suatu model matematika digunakan untuk menentukan naik atau turunnya wabah penyakit. Terdapat berbagai tipe laju penyebaran penyakit yang dapat digunakan yaitu *standard*, bilinier, dan *saturated incidence rate*. Laju penyebaran penyakit tipe bilinier menyatakan bahwa peningkatan jumlah individu terinfeksi berbanding lurus terhadap peningkatan jumlah individu rentan dan individu terinfeksi. Laju penyebaran penyakit tipe tersebut, lebih cocok menggambarkan penyebaran penyakit yang menular melalui udara seperti influenza. Sebaliknya, tipe *standard* lebih cocok untuk menggambarkan penyakit menular seksual (PMS). Hal tersebut dikarenakan tipe *standard* lebih cocok menggambarkan penyebaran penyakit dimana individu rentan cukup banyak sedangkan individu terinfeksi tidak dapat melakukan interaksi dengan setiap individu rentan secara terus menerus. Selanjutnya, tipe *saturated incidence rate* merupakan laju penyebaran penyakit yang memperhatikan adanya tingkat kejenuhan populasi terinfeksi (**Li dan Liu, 2014**). Menurut **Mathur dan Narayan (2018)**, *saturated incidence rate* lebih tepat dalam menggambarkan penyebaran penyakit dibandingkan dengan tipe bilinier, karena pada *saturated incidence rate* memperhatikan perubahan perilaku individu dalam populasi pada

saat wabah penyakit menyebar dan mencegah ketidakterbatasan dari tingkat interaksi antara individu terinfeksi dengan individu rentan.

Pemodelan pada penelitian-penelitian di atas menggunakan sistem persamaan diferensial biasa (SPDB). Dalam memodelkan dinamika penyebaran penyakit, terdapat pendekatan lain yang dapat digunakan yaitu sistem persamaan diferensial fraksional (SPDF) dengan orde fraksional α , dengan $0 < \alpha \leq 1$. SPDF merupakan perumuman dari SPDB. Pada sistem biologi, SPDF secara alami berkaitan dengan sistem yang memiliki memori. Efek memori tersebut memiliki peran penting pada penyebaran suatu penyakit yaitu adanya memori efek di kejadian sebelumnya akan mempengaruhi penyebaran penyakit di masa yang akan datang (Utoyo dkk, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk memodifikasi model hasil penelitian dari Leite dan Augusto (2019) menjadi model penyebaran penyakit meningitis yang berbentuk SPDF dan mengasumsikan laju penyebaran penyakit yang semula berbentuk *standard* menjadi berbentuk *saturated incidence rate*. Selanjutnya, analisis dilakukan pada solusi khusus sistem, yaitu titik setimbang dengan didukung oleh hasil pendekatan secara numerik. Dari analisis yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih relevan terhadap dinamika penyebaran penyakit meningitis.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana bentuk model matematika orde fraksional penyebaran penyakit meningitis dengan *saturated incidence rate*?
2. Bagaimana analisis kestabilan titik setimbang dari model matematika orde fraksional penyebaran penyakit meningitis dengan *saturated incidence rate*?
3. Bagaimana interpretasi dari hasil simulasi numerik pada model matematika orde fraksional penyebaran penyakit meningitis dengan *saturated incidence rate*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Memperumum sistem persamaan diferensial biasa menjadi sistem persamaan diferensial orde fraksional pada model matematika penyebaran penyakit meningitis dengan *saturated incidence rate*.
2. Menentukan analisis kestabilan titik setimbang dari model matematika orde fraksional penyebaran penyakit meningitis dengan *saturated incidence rate*.
3. Menginterpretasikan hasil simulasi numerik pada model matematika orde fraksional penyebaran penyakit meningitis dengan *saturated incidence rate*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan memahami dinamika penyebaran penyakit meningitis sehingga dapat mengendalikan penyebaran penyakit meningitis di dalam suatu populasi.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Model matematika dalam penelitian ini merupakan pengembangan model matematika yang dikonstruksi oleh Leite dan Augusto (2019).
2. Turunan fraksional yang digunakan pada penelitian ini adalah turunan fraksional Caputo.
3. Jenis meningitis yang dibahas pada penelitian ini adalah meningitis meningokokus.