

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ekologi merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari hubungan antara organisme dan lingkungannya. Hubungan dinamis antara predator dan mangsa merupakan tema yang dominan dalam ekologi, karena interaksi antar *predator* dan *prey* penting dan bersifat universal. Model yang pertama kali mewakili salah satu bentuk interaksi antar makhluk hidup dikenal sebagai model *predator-prey* Lotka-Volterra (Murray, 2002). Pada model ini pertumbuhan populasi *predator* bergantung pada tingkat konversi perkembangbiakan akibat pemangsaan terhadap *prey*. Leslie dan Gower memberikan alternatif lain dengan menambahkan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) *predator* yang besarnya sebanding dengan jumlah populasi *prey* dan pertumbuhan kedua populasi mengikuti model logistik. Gagasan Leslie-Gower dinyatakan dalam bentuk model matematika yang dikenal sebagai model *predator-prey* Leslie-Gower (Huo, dkk., 2011). Dalam model ini ketika populasi *prey* mengalami kepunahan maka populasi *predator* ikut punah. Aziz-Alaoui dan Okiye (2003) memodifikasi model Leslie-Gower dengan menambahkan komponen perlindungan *predator*, sehingga populasi *predator* mampu bertahan hidup ketika populasi *prey* mengalami kelangkaan.

Unsur utama dalam interaksi *predator-prey* adalah fungsi respon yang merupakan laju per kapita *predator* dalam memangsa *prey*. Beberapa fungsi respon diantaranya Holling tipe I, Holling tipe II, Holling tipe III, Bedington De-Angelis, Ratio-Dependent, dan Nicholson-Bailey. Dalam konstruksi model, beberapa fungsi respon telah banyak digunakan. Sebagai contoh, Johri, dkk (2012) telah mengkaji model *predator-prey* dengan *prey* terinfeksi yang menggunakan fungsi respon Holling tipe I, Zu dan Mimura (2010) telah membahas model *predator-prey* yang menggunakan fungsi respon Holling tipe II, dan Kar (2004) mengkaji tentang analisis kestabilan model *predator-prey* dengan perlindungan pada *prey* menggunakan fungsi respon Holling tipe II.

Model *predator-prey* kerap dikombinasikan dengan model epidemi, karena terdapat kemungkinan salah satu atau kedua populasi terserang penyakit. Model ini kemudian dikenal dengan model eko-epidemiologi yang merupakan tema menarik untuk terus dikaji. Das (2011) membahas model *predator-prey* dengan infeksi pada *predator*. Terdapat tiga laju pertumbuhan populasi yang dikaji, yaitu laju pertumbuhan populasi *prey*, *predator* rentan, dan *predator* terinfeksi. Pada tahun 2012, Johri, dkk mengkaji model *predator-prey* Lotka-Volterra dengan *prey* terinfeksi, sehingga populasi dibagi menjadi tiga subpopulasi, yaitu subpopulasi *prey* rentan, *prey* terinfeksi, dan *predator*.

Efek infeksi penyakit menular pada sistem ekologi merupakan hal yang diperhitungkan karena dapat mengontrol ukuran populasi. Adriana (2017) mengkaji kembali penelitian Zhou, dkk. (2010) dalam skripsinya mengenai model *predator-prey* Leslie-Gower yang dimodifikasi dengan adanya *prey* terinfeksi. Model ini dikonstruksi dengan menggabungkan model Leslie-Gower yang dimodifikasi dengan model epidemi SI (*Susceptible-Infected*). Adanya infeksi pada *prey*, total populasi *prey* dibagi menjadi dua, yaitu *prey* rentan dan *prey* terinfeksi, sehingga terdapat tiga populasi, yaitu *prey* rentan, *prey* terinfeksi, dan *predator*. Dalam model ini *predator* mampu membedakan *prey* terinfeksi dan *prey* rentan, sehingga *predator* hanya memangsa *prey* terinfeksi.

Dalam lingkungannya, naluri atau sifat *prey* untuk berlindung dari *predator* merupakan faktor yang perlu diperhitungkan dalam pemodelan. Demi mempertahankan kelangsungan hidupnya, *prey* seringkali hanya keluar dalam kondisi yang aman dari *predator*. Dubey (2007) meneliti model *predator-prey* dengan zona perlindungan. Habitat *prey* dibedakan menjadi dua zona, yaitu zona perlindungan dan zona bebas. Zona perlindungan merupakan zona yang ditempati oleh *prey* namun *predator* tidak diizinkan masuk ke dalamnya, sedangkan zona bebas merupakan tempat *predator* dan *prey* bergerak bebas.

Adanya perlindungan spasial oleh *prey* merupakan perilaku yang lebih relevan dalam mempengaruhi sistem dinamika model *predator-prey*. Ma, dkk (2013) telah mengkaji perilaku model *predator-prey* Lotka-Volterra dengan *prey* terlindungi dan adanya

interferensi antar *predator*. Efek interferensi antar *predator* mendominasi dalam analisis kestabilan. Chen, dkk (2009) telah mengkaji model *predator-prey* dengan *prey* terlindungi. Analisis matematika memperlihatkan bahwa meningkatnya jumlah perlindungan dapat meningkatkan kepadatan populasi *prey*.

Berbeda dari penelitian sebelumnya, Sharma dan Samanta (2015) mengkaji model *predator-prey* Leslie-Gower dengan perlindungan pada *prey* terinfeksi. Pada model ini diasumsikan bahwa perlindungan pada *prey* terinfeksi masih memungkinkan *prey* terinfeksi dimangsa *predator*. Hal ini membuat model lebih realistis daripada model sebelumnya. Selain itu, *predator* dianggap hanya memangsa *prey* terinfeksi yang tidak terlindungi. Laju pemangsaan *prey* oleh *predator* menggunakan fungsi respon Holling tipe II. Salah satu contoh dalam kehidupan nyata adalah sekawan Harimau (*Panthera Trigris*) yang berperan sebagai *predator* dan sekelompok Rusa (*Cervidae*) yang berperan sebagai *prey* di alam bebas. Beberapa rusa terkena penyakit *Rinderpest* yang dapat menular kepada sesama rusa, sehingga populasi rusa ini terbagi atas kelompok rusa yang rentan dan rusa yang terinfeksi penyakit. Dalam lingkungannya *prey* memiliki naluri untuk berlindung agar tidak dimangsa oleh kawan harimau. Proses berlindung ini mengakibatkan beberapa rusa yang terinfeksi tidak mampu berlari kencang seperti rusa yang sehat, sehingga sebelum rusa sampai di tempat perlindungan rusa telah termangsa oleh predator.

Pada skripsi ini dikaji kembali penelitian Samanta dan Sharma (2015). Analisis dinamik yang dilakukan pada model meliputi kepositifan solusi, syarat eksistensi dan kestabilan lokal titik kesetimbangan model, serta pengaruh perlindungan populasi *prey* terinfeksi pada model. Dianalisis pula terjadinya bifurkasi Hopf pada salah satu titik kesetimbangan ketika parameter perlindungan melewati suatu nilai kritis. Untuk mendukung hasil analisis dilakukan simulasi numerik dengan menggunakan pendekatan Runge-Kutta orde empat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, pokok permasalahan yang dikaji dalam skripsi adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana konstruksi model *predator-prey* Leslie-Gower dengan *prey* terinfeksi yang terlindungi?
2. Bagaimana eksistensi dan kestabilan lokal titik kesetimbangan model?
3. Bagaimana pengaruh perlindungan pada *prey* terinfeksi terhadap kepadatan setiap subpopulasi?
4. Bagaimana hasil analisis terjadinya Bifurkasi Hopf pada model?
5. Bagaimana hasil simulasi numerik dan interpretasi hasil analisis model tersebut?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Mengkonstruksi model *predator-prey* Leslie-Gower dengan *prey* terinfeksi yang terlindungi.
2. Menentukan titik kesetimbangan dan kestabilan lokal titik kesetimbangan model.
3. Mempelajari pengaruh perlindungan pada *prey* terinfeksi terhadap kepadatan setiap subpopulasi.
4. Melakukan analisis terjadinya Bifurkasi Hopf pada model.
5. Melakukan simulasi numerik dan interpretasinya, serta membandingkan hasil simulasi numerik dengan analisis model.