

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Matematika merupakan ilmu pengetahuan yang diperoleh dengan bernalar dan melakukan pengamatan-pengamatan. Matematika juga merupakan salah satu disiplin ilmu yang dapat diterapkan pada disiplin ilmu lainnya seperti pada bidang biologi, kimia, dan fisika. Matematika yang seperti ini disebut dengan matematika terapan. Matematika terapan tidak bisa lepas dari pemodelan matematika. Pemodelan matematika yang mengandung parameter-parameter yang saling berhubungan dan terdapat suatu perubahan nilai pada variabel terhadap waktu disebut dengan sistem dinamik. Persamaan yang biasa digunakan pada sistem dinamik adalah persamaan diferensial. Dari suatu persamaan diferensial dapat ditentukan solusi equilibriumnya serta stabilitas dari solusi equilibrium tersebut. Parameter pada persamaan diferensial kadang juga mengalami perubahan yang akan berpengaruh pada keadaan solusi equilibrium dan stabilitasnya. Perubahan tersebut disebut dengan bifurkasi. Ada dua hal yang perlu diperhatikan dari bifurkasi yaitu perubahan stabilitas dan muncul atau hilangnya solusi equilibrium sehingga terdapat berbagai macam bifurkasi yang terjadi pada persamaan diferensial.

Ilmu matematika sering diterapkan pada bidang biologi seperti pada proses perubahan populasi ikan dari waktu ke waktu. Jumlah individu pada populasi ikan bisa bertambah ataupun berkurang. Populasi ikan akan bertambah karena adanya kelahiran. Sedangkan pengurangan populasi ikan dipengaruhi oleh banyak hal diantaranya kematian alami yang disebabkan oleh adanya interaksi antar individu seperti persaingan makanan dan ruang, *prey-predator* dan perubahan lingkungan. Pengaruh lainnya ialah adanya penangkapan dan kerusakan lingkungan. Salah satu hal yang dapat mempercepat pengurangan populasi ikan adalah penangkapan tanpa adanya suatu perencanaan dan perhitungan yang matang yang dapat menyebabkan *overfishing*. *Overfishing* atau penangkapan secara berlebih adalah laju penangkapan ikan yang melebihi laju kecepatan kemampuan sumberdaya ikan untuk melakukan pemulihan. Hal ini akan membuat populasi ikan berkurang sangat cepat bahkan menghilang pada suatu waktu tertentu.

Sebagai contoh, jurnal yang berjudul Konsep Pengelolaan Perikanan Tangkap Cakalang (*Katsuwonus Pelamis*) di Kawasan Teluk Bone dalam Perspektif Keberlanjutan. Dalam jurnal ini, Jamal (2014:199) menyatakan bahwa di Kabupaten Luwu (zona utara), Kabupaten Bone (zona tengah) dan Kabupaten Sinjai (zona selatan) produksi tertinggi Cakalang dicapai pada bulan Oktober sampai dengan Desember. Pada kisaran bulan ini terjadi *over exploited* sehingga nilai CPUE (*catch per unit effort*) semakin menurun dengan adanya penambahan upaya (trip). Demikian juga dengan nilai MSY (*maximum sustainable yield*) dan upaya optimum yang sudah terlampaui. Oleh karena itu perlu dilakukan penurunan tingkat eksploitasi yang sudah melebihi MSY dengan cara menurunkan tingkat upaya penangkapan dengan mempertimbangkan faktor kehati-hatian. Sesuai ketentuan dalam CCRF (*code of conduct responsible fisheries*) jumlah tangkapan total yang diperbolehkan adalah 80% dari MSY. Dengan adanya pembatasan tersebut diharapkan kontinuitas sumberdaya Cakalang pada waktu yang akan datang tetap terjaga.

Hal ini ditetapkan dalam Undang-Undang No.31/2004 juncto No. 45/2009 tentang perikanan yang menyatakan bahwa pengelolaan perikanan adalah semua upaya termasuk proses yang terintegrasi dalam pengumpulan informasi, analisis, perencanaan, konsultasi, pembuatan keputusan, alokasi sumberdaya ikan dan implementasi serta penegakan hukum dari peraturan perundang-undangan di bidang perikanan yang dilakukan oleh pemerintah atau otoritas lain yang diarahkan untuk mencapai kelangsungan produktivitas sumberdaya hayati perairan dan tujuan yang telah disepakati. Pengelolaan sumberdaya ikan keberlanjutan tidak melarang aktivitas penangkapan yang bersifat ekonomi atau komersil tetapi menganjurkan dengan persyaratan bahwa tingkat pemanfaatan tidak melampaui daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan.

Pertimbangan ekosistem juga dapat dimasukkan ke dalam manajemen perikanan dengan memodifikasi paradigma *overfishing* atau dengan mengembangkan pendekatan baru untuk menjelaskan struktur dan fungsi ekosistem dalam kaitannya dengan pemanenan. Jika berbasis ekosistem, konsep *overfishing* digunakan untuk mengambil peran yang lebih besar dalam manajemen, tindakan dan prediksi kondisi ekosistem. Hal ini dikemukakan oleh Murawski (2000:649) dalam jurnalnya yang berjudul *Definitions of Overfishing from an Ecosystem Perspective*. Dampak dari *overfishing* yang paling fatal adalah terjadinya pertikaian internasional. Seperti yang terjadi pada tahun 1999 pada jurnal yang berjudul *International Concern for The World's Fisheries: United Nations Efforts to Combat Overfishing and International Debate Over State Fishing Subsidies*. Penelitian yang dilakukan oleh Nelson (1999: 157) ini mengatakan bahwa Australia dan Selandia Baru meminta agar kapal tuna Jepang menghentikan kegiatan memancing secara total karena telah terjadi *overfishing*.

Contoh lainnya yaitu jurnal yang berjudul *Potensi Sumberdaya Perikanan dan Tingkat Eksploitasi (Kajian Terhadap Danau Pulau Besar dan Danau Bawah Zamrud Kabupaten Siak Provinsi Riau)*. Pada penelitian ini, Hendrik (2010:121) menyatakan bahwa jumlah produksi perikanan pada tahun 2010 sebesar 38.300 kg dengan MSY sebesar 43.148,24 kg/tahun. Artinya telah terjadi kelebihan tangkap (*overfishing*). Tingkat eksploitasi telah mencapai 89% dari MSY sehingga mengakibatkan penurunan produksi ikan.

Dari permasalahan di atas, perlu dibuat suatu model matematika *fishery* untuk mengendalikan perubahan populasi ikan agar tidak mengalami kepunahan pada tahun tahun berikutnya. Model matematika *fishery* terdiri atas dua jenis, yaitu tanpa adanya penangkapan dan dengan adanya penangkapan. Model ini akan dikombinasikan dengan model pertumbuhan logistik. Melalui model matematika tersebut dapat ditentukan persentase jumlah ikan yang boleh ditangkap agar pada masa yang akan datang tidak terjadi kepunahan. Dari model ini akan ditentukan pula solusi equilibrium dan stabilitasnya. Kestabilan inilah yang nantinya digunakan untuk memprediksi jumlah populasi ikan pada tahun tahun berikutnya setelah dilakukan penangkapan. Pada kasus perikanan diberikan parameter α yang didefinisikan sebagai tingkat kesulitan ikan untuk ditangkap yang akan digunakan untuk menentukan batasan jumlah ikan yang boleh ditangkap agar s yang didefinisikan sebagai kuota menangkap ikan dapat dicapai secara optimum dan tidak terjadi *overfishing*.

Pada kasus ini terdapat hubungan antara bifurkasi dan model matematika *fishery*. Bifurkasi digunakan untuk menganalisa pada parameter berapa terjadi perubahan kestabilan maupun muncul atau hilangnya solusi equilibrium. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa batasan kuota menangkap ikan yang optimum dengan tingkat kesulitan menangkap ikan yang telah ditentukan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, identifikasi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana terjadinya berbagai macam bifurkasi pada sistem tak linear.
2. Bagaimana peranan parameter α dan s yang masing masing didefinisikan sebagai tingkat kesulitan ikan untuk ditangkap dan persentase jumlah ikan yang ditangkap pada model matematika *fishery* untuk menentukan solusi equilibrium dan stabilitasnya.
3. Pada keadaan seperti apa kuota menangkap ikan dapat dicapai secara optimum dan tidak terjadi *overfishing*.

1.3. Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Hanya akan dibahas bifurkasi dengan satu dimensi yang meliputi bifurkasi *saddle-node*, bifurkasi transkritikal, bifurkasi superkritikal *pitchfork* dan bifurkasi subkritikal *pitchfork*.
2. Stabilitas solusi equilibrium hanya ditentukan dengan menggunakan derivatif pertama dari persamaan diferensial, trajektori dan analisis tanda melalui kurva \dot{x} versus x .
3. Dalam model matematika *fishery* hanya akan dibahas perubahan populasi ikan karena adanya faktor penangkapan.
4. Tidak adanya faktor lain yang mempengaruhi pengurangan populasi ikan selain factor penangkapan.
5. Jumlah individu yang lahir diasumsikan sama dengan jumlah individu yang mati.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah di atas, masalah yang akan dibahas pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana terjadinya berbagai macam bifurkasi pada sistem tak linear dimensi satu dan bagaimana pula pola grafis dari bifurkasi tersebut?
2. Bagaimana kestabilan solusi equilibrium pada model matematika *fishery* dengan adanya penangkapan?
3. Jenis bifurkasi satu dimensi apa saja yang terjadi pada model matematika *fishery* dan pada keadaan seperti apa kuota menangkap ikan dapat dicapai secara optimum?

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian mengenai bifurkasi satu dimensi dan model matematika *fishery* ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui terjadinya berbagai macam bifurkasi pada sistem tak linear dimensi satu yang meliputi bifurkasi *saddle-node*, bifurkasi transkritikal, bifurkasi superkritikal *pitchfork* dan bifurkasi subkritikal *pitchfork*.
2. Mengetahui kestabilan dari solusi setimbang pada model matematika *fishery* dengan adanya penangkapan.
3. Mengetahui jenis bifurkasi satu dimensi yang diterapkan pada model matematika *fishery* dan pada keadaan seperti apa kuota menangkap ikan dapat dicapai secara optimum.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan dan wawasan untuk penulis dan juga pembaca tentang konsep bifurkasi satu dimensi.
2. Memberikan sumbangsih dan motivasi kepada pihak-pihak yang ingin mengembangkan ilmu matematika pada cabang ilmu lainnya khususnya di perikanan dengan menganalisis model matematika *fishery*.

1.7. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan oleh penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan penulis adalah studi literatur, yaitu segala usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menghimpun informasi-informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang sedang diteliti dengan cara mempelajari beberapa buku, makalah, jurnal, hasil penelitian sebelumnya, atau tulisan-tulisan yang berkaitan dengan topik penelitian yang sedang dibahas oleh peneliti.

2. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan penulis pada penelitian ini diambil dari buku-buku teks dan jurnal-jurnal ilmiah. Sedangkan sumber utama yang digunakan penulis berasal dari buku *Introduction to Differential Equations* oleh Jeffrey R. Chasnov.

3. Teknik Pengumpulan data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan penulis dalam penelitian ini adalah dengan membaca sumber-sumber data yang relevan dengan penelitian yang dilakukan penulis. Dari sumber-sumber bahan tersebut kemudian dianalisis dan dirumuskan sebagai data penunjang di dalam penelitian.

4. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, diawali dengan mengumpulkan referensi-referensi mengenai bifurkasi satu dimensi. Selanjutnya peneliti memilih masalah pada dunia nyata yang dapat diselesaikan dengan menggunakan konsep bifurkasi satu dimensi. Masalah yang dipilih peneliti berupa masalah pada dunia perikanan dengan menerapkan pula model matematika *fishery* dengan adanya penangkapan. Model matematika yang dipilih dikombinasikan dengan model matematika logistik. Dalam hal ini, yang akan diteliti adalah perubahan kestabilan dari solusi setimbang pada kondisi atau parameter tertentu. Kestabilan tersebut

dicari dengan melakukan penghitungan numerik yang selanjutnya ditunjukkan dengan trajektori yang digambarkan pada aplikasi *Maple* dan ilustrasi grafis pada aplikasi *GeoGebra*. Ditunjukkan pula bifurkasi yang muncul pada analisis kestabilan dari solusi setimbang dalam model matematika *fishery* sederhana tersebut.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang masalah, identifikasi masalah, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis mengemukakan teori yang mendasari materi sebagai landasan melakukan penelitian. Landasan teori yang disajikan meliputi definisi-definisi serta konsep-konsep dasar yang berkaitan dengan bifurkasi dan model matematika *fishery* sederhana.

BAB III : PEMBAHASAN

Pada bab ini dijabarkan mengenai pembahasan dan hasil dari proses meneliti. Berdasarkan rumusan masalah yang diteliti, didapat hasil bagaimana konsep bifurkasi satu dimensi, model, kesetimbangan dan kestabilan model matematika *fishery* sederhana serta jenis bifurkasi yang diterapkan pada model tersebut.

BAB IV : PENUTUP

Pada bab ini penulis memaparkan kesimpulan yang diperoleh dari keseluruhan hasil pembahasan, serta saran-saran yang dapat penulis sampaikan kepada pihak yang terkait dengan bahasan penulisan penelitian ini.