

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Alam semesta beserta seluruh isinya adalah ciptaan Allah Subhanahu wa Ta'ala yang penuh dengan tanda-tanda kebesaran-Nya. Setiap makhluk hidup yang ada di bumi diciptakan Allah dengan fungsi dan peran tertentu dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Tumbuhan, hewan dan manusia, semuanya saling berhubungan dalam suatu sistem. Jika salah satu unsur di dalamnya terganggu, maka akan muncul dampak berantai yang dapat merusak keteraturan yang sudah Allah Subhanahu wa Ta'ala tetapkan. Prinsip keseimbangan ini ditegaskan dalam firman Allah pada Q.S. Ar-Rahman ayat 7-8:

وَالسَّمَاءَ رَفَعَهَا وَوَضَعَ الْمِيزَانَ ۖ
أَلَّا تَطْغَوْا فِي الْمِيزَانِ ۝

Artinya: “*dan langit telah ditinggikan-Nya dan Dia ciptakan keseimbangan, agar kamu jangan merusak keseimbangan itu*”.

Interaksi antara *predator* dan *prey* merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Wilda, dkk., 2023). Dinamika antara kedua spesies ini dapat mempengaruhi kelestarian lingkungan, di mana kepunahan salah satu spesies dapat menimbulkan dampak berantai pada sistem ekologi secara keseluruhan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mempelajari interaksi tersebut adalah dengan membangun model matematika. Model matematika menjadi sarana untuk mempelajari fenomena tersebut karena dapat memprediksi perubahan populasi dalam jangka waktu tertentu (Murray, 2002).

Model matematika yang mempelajari fenomena interaksi antara *predator* dan *prey* dalam suatu populasi disebut model *predator prey* (Wilda, dkk., 2023). Model ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara dua spesies, yaitu *prey* yang berperan sebagai sumber makanan bagi *predator* dan keberadaan *predator* memengaruhi kelangsungan hidup *prey*. Model *predator prey* klasik diperkenalkan pertama kali oleh Lotka dan Volterra (Lotka, 1925). Model ini menjelaskan interaksi dua spesies melalui laju pertumbuhan dan kematian, namun masih menggunakan asumsi linier yang jarang ditemui pada kondisi nyata yang terjadi di

alam. Dalam ekosistem, laju konsumsi *predator* tidak selalu meningkat secara seimbang terhadap jumlah *prey*. Holling (Murray, 2002) kemudian memperkenalkan fungsi respon tipe II yang menjelaskan hubungan antara kepadatan populasi *prey* dan laju konsumsi *predator*. Model ini mempertimbangkan adanya waktu penanganan *prey* oleh *predator*. Penggunaan fungsi respon ini dapat merepresentasikan dinamika interaksi yang lebih kompleks sesuai dengan kondisi yang dapat terjadi di alam.

Selain fungsi respon, terdapat pula faktor lain yang berpengaruh dalam interaksi antar spesies, yaitu efek Allee. Efek ini menunjukkan adanya ambang jumlah minimum individu yang diperlukan agar suatu spesies dapat bertahan hidup. Jika jumlahnya berada di bawah ambang tersebut, populasi spesies berisiko mengalami penurunan bahkan kepunahan (Panigoro dan Savitri, 2020). Fenomena ini sering dijumpai pada spesies yang membutuhkan kerja sama, baik dalam mencari makanan, berkembang biak, maupun melindungi diri dari ancaman *predator* (Rohmatunnisa, dkk., 2023). Dengan demikian, efek Allee perlu dipertimbangkan dalam model *predator prey* sehingga hasil yang diperoleh lebih sesuai dengan kondisi di alam.

Di sisi lain, perilaku alami *prey* juga dapat memengaruhi dinamika *predator prey*, salah satunya melalui pembentukan zona perlindungan dalam kelompoknya. Zona perlindungan ini berfungsi sebagai tempat aman bagi sebagian *prey*, dimana mereka dapat keluar masuk dengan leluasa, sementara *predator* tidak dapat masuk (Sari dan Waluya, 2021). Dengan adanya zona perlindungan, tidak semua *prey* dapat dimangsa oleh *predator*, sehingga interaksi antara keduanya menjadi terbatas.

Penelitian (Ma, dkk., 2017) mengembangkan model *predator prey* dua spesies dengan zona perlindungan serta menggunakan bentuk umum fungsi respon Holling. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa jika ada banyak *prey* yang memanfaatkan zona perlindungan sebagai tempat berlindung, maka populasi *prey* dapat bertahan, sementara populasi *predator* dapat punah. Bentuk fungsi respon juga memberikan pengaruh terhadap kestabilan sistem, dalam beberapa kondisi dapat membuat sistem menjadi stabil, tetapi pada kondisi lain juga dapat menyebabkan sistem menjadi tidak stabil dan menyebabkan populasi naik turun secara terus-menerus.

Dalam skripsi ini, model yang dikembangkan oleh (Ma, dkk., 2017) akan dimodifikasi dengan mempertimbangkan efek Allee ke dalam model, serta fungsi respon Holling yang dibatasi pada Holling tipe II. Dengan adanya modifikasi ini, dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dinamika interaksi *predator* dan *prey*, khususnya pengaruh zona perlindungan, fungsi respon Holling tipe II dan efek Allee terhadap kestabilan populasi spesies. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi baru dalam kajian ekologi matematika sekaligus menambah pemahaman terhadap upaya menjaga kelestarian ekosistem.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model matematika *predator prey* dua spesies yang melibatkan zona perlindungan, fungsi respon Holling tipe II, serta efek Allee pada *predator*?
2. Bagaimana hasil analisis kestabilan model dengan adanya zona perlindungan, fungsi respon Holling tipe II dan efek Allee?
3. Bagaimana analisis bifurkasi terhadap titik ekuilibrium dari model yang dihasilkan?

C. Batasan Masalah

1. Penelitian ini dibatasi pada model matematika *predator prey* yang melibatkan dua spesies, yaitu spesies pertama adalah *prey* dan spesies kedua adalah *predator*, dengan sistem yang digunakan adalah sistem persamaan diferensial tak linear.
2. Model yang dibangun mempertimbangkan adanya zona perlindungan, penggunaan fungsi respon Holling tipe II, serta penambahan efek Allee pada populasi *predator*.
3. Analisis yang dilakukan difokuskan pada kajian kestabilan titik ekuilibrium dari model. Untuk mendukung hasil analisis, dilakukan simulasi numerik guna memperlihatkan dinamika populasi *predator* dan *prey* sesuai parameter yang digunakan dalam model.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh model matematika *predator prey* dua spesies yang melibatkan zona perlindungan, fungsi respon Holling tipe II, serta efek Allee pada *predator*.
2. Menganalisis kestabilan dari model *predator prey* dengan adanya zona perlindungan fungsi respon Holling tipe II dan efek Allee.
3. Menganalisis bifurkasi terhadap titik ekuilibrium dari model.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi akademis dalam pengembangan model matematika *predator prey* dua spesies dengan zona perlindungan, fungsi respon Holling dan efek Allee.
2. Menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya.
3. Memberikan wawasan mengenai dinamika populasi *predator* dan *prey* yang dapat mendukung upaya kelestarian ekosistem.

UIN IMAM BONJOL
PADANG