BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam ekologi modern, pemahaman tentang dinamika interaksi antara mangsa dan pemangsa menjadi subjek penelitian yang mendalam. Salah satu model yang digunakan untuk memahami interaksi ini adalah Fungsi Respon Holling Tipe II, yang menggambarkan bagaimana tingkat konsumsi mangsa oleh pemangsa berkaitan dengan kepadatan mangsa itu sendiri (Aufaniyah dan Abadi, 2023). Sementara itu, konsep simbiosis mutualisme menyoroti hubungan simbiotik antara spesies yang saling menguntungkan dalam ekosistem.

Dalam kehidupan alami, interaksi yang timbul karena potensi keuntungan terlihat antara individu-individu dari satu spesies dan juga di antara spesies yang berbeda, yang bisa memiliki implikasi ekologis yang signifikan (Banerjee *et al.*, 2020). Dua jenis mangsa bisa terlibat dalam simbiosis mutualisme yang meningkatkan pertumbuhan per individu mereka, sedangkan di sisi lain, pemangsa berkolaborasi satu sama lain untuk meningkatkan efisiensi dalam mencari mangsa (Dugatkin, 1997).

Interaksi antara pemangsa dan mangsa sangat erat kaitannya karena kelompok pemangsa memerlukan mangsa untuk bertahan hidup, sementara pemangsa juga bertindak sebagai pengatur populasi mangsa. Aktivitas predasi memperkuat jumlah pemangsa sementara mengurangi jumlah mangsa yang tersedia (Ningrum *et al.*, 2019). Adanya makanan tambahan adalah salah satu cara mengontrol populasi mangsa (Kusnanto *et al.*, 2017).

Industri pertanian memiliki peran penting bagi peradaban dan pertumbuhan global saat ini karena faktor utamanya didorong oleh pertumbuhan populasi manusia dan produksi pangan berkelanjutan. Industri pertanian merupakan komponen penting dari pembangunan ekonomi dan sumber pendapatan yang signifikan bagi negara. Oleh karena itu, penurunan produksi pertanian berdampak negatif terhadap pertumbuhan perekonomian (Cervantes-Godoy dan Dewbre,

2010). Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya hasil pertanian adalah karena adanya hama serangga, seperti kutu daun yang dapat merusak tanaman dengan berbagai cara seperti memakan floem jaringan tanaman dan mengubah aliran nutrisinya, yang menyebabkan pertumbuhan terhambat dan penurunan reproduksi. Strategi alternatif berbasis hayati yang dapat diterapkan untuk mengelola populasi kutu daun, berdasarkan hasil penelitian analitis dan numerik, menunjukkan bahwa peningkatan populasi serangga pemangsa seperti kepik dapat memberikan manfaat dan mengurangi ketergantungan pada insektisida. Kumbang merupakan predator alami kutu daun di tanaman pertanian. Kumbang dewasa mampu memakan 15-65 kutu daun per hari. Hal Ini menjadikan kumbang sebagai agen pengendali hayati yang efektif untuk hama serangga di pertanian (Suandi *et al.*, 2023). Kasus diatas merupakan contoh interaksi predasi antara kumbang dan kutu. Tetapi dalam kasus lainnya juga disebutkan bahwa kutu dapat berinteraksi mutualisme dengan semut dalam melawan predator. Hal ini telah diteliti secara aktif oleh para ahli di bidang ekologi. Semut memanen nektar yang dikeluarkan oleh kutu daun dan kutu daun dilindungi oleh semut dari predator (Nakai *et al.*, 2020). Nielsen dalam Nakai *et al.* (2020) berpendapat bahwa nektar yang berlebihan juga merupakan kotoran kutu daun yang dapat merusak habitat kutu daun, sehingga konsumsi nektar oleh semut dapat bermanfaat bagi kutu daun karena mencegah kerusakan habitatnya.

Salah satu contoh persoalan yang relevan dengan situasi tersebut adalah pengendalian hama kutu *Toxoptera citricidus* terhadap tanaman jeruk *Citrus sinensis*. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerugian pertanian yang disebabkan oleh hama kutu *Toxoptera citricidus* dengan cara menghadirkan predatornya yaitu kumbang kepik *Cycloneda sanguinea*. Selain itu, hama kutu *Toxoptera citricidus* memiliki hubungan simbiosis mutualisme dengan semut *Camponotus punctulatus*. Semut ini melindungi hama kutu *Toxoptera citricidus* dari predator, serta sebagai imbalannya, mereka mendapatkan nektar yang dihasilkan oleh hama kutu *Toxoptera citricidus*. Hubungan mutualisme ini dapat memperumit upaya pengendalian hama, sehingga diperlukan strategi yang mempertimbangkan keberadaan semut tersebut untuk mencapai hasil yang lebih efektif (Diehl-Fleig dan

Diehl, 2018). Hermawan dalam Aufaniyah dan Abadi (2023) mengatakan bahwa pengendalian hayati dapat dipandang sebagai solusi terbaik untuk mengendalikan hama, yaitu dengan menyediakan makanan tambahan bagi pemangsa yang berada di sekitar habitat atau persembunyian mangsa. Keluarga kumbang coccinellidae seperti kumbang *C. sanguinea* selain memangsa keluarga kutu aphididae seperti kutu *T. citricidus,* juga pemakan nektar, polen, serta tanaman gulma seperti dandelion. Kumbang *C. sanguinea* juga dapat memangsa hama kutu aphididae kecil ketika kutu aphididae dewasa sulit didapatkan (Sarwar, 2016). Makanan tambahan dapat menjaga populasi pemangsa saat mangsa utama sulit didapat akibat adanya sifat anti pemangsa (Aufaniyah dan Abadi, 2023).

Interaksi antara mangsa dan pemangsa diatas dikenal dalam matematika sebagai model Lotka-Volterra. Pada model Lotka-Volterra (1926), waktu yang dibutuhkan pemangsa untuk berburu dan mencerna makanannya tidak diperhitungkan. Namun, dalam kenyataannya, interaksi antara mangsa dan pemangsa mempertimbangkan waktu untuk proses pemangsaan. Oleh sebab itu, model Lotka-Volterra dimodifikasi untuk memasukkan waktu predasi dan batasan konsumsi mangsa oleh pemangsa, yang dikenal sebagai fungsi respon seperti yang diusulkan oleh Deangelis *et al.* (1975). Dalam dinamika populasi, fungsi respon mengacu pada jumlah mangsa yang dimangsa per satuan waktu oleh pemangsa sebagai fungsi dari kepadatan mangsa (Mortoja *et al.*, 2018).

Banyak peneliti yang mengembangkan model Lotka-Volterra diantaranya seperti B. Prasad *et al.* (2013) mengusulkan model fungsi respon Beddington-DeAngelis dengan adanya tambahan makanan serta kualitas makanan pada pemangsa yang diasumsikan terkontrol secara konstan. Hasilnya mengindikasikan adanya kemungkinan koeksistensi yang stabil antar pemangsa dengan populasi mangsa yang rendah. Sementara itu, Aufaniyah dan Abadi (2023) mengadaptasi model yang diusulkan oleh B. Prasad *et al.*, (2013) dengan menambahkan adanya sifat anti predasi dari mangsa yang dapat menurunkan jumlah populasi pemangsa. Penyediaan makanan ekstra bagi pemangsa merupakan salah satu metode untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh perilaku anti-pemangsa pada mangsa. Dalam beberapa situasi, hama menggunakan strategi seperti pertahanan kelompok

dan perilaku anti-pemangsa untuk mengatasi tekanan dari pemangsa (Aufaniyah dan Abadi, 2023). Penelitian oleh K. Prasad dan Prasad (2019) menyatakan bahwa makanan tambahan adalah salah satu cara dalam mengurangi dampak negatif dari adanya perilaku anti pemangsa bagi para pemangsa.

Dari beberapa penelitian yang telah disebutkan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh penambahan simbiosis mutualisme dan anti predasi dalam upaya pengendalian hama. Prinsipnya, interaksi antara mangsa dan pemangsa merupakan faktor penting dalam regulasi populasi dan ekosistem secara keseluruhan. Namun, dengan tambahan elemen simbiosis mutualisme, kompleksitas hubungan ini dapat berubah secara signifikan. Studi terbaru menunjukkan bahwa keberadaan simbiosis mutualisme dapat mempengaruhi dinamika populasi mangsa dan pemangsa secara substansial. Sebagai contoh, penelitian oleh Banerjee *et al.*,(2020) menemukan bahwa tingkat kerja sama yang tinggi dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam sistem. Hal itu karena kerja sama yang tinggi dapat mengurangi kepadatan pemangsa, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi dinamika populasi secara keseluruhan.

Oleh karena itu, peneliti ingin memperluas model mangsa pemangsa dari penelitian – penelitian terdahulu dengan memasukkan 1 spesies mangsa baru yang bersimbiosis mutualisme dengan mangsa yang lainnya. Berdasarkan paparan diatas maka peneliti mengambil judul "Dinamika Interaksi Mangsa Pemangsa Dengan Fungsi Respon Holling Tipe II dan Simbiosis Mutualisme".

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan diatas dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana bentuk model matematika mangsa dan pemangsa dengan fungsi respon Holling tipe II dan adanya simbiosis mutualisme?
2. Bagaimana kestabilan titik ekuilibrium dari bentuk model matematika mangsa dan pemangsa dengan fungsi respon Holling tipe II dan adanya simbiosis mutualisme?

3. Bagaimana dinamika interaksi mangsa-pemangsa dan simbiosis mutualisme dengan simulasi *software* MATLAB?

1.3. Batasan Masalah

Dalam memastikan fokus yang jelas dan menghindari kebingungan dikarenakan cakupan yang luas dalam penelitian, peneliti memutuskan untuk membatasi ruang lingkup masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Populasi diasumsikan tertutup (tidak terjadi proses emigrasi dan imigrasi).
2. Tingkat pertumbuhan mangsa diasumsikan tumbuh secara logistik.
3. Banyaknya spesies yang dipertimbangkan dalam model ini ada sebanyak 3 (tiga) spesies, yaitu 2 (dua) mangsa dan 1 (satu) pemangsa
4. Adanya makanan tambahan dan kualitas makanan tambahan yang diberikan secara konstan kepada pemangsa.
5. Adanya waktu bagi pemangsa menangani mangsanya.
6. Salah satu mangsa diasumsikan memiliki sifat anti pemangsa.
7. Parameter diasumsikan konstan sepanjang waktu.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Merancang model matematika mangsa dan pemangsa dengan fungsi respon Holling tipe II dan adanya simbiosis mutualisme.
2. Menentukan titik ekuilibrium dan menganalisis kestabilan titik ekuilibrium dari bentuk model matematika mangsa dan pemangsa dengan fungsi respon Holling tipe II dan adanya simbiosis mutualisme.
3. Menganalisis dinamika interaksi antara mangsa dan pemangsa serta simbiosis mutualisme menggunakan simulasi software MATLAB.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut :

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 interaksi mangsa dan pemangsa dalam bidang ilmu ekologi dan masalah matematika yang terkait dengan penyelesaian permasalahan tersebut.

2. Bagi Pembaca

   Sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman tentang analisis model matematika terkait model mangsa dan pemangsa. Selain itu penelitian ini dapat menjadi landasan bagi penelitian lebih lanjut, membuka pintu bagi penelitian yang lebih mendalami tentang berbagai aspek dari mutualisme dalam interaksi mangsa pemangsa.

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
UNIMED
THE Character Building UNIVERSITY