

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki lebih dari 500 danau dengan luas keseluruhan lebih dari 5.000 km² atau sekitar 0,25% dari luas daratan Indonesia (Davies *et al.*, 1995), namun status kondisi sebagian besar danau tersebut akhir-akhir ini sudah sangat memprihatinkan. Pada saat ini fungsi dan manfaat danau dirasakan sudah semakin berkurang. Fenomena ini disebabkan oleh terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan perairan danau serta koordinasi antar sektoral dalam pengelolaannya yang sangat lemah atau hampir tidak ada sama sekali (Sumarwoto *et al.*, 2004).

Pencemaran yang terjadi di perairan danau, merupakan masalah penting yang perlu memperoleh perhatian dari berbagai pihak. Hal ini disebabkan beragamnya sumber bahan pencemar yang masuk dan terakumulasi di danau. Sumber-sumber bahan pencemar tersebut antara lain berasal dari kegiatan produktif dan non-produktif di *upland* (lahan atas), dari permukiman dan dari kegiatan yang berlangsung di badan perairan danau itu sendiri, dan sebagainya. Jenis bahan pencemar utama yang masuk ke perairan danau terdiri dari beberapa macam, antara lain limbah organik dan anorganik, residu pestisida, sedimen dan bahan-bahan lainnya.

Keberadaan bahan pencemar tersebut dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas perairan danau, sehingga tidak sesuai lagi dengan jenis peruntukannya sebagai sumber air baku air minum, perikanan, pariwisata dan sebagainya. Selain itu, pencemaran juga dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati, khususnya spesies endemik (asli) danau tersebut (Khosla *et al.*, 1995; Kumurur, 2002). Dampak negatif lain dari pencemaran perairan danau tidak hanya dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis dan ekologis berupa penurunan produktivitas hayati perairan, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan bahkan dapat menyebabkan kematian manusia yang memanfaatkan perairan danau untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Fakhrudin *et al.*, 2001).

Danau Maninjau merupakan salah satu danau terpenting di Sumatera Barat, tepatnya di Kabupaten Agam. Bagi masyarakat yang berdomisili di sekitar danau, danau merupakan sumber kehidupan dan penghidupan. Masyarakat

memanfaatkannya untuk memenuhi berbagai kebutuhan domestik seperti sumber air baku air minum, mandi, dan mencuci (MCK). Pemanfaatan penting lainnya adalah untuk perikanan (perikanan budidaya dan perikanan tangkap), sumber air untuk irigasi, sebagai obyek wisata serta sebagai sumber pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yang mengaliri sebagian besar kebutuhan listrik untuk wilayah Sumatera Barat.

Nilai penting lainnya dari keberadaan Danau Maninjau adalah adanya jenis ikan endemik, yakni ikan bada (*Rasbora argyrotaenia*) yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Bahkan ikan bada yang sudah dikeringkan ("ikan bada masiak") harganya mencapai Rp 120.000,- per kg (Diliarosta, 2002). Keberadaan ikan-ikan tersebut sudah semakin terancam akibat semakin meningkatnya beban pencemaran yang masuk ke badan air danau, sehingga menyebabkan kualitas perairan danau semakin menurun (Syandri, 2002a).

Meningkatnya beban pencemaran yang masuk ke perairan danau juga disebabkan oleh kebiasaan masyarakat yang berdomisili di sekitar danau. Umumnya masyarakat sekitar danau membuang limbah domestik, baik limbah cair maupun limbah padatnya langsung ke perairan danau (Fahkrudin *et al.*, 2001; Haryani, 2001). Hal ini akan memberikan tekanan terhadap ekosistem perairan danau.

Berbagai aktivitas penduduk yang ada di sempadan danau, seperti permukiman, perhotelan, pertanian dan peternakan merupakan sumber bahan pencemar yang masuk ke perairan danau. Kegiatan di badan perairan danau, berupa pembudidayaan ikan dengan teknik keramba jaring apung (KJA) juga merupakan sumber limbah yang potensial mencemari perairan danau. Bapedalda Sumbar (2001) melaporkan bahwa penyebab utama penurunan kualitas perairan Danau Maninjau adalah akibat dari kegiatan perikanan KJA yang sudah melampaui daya dukung perairan danau. Fakta lain juga mengungkapkan bahwa kualitas perairan Danau Maninjau cenderung terus menurun dari waktu ke waktu, akibat semakin tingginya tingkat pencemaran karena buangan limbah domestik dan pertanian (LPP UMJ, 2006).

Saat ini, kepedulian terhadap ekosistem perairan Danau Maninjau semakin kurang diperhatikan oleh hampir seluruh pengguna ekosistem perairan danau

tersebut. Prinsip-prinsip ekologis bahwa perairan danau memiliki *carrying capacity* (daya dukung) dan daya asimilasi terhadap limbah yang terbatas tidak dipahami oleh sebagian besar masyarakat pengguna danau. Seperti contoh pemanfaatan danau untuk kegiatan budidaya perikanan dengan teknik KJA selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sampai akhir tahun 2006, terdapat 8.955 unit KJA yang beroperasi di perairan Danau Maninjau. Jumlah ini sudah sangat melebihi daya dukung perairan danau untuk kegiatan KJA (Syandri, 2006). Hal ini akan memberikan tekanan terhadap perairan danau semakin meningkat.

Di satu sisi, pengembangan usaha budidaya ikan dalam KJA akan memberikan dampak positif berupa penciptaan lapangan kerja baru dan peningkatan pendapatan masyarakat setempat, namun di sisi lain usaha ini juga akan membawa dampak negatif terhadap ekosistem perairan danau. Dalam hal ini, kegiatan budidaya ikan dengan KJA secara langsung akan mempengaruhi (menurunkan) kualitas perairan danau (Bappeda Agam, 2002). Pengaruh tersebut diakibatkan oleh limbah pakan dan zat pemberantas hama perikanan. Bila konsentrasinya melebihi ambang batas, dapat mencemari dan meracuni biota di perairan danau tersebut. Kematian masal ikan dalam KJA sebanyak 950 ton yang terjadi pada tahun 1997 dan 2000 yang menelan kerugian milyaran rupiah, mengindikasikan telah terjadi penurunan kualitas perairan di Danau Maninjau (Syandri, 2002b).

Masuknya limbah pakan (*nutrien*) ke perairan danau dalam jumlah yang berlebih dapat menyebabkan perairan menjadi lewat subur, sehingga akan menstimulir *blooming* (ledakan) populasi fitoplankton dan mikroba air yang bersifat patogen. Limbah zat hara dan organik baik dalam bentuk terlarut maupun partikel, berasal dari pakan yang tidak dimakan dan ekskresi ikan, yang umumnya dikarakterisasi oleh peningkatan total padatan tersuspensi (TSS), BOD₅, COD, dan kandungan C, N dan P. Secara potensial penyebaran dampak buangan limbah yang kaya zat hara dan bahan organik tersebut dapat meningkatkan sedimentasi, siltasi, hipoksia, hipernutrifikasi, dan perubahan produktivitas serta struktur komunitas bentik (Barg, 1992).

Fenomena-fenomena tersebut menunjukkan bahwa pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau semakin mengkhawatirkan karena dapat

mengancam kelestarian fungsi danau. Hal ini merupakan masalah yang perlu segera ditangani secara serius agar tidak meluas dan semakin parah di kemudian hari.

Ekosistem danau merupakan suatu sistem, terdiri dari komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi dengan lingkungannya. Fenomena tentang penurunan kualitas perairan (pencemaran) yang terjadi di perairan Danau Maninjau, menunjukkan permasalahan yang kompleks dan sulit dipahami jika hanya menggunakan satu disiplin keilmuan. Konsep sistem yang berlandaskan pada unit keragaman dan selalu mencari keterpaduan antar komponen melalui pemahaman secara holistik (menyeluruh) dan utuh, merupakan suatu alternatif pendekatan baru dalam memahami dunia nyata (Forester, 1971). Pendekatan sistem merupakan cara penyelesaian persoalan yang dimulai dengan dilakukannya identifikasi terhadap sejumlah kebutuhan, sehingga dapat menghasilkan suatu operasi sistem yang efektif (Eriyatno, 2007). Oleh karena itu, kajian tentang pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau dapat dilakukan dengan pendekatan sistem dalam membangun model pengendalian pencemarannya dalam upaya mewujudkan perairan danau yang bersih dan lestari, sehingga pemanfaatan fungsi danau dapat berkesinambungan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah membangun model pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau; untuk mencapai tujuan tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan kegiatan-kegiatan:

1. Menganalisis kualitas perairan dan tingkat pencemaran perairan di Danau Maninjau
2. Membangun model yang menggambarkan sistem pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau
3. Merumuskan alternatif atau rancangan kebijakan pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau.

1.3. Kerangka Pemikiran

Permasalahan utama yang dihadapi oleh perairan lentik (tergenang), terutama danau dan waduk adalah masalah penurunan kualitas dan kuantitas

perairan. Permasalahan penurunan kualitas perairan umumnya disebabkan oleh adanya bahan pencemar baik organik maupun anorganik yang masuk ke badan perairan tersebut. Sementara itu, permasalahan kekurangan air disebabkan oleh terbatasnya presipitasi air dan penggunaan air yang berlebihan.

Danau Maninjau merupakan sumberdaya alam yang memberikan manfaat besar bagi masyarakat baik dari aspek ekonomi, sosial maupun dari aspek ekologi. Oleh karena itu, salah satu program penting pemerintahan Kabupaten Agam yang tertuang dalam Renstra dan Propeda Kabupaten Agam tahun 2005–2010 tentang pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan adalah menjadikan kawasan perairan danau sebagai kawasan yang bersih, sehat dan indah yang bebas dari pencemaran (Bappeda Agam, 2005).

Danau Maninjau mempunyai banyak potensi yang menunjang secara finansial, sehingga menyebabkan pertumbuhan penduduk dan pelayanan jasa di sekitar danau menjadi semakin meningkat. Perkembangan penduduk di sekitar perairan danau dengan berbagai aktivitasnya, merupakan sumber utama bahan pencemar (limbah) yang masuk ke perairan danau, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kualitas perairan danau.

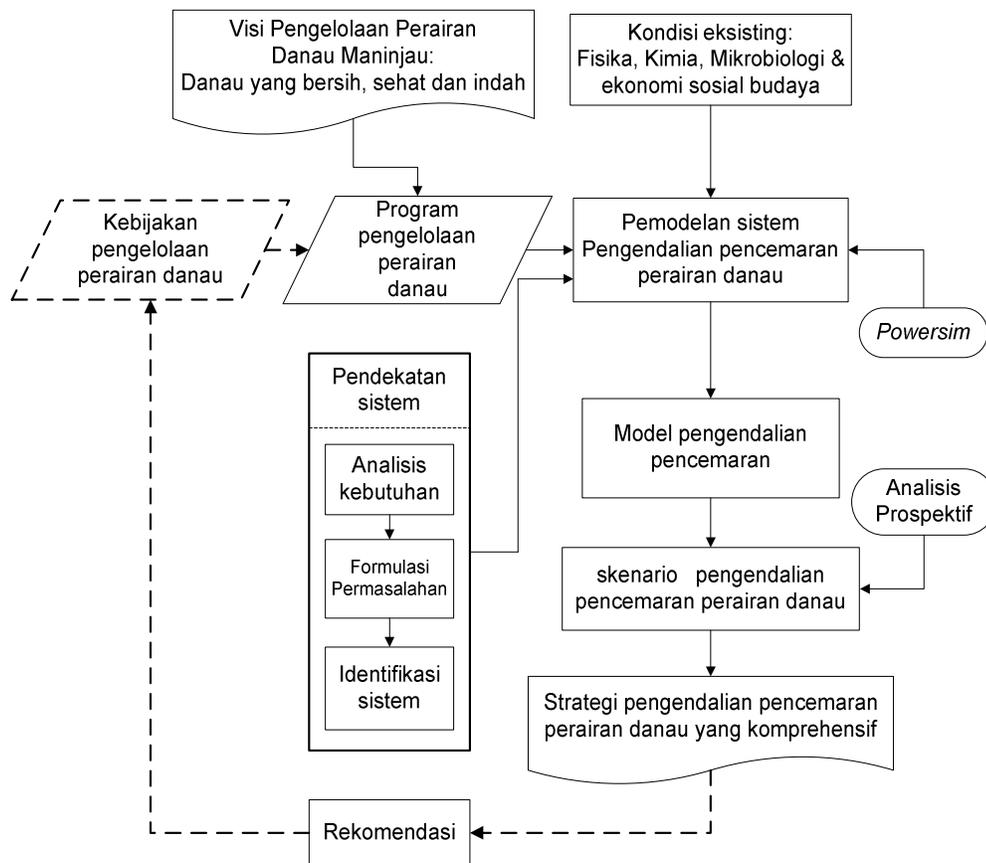
Pada kawasan perairan danau terdapat beberapa faktor lingkungan yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya, yaitu lingkungan permukiman, lingkungan pariwisata, lingkungan pertanian dan peternakan, serta lingkungan sosial ekonomi masyarakat baik berupa pasar, rumah sakit dan sarana sosial lainnya. Semua hasil buangan dari kegiatan di lingkungan tersebut akan bermuara ke perairan danau. Kenyataan yang ada dan langsung dapat dirasakan adalah turunnya fungsi lingkungan perairan danau sebagai sumber kehidupan masyarakat sehari-hari. Meskipun berbagai upaya penanggulangan pencemaran telah dilakukan oleh pemerintah, seperti program pengendalian pencemaran perairan secara biologi "ingkongbudo", program kalibersih (prokasih) dan program lainnya, namun pencemaran perairan tetap terjadi.

Upaya dalam menanggulangi makin menurunnya kualitas perairan danau akibat berbagai kegiatan masyarakat yang berada di sekitar perairan danau dan di badan air danau, perlu dilakukan suatu kajian model pengendalian yang menyentuh semua aspek kehidupan masyarakat di sekitar perairan danau sebagai

penghasil limbah. Menurut Jorgensen dan Vollenweider (1989), penggunaan pemodelan dalam pengelolaan danau atau waduk merupakan suatu hal yang bermanfaat. Hal ini disebabkan model dapat mensintesis pengetahuan dari sistem dan permasalahan yang ada.

Pendekatan studi untuk mewujudkan pengendalian pencemaran perairan danau yang holistik, memerlukan kajian yang mendalam mengenai permasalahan yang terdapat di perairan danau. Permasalahan tersebut berkaitan dengan potensi dan ancaman dalam pemanfaatan danau oleh masyarakat sekitar perairan danau. Potensi dan ancaman tersebut diidentifikasi baik secara fisika, kimia dan mikrobiologi maupun secara ekonomi-sosial dan budaya berdasarkan kebutuhan *stakeholder* (pelaku) yang terlibat dalam pemanfaatan perairan danau. Tahap selanjutnya adalah menyusun alternatif skenario model pengendalian pencemaran perairan danau dan akhirnya menyusun rancangan model pengendalian pencemaran di perairan danau yang komprehensif yang dapat mengakomodasi semua kepentingan pelaku.

Model pengendalian yang dibangun dilakukan dengan cara identifikasi secara mendalam tentang isu atau permasalahan yang terjadi di perairan danau serta membangun sistem dan kontrol untuk mencegah atau meminimisasi dampak atau kerugian lingkungan. Model pengendalian yang dibangun didasarkan pada beban limbah dari berbagai kegiatan di sekitar danau dan di badan air danau serta karakteristik dari danau itu sendiri. Model yang dibangun juga diharapkan sebagai dasar dalam memformulasi kebijakan oleh pengelola dan para pengambil keputusan dalam pemanfaatan dan pengelolaan pencemaran perairan danau. Secara skematis kerangka pemikiran penelitian pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau diilustrasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian.

1.4. Perumusan Masalah

Danau Maninjau, seperti halnya danau-danau di Indonesia pada umumnya juga mengalami masalah yang hampir sama yaitu masalah pencemaran perairan, penurunan kualitas perairan, penurunan debit air dan pendangkalan danau. Apabila tidak ada usaha-usaha pencegahan dan pengendalian dikhawatirkan pencemaran dan sedimentasi akan terus-menerus berlangsung, yang selanjutnya akan berpengaruh pada menurunnya nilai atau fungsi dari danau serta berdampak pada kelangsungan fungsi danau. Perubahan yang terjadi pada sumberdaya alam tersebut akan berdampak terhadap pemenuhan kebutuhan hidup penduduk setempat. Penurunan kualitas perairan danau juga dapat berdampak buruk terhadap kesehatan dan kesejahteraan masyarakat sekitar perairan danau pada khususnya dan masyarakat Sumatera Barat pada umumnya.

Pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau diduga berasal dari aliran (masukan) beban limbah dari kegiatan masyarakat yang berlangsung di

indogenous (badan air danau) dan di *exogenous* (luar danau). Limbah yang berasal dari kegiatan yang berlangsung di badan air bersumber dari kegiatan KJA. Beban limbah organik yang bersumber dari KJA berupa sisa pakan dan feses ikan dapat menurunkan kualitas perairan danau. Selain itu, penurunan kualitas perairan juga disebabkan oleh limbah yang berasal dari luar danau berupa limbah domestik, limbah dari kegiatan pertanian dan peternakan yang berada di sekitar perairan danau.

Penumpukan unsur hara hasil dekomposisi bahan organik yang berlebihan di perairan danau, akan menimbulkan permasalahan karena, unsur hara yang berlebihan akan menyebabkan perairan mengalami pengkayaan oleh unsur hara (eutrofikasi). Dekomposisi bahan organik yang berlebihan juga akan menyebabkan perairan mengalami kekurangan oksigen (anoxia). Proses dekomposisi tanpa adanya oksigen akan menyebabkan terbentuknya senyawa-senyawa toksik (beracun), sehingga berdampak buruk terhadap organisme akuatik dan manusia yang memanfaatkan perairan danau tersebut.

Pendangkalan yang terjadi di danau diduga dari erosi yang berasal dari daerah tangkapan air (DTA) dan sempadan danau. Erosi yang tinggi pada daerah tersebut akan terbawa oleh aliran sungai yang pada akhirnya akan mengendap sebagai sedimen di dasar danau. Akumulasi dari erosi yang terjadi terus-menerus akan mengarah pada terjadinya pendangkalan danau, penurunan kuantitas dan kualitas air serta dapat merusak habitat di badan perairan danau. Oleh karena itu diperlukan upaya-upaya pengendalian sumber pencemaran yang masuk ke perairan danau melalui pendekatan kesisteman dan kebijakan yang dapat diterima oleh berbagai pihak.

Menurut Jorgensen (1989), penggunaan model sangat cocok untuk memecahkan permasalahan lingkungan yang kompleks. Jorgensen (1994) juga mengemukakan bahwa penggunaan model dalam permasalahan ekologi adalah suatu keharusan jika ingin memahami tentang fungsi sistem yang kompleks seperti dalam ekosistem. Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut terlihat bahwa ada keterkaitan fungsi danau dengan dampak dari pencemaran yang terjadi di perairan danau. Oleh karena itu, maka dalam konteks

pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau, diajukan beberapa pertanyaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana kualitas perairan dan tingkat pencemaran perairan di Danau Maninjau?
2. Model seperti apa yang dapat menggambarkan sistem pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau?
3. Bagaimana skenario strategi pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau?

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak, terutama :

1. Bagi pemerintah daerah, informasi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan atau acuan dalam memformulasi kebijakan dalam pengendalian pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau.
2. Bagi masyarakat sebagai informasi dalam pemanfaatan dan pelestarian sumberdaya perairan Danau Maninjau.
3. Sebagai sumber informasi untuk pengembangan ilmu pengetahuan dalam menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan perairan, khususnya di Danau Maninjau.

1.6. Novelty (Kebaruan) Penelitian

Penelitian-penelitian yang dilakukan di perairan Danau Maninjau selama ini masih bersifat sporadik dan bersifat parsial, sedangkan dalam penelitian ini sifat dasarnya adalah bersandarkan pada metode pendekatan sistem dengan mengintegrasikan secara menyeluruh kepentingan para pelaku yang terlibat dalam sistem pengendalian pencemaran. Metode ini digunakan sebagai tolok ukur dalam merancang atau membangun pemodelannya. Oleh karena itu, kebaruan utama dalam penelitian ini terdapat pada konsep penggunaan model dalam pengendalian pencemaran perairan danau yang dibangun dengan pendekatan sistem untuk memecahkan isu global yang terkait dengan degradasi lingkungan perairan.