

EVALUASI PENGENDALIAN PENCEMARAN DI PERAIRAN DANAU LAUT TAWAR DI KABUPATEN ACEH TENGAH

Ridwan Iriadi ^a, Etty Riani ^b, Bambang Pramudya N. ^c dan Achmad Fahrudin ^d

^a *Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan-IPB*

^b *Departemen Manajemen Sumberdaya Perikanan-IPB*

^c *Departemen Teknik Mesin dan Biosistem-IPB*

^d *Departemen Manajemen Sumberdaya Perikanan-IPB*

E-mail : ridwan_iriadi@yahoo.com

Diterima: 3 Maret 2015, Disetujui: 1 Juni 2015

ABSTRAK

Kualitas perairan danau di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami penurunan salah satunya Danau Laut Tawar. Penurunan kualitas perairan Danau Laut Tawar disebabkan oleh bahan pencemar yang bersumber dari aktivitas masyarakat di daerah tangkapan air danau secara multidimensi. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar. Evaluasi status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan dilakukan dengan metode Rapid Appraisal for Fisheries (Rapfish) berbasis Multi Dimensional Scaling (MDS) terhadap lima dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Indeks keberlanjutan multidimensi pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar yakni sekitar 40.45%, artinya status kurang berlanjut. Hal ini disebabkan oleh pencemaran perairan danau yang terus terjadi tanpa didukung upaya pengendalian pencemaran yang memadai, khususnya terhadap aktivitas masyarakat di daerah tangkapan air danau. Atribut pengungkit yang berpengaruh sangat besar terhadap pengendalian pencemaran perairan danau yakni: jumlah penduduk di sekitar danau, potensi nilai ekonomi KJA, partisipasi masyarakat dalam pengelolaan danau, teknik pemberian pakan ikan dan penegakan hukum lingkungan.

Kata kunci : Danau Laut Tawar, pencemaran, indeks keberlanjutan, atribut pengungkit.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF LAUT TAWAR LAKE POLLUTION CONTROL IN ACEH TENGAH DISTRICT. *The quality of lake water in Indonesia is deteriorating year by year; one of the case is in LautTawar Lake. The reduction of LautTawar Lake water quality is caused by pollutants from multidimensional activities of society surrounding the lake. The purpose of this study is to evaluate the sustainability status of LautTawar Lake pollution control. The evaluation was conducted by using Multi Dimensional Scaling based Rapid Appraisal For Fisheries (Rapfish) method consisted of five dimensions. The results showed that the multidimensional sustainability index of Laut Tawar Lake water pollution control is 40.45%, means that the status is less continuous. It is caused by continuous pollution flow without any effort of controlling the society activities around the lake area. The most leverage attributes towards the lake water pollution control are the population around the lake, potential of the cage culture economic value, society participation in the lake management, fish-feeding technique, and the environmental law enforcement.*

Keywords: Laut Tawar Lake, pollution, sustainability index, leverage attribute.

PENDAHULUAN

Danau Laut Tawar merupakan salah satu danau di Indonesia yang berada di Kabupaten Aceh Tengah. Secara geografis Danau Laut Tawar berada pada posisi 04° 34'43" LU dan 96°55'25" BT (Husna *et al.* 2012). Luas permukaan perairan Danau Laut Tawar sebesar ±5,742.10 Ha dan melayani ±64,147 jiwa (Husna *et al.* 2012; BPS Kab. Aceh Tengah 2014).

Danau ini tidak luput dari permasalahan penurunan kualitas perairan. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran terutama parameter lingkungan COD = 90.29 mg/l, DO = 3.31 mg/l, nitrit-N = 0.07 mg/l, timbal = 0.30 mg/l, fosfat = 0.21 mg/l dan *coliform* 2,400 APN/100 ml di beberapa stasiun perairan danau (BLHKP Kab. Aceh Tengah 2012). Nilai kecerahan perairan danau berkisar antara 273.33-385.93 cm atau dengan kisaran kategori oligotrofik sampai mesotrofik (Husnah *et al.* 2013; WHO 1992). Berdasarkan nilai rata-rata produktivitas primer alga yakni 11.08 g C/m²/tahun (<100 g C/m²/tahun), artinya status tropik perairan danau digolongkan sebagai oligotrofik. Namun berdasarkan nilai *trix index* (krolofil, oksigen terlarut, fosfor dan nitrogen) menunjukkan skor sebesar 5.0, artinya dengan kategori mesotrofik (produktivitas primer dan biomassa sedang) (Husnah 2012; Effendi 2003).

Kualitas perairan danau yang semakin menurun akibat terjadinya pencemaran, akan mengganggu kehidupan banyak spesies di perairan termasuk jenis endemik. Pencemaran dapat menyebabkan kematian tiba-tiba pada ikan dan eutrofikasi di perairan, bahkan pencemaran limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) selain mengakibatkan kerusakan pada berbagai organ tubuh ikan sehingga tidak layak konsumsi, juga mengakibatkan kecacatan pada larva hewan air (Riani *et al.* 2014; Riani 2015). Salah satu spesies endemik Danau Laut Tawar yang terancam punah dengan populasi yang menurun secara drastis dalam dua dekade terakhir adalah ikan depik (*Rasbora tawarensis*) (Muchlisin

et al. 2011). Jumlah produksi perikanan tangkap ikan depik di Danau Laut Tawar per tahunnya terus mengalami penurunan. Pada tahun 2007 hasil tangkapan ikan depik mencapai 18.4 ton, tahun 2008 mencapai 15.0 ton, tahun 2009 mencapai 14.8 ton, tahun 2010 mencapai 14.6 ton dan tahun 2011 hanya mencapai 8.6 ton (Disnakkab. Aceh Tengah 2012).

Kualitas perairan yang baik mencerminkan status mutu air yang baik, begitu juga sebaliknya. Status mutu air Danau Laut Tawar berkisar antara kelas A sampai D atau memenuhi baku mutu air sampai cemar berat di beberapa stasiun perairan danau (BLHKP Kab. Aceh Tengah 2012).

Penanganan masalah pencemaran danau oleh pemerintah daerah masih terbatas pada upaya pemantauan. Belum terlihat adanya upaya strategis, seperti pengelolaan limbah di daerah permukiman, penegakan hukum lingkungan, optimalisasi partisipasi masyarakat dalam pengelolaan danau, pembatasan penggunaan pupuk dan herbisida, pengendalian pakan ikan di KJA dan lain sebagainya. Pengelolaan danau yang dilakukan saat ini belum dilaksanakan secara terpadu dan lebih ditekankan kepada kegiatan sektoral. Hal ini menyebabkan permasalahan pencemaran bukan menjadi isu utama Satuan Kerja Perangkat Kabupaten (SKPK).

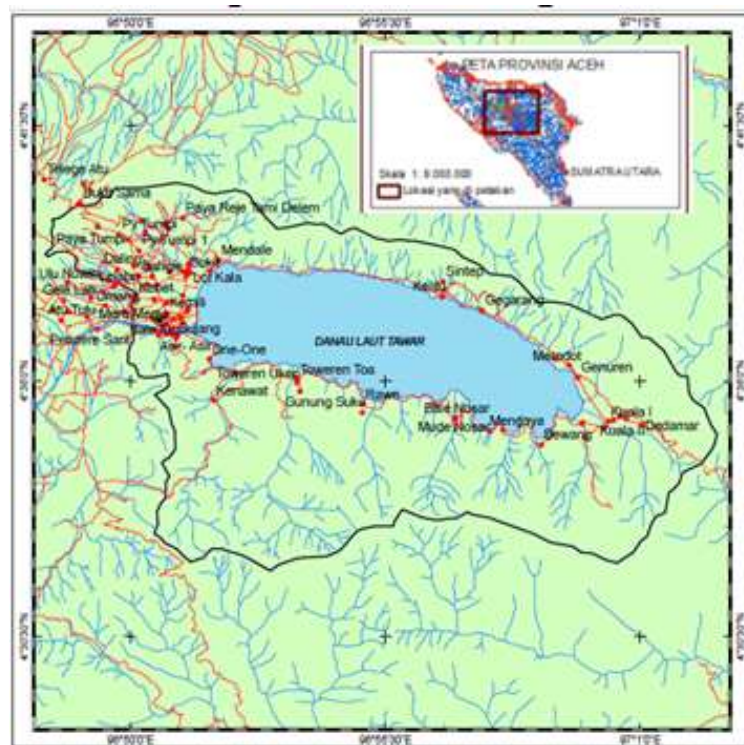
Evaluasi status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau harus memperhatikan aspek ekologi, ekonomi, sosial, teknologi dan kelembagaan. Berangkat dari sebuah pandangan bahwa danau merupakan sebuah ekosistem yang dipengaruhi oleh banyak komponen dalam proses pencemaran yang terjadi. Pencemaran di danau merupakan masalah yang kompleks dan setiap komponen dapat mempengaruhi satu dengan lainnya, sehingga penanganannya tidak dapat dilakukan secara parsial. Berkaitan dengan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar di Kabupaten Aceh Tengah melalui dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi dan kelembagaan.

METODE

Penelitian dilaksanakan di daerah tangkapan air Danau Laut Tawar selama tujuh bulan mulai Bulan Juni s/d Desember 2014 (Gambar 1). Daerah tangkapan air danau memiliki tipe iklim B dengan curah hujan berkisar antara 2.603-3.725 mm/tahun dan secara administratif berada pada wilayah Kecamatan Lut Tawar, Kebayakan, Bintang dan Bebesen di Kabupaten Aceh Tengah (BPKP Kab. Aceh Tengah 2014; BPS Kab. Aceh Tengah 2014). Danau Laut Tawar memiliki aliran masuk (*inlet*) sebanyak 17 sungai dan anak sungai dengan besar debit air masuk bervariasi antara 0,04– 1,44 m³/detik dengan debit total sebesar 9,41m³/detik (Husnah *et al.* 2013). Danau ini memiliki satu aliran keluar (*outlet*) yakni Sungai Peusangan dengan debit aliran sebesar 29,02 m³/detik.

petani kopi dan KJA, pedagang ikan, wisatawan dan pengelola tempat wisata serta tokoh masyarakat sebagai tambahan informasi dalam menganalisis atribut pada setiap dimensi. Data sekunder bersumber dari lembaga terkait yang berada di Kabupaten Aceh Tengah. Lembaga terkait dimaksud yakni, Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Tengah, Badan Lingkungan Hidup, Kebersihan dan Pertamanan, Dinas Peternakan dan Perikanan, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Dinas Kesehatan, Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan, Dinas Kebudayaan Pariwisata, Pemuda dan Olah Raga serta hasil penelitian Danau Laut Tawar terdahulu.

Analisis indeks dan status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar dilakukan melalui metode *Rapid Appraisal for Water*



Gambar 1. Lokasi penelitian (sumber peta: Kholik 2014)

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari pengamatan langsung di lokasi penelitian serta hasil wawancara dengan pakar terpilih, sedangkan data sekunder berupa data pendukung terkait lima dimensi keberlanjutan. Wawancara juga dilakukan dengan responden lainnya yakni;

Pollution Control (Rap-WAPOLCO) berbasis *Multi Dimensional Scaling* (MDS). Rap-WAPOLCO merupakan modifikasi dari *Rapid Appraisal for Fisheries* (Rapfish). Rapfish pertama kali dikembangkan untuk mengukur status keberlanjutan perikanan, namun secara prinsip dapat dikembangkan untuk mengukur aktivitas lain dengan

modifikasi dimensi dan atribut (Fauzi 2013). Atribut dari dimensi Rappfish dapat dimodifikasi atau dikembangkan sedemikian rupa melalui penetapan atribut baru, seperti tingkat kesuburan perairan, luas KJA, ketersediaan fasilitas wisata dan banyak lagi atribut lainnya sehingga berkesesuaian dengan tujuan penelitian. Hasim *et al.* (2011) memodifikasi atribut Rappfish sehingga menggunakan istilah Rap-LAKE dalam analisis keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto Provinsi Gorontalo. *Multi Dimensional Scaling* pada dasarnya adalah teknik statistik yang mencoba melakukan transformasi multi dimensi ke dalam dimensi yang lebih rendah (Fauzi & Anna 2002).

Atribut setiap dimensi dan kriteria baik atau buruk mengikuti konsep Rappfish. Skor maksimum atribut, yakni 3 untuk kondisi baik (*good*), 0 berarti buruk (*bad*) dan di antara 0-3 untuk keadaan di antara baik dan buruk. Skor yang diperoleh dari penilaian pakar, dipilih berdasarkan skala penilaian *modus*, artinya pemilihan skor ditentukan berdasarkan pendapat pakar terbanyak.

Hasil skor yang telah teragregasi dari hasil wawancara dengan pakar terpilih serta data sekunder pada setiap atribut, dianalisis dengan MDS untuk menentukan titik yang mencerminkan posisi keberlanjutan terhadap dua titik acuan yaitu titik baik (*good*) dan titik buruk (*bad*). Indeks perkiraan setiap dimensi dinyatakan dengan skala terburuk (*bad*) 0 % sampai dengan yang terbaik (*good*) 100 %. Kategori indeks setiap dimensi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori indeks keberlanjutan

No	Nilai Indeks Keberlanjutan	Kategori
1.	0,00 – 25,00	Buruk
2.	25,01 – 50,00	Kurang
3.	50,01 – 75,00	Cukup
5.	75,01 – 100,00	Baik

Sumber : Hasim *et al.* (2011); Adriman *et al.* (2012)

Metode Rappfish memungkinkan untuk melakukan analisis *Leverage* dalam menentukan atribut pengungkit dari setiap dimensi. Atribut pengungkit merupakan atribut yang keberadaannya berpengaruh

sensitif terhadap peningkatan atau penurunan status keberlanjutan. Atribut pengungkit ditentukan berdasarkan nilai *Root Mean Square* (RMS) di tengah sampai tertinggi dari output *leverage* (Adriman *et al.* 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada referensi yang digunakan, ditetapkan lima dimensi dan atribut-atributnya di dalam analisis status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar. Kelima dimensi dan atribut-atribut tersebut antara lain; dimensi ekologi terdiri atas atribut; (1) tingkat kesuburan perairan, (2) frekuensi penggunaan pupuk organik, (3) luas lahan Keramba Jaring Apung (KJA), (4) jumlah penduduk di sekitar danau, (5) jumlah kunjungan wisata, (6) luas lahan pertanian, (7) jumlah rumah tangga penduduk tanpa jamban dan (8) kegiatan konservasi. Dimensi ekonomi terdiri atas atribut; 1) kontribusi budidaya perikanan terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD), (2) pemasaran perikanan, (3) potensi nilai ekonomi KJA, (4) potensi nilai ekonomi permukiman, (5) potensi nilai ekonomi pertanian, (6) potensi nilai ekonomi wisata, (7) ketergantungan penduduk terhadap ikan tawar dan (8) ketersediaan fasilitas wisata. Dimensi sosial terdiri atas atribut; (1) penyuluhan kelestarian danau, (2) pengetahuan dan kearifan lokal, (3) fasilitas sosial, (4) konflik pemanfaatan lahan di sempadan danau, (5) pertumbuhan penduduk, (6) partisipasi masyarakat dalam

pengelolaan danau, (7) pola hubungan masyarakat atau struktur sosial dan (8) tingkat ketergantungan masyarakat terhadap sumberdaya air danau. Dimensi teknologi terdiri atas atribut; (1) teknologi pertanian

ramah lingkungan, (2) Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL), (3) sistem pengendalian erosi, (4) teknik pemberian pakan ikan, (5) sarana pemantauan kualitas air, (6) frekuensi transportasi perairan danau, (7) ketersediaan infrastruktur pertanian /irigasi dan (8) teknik penangkapan ikan. Dimensi kelembagaan terdiri atas atribut; (1) koordinasi antar lembaga, (2) partisipasi lembaga lokal, (3) sosialisasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), (4) penegakan hukum lingkungan, (5) rezim pemanfaatan sempadan danau untuk tempat wisata, (6) hukum adat, (7) ketersediaan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Danau Laut Tawar dan (8) rezim pemanfaatan perairan danau.

Dimensi dan atribut yang telah ditetapkan tersebut, di nilai berdasarkan data sekunder serta masukan dari pakar terpilih yang terdiri dari tiga orang akademisi dan enam orang dari kalangan birokrasi. Hasil *rap analysis* terhadap lima dimensi disajikan pada uraian di bawah ini.

Dimensi Ekologi

Hasil *Rap analysis* menunjukkan bahwa keberlanjutan dimensi ekologi berada di urutan kedua dengan indeks keberlanjutan sebesar 46,56% atau pada kategori kurang berkelanjutan. Nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi masih dapat ditingkatkan melalui atribut pengungkit. Berdasarkan hasil analisis *Leverage* pada dimensi ekologi, diperoleh empat atribut pengungkit yang mempengaruhi status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau, yakni jumlah penduduk di sekitar danau, jumlah kunjungan wisatawan, luas lahan KJA dan luas lahan pertanian.

Jumlah penduduk di sekitar danau dan wisatawan yang berkunjung dengan berbagai aktivitasnya, akan menghasilkan limbah sebagai penyebab pencemaran perairan. Limbah tersebut dapat berupa bahan organik maupun non organik. Besar bahan organik di perairan dapat diketahui dari nilai pengujian BOD dan COD. Khususnya parameter COD, sebagian perairan danau telah tercemar dengan konsentrasi di atas 10 mg/l (BLHKPKab. Aceh Tengah 2012).

Budidaya ikan nila (*Oreochromis nilotica*) menjadi primadona bagi petani KJA di perairan Danau Laut Tawar. Jumlah petani Keramba Jaring Apung (KJA) sebanyak 76 Rumah Tangga Perikanan (RTP) terdiri dari 262 petak. Luas KJA di perairan danau sebesar 0.31 Ha dengan laju peningkatan sebesar 4,74 % periode 2009-2013 (BPS Kab. Aceh Tengah 2014). Petani menggunakan pakan ikan berupa *pellet* yang bermerk F999 untuk umur ikan 0-1 bulan, Bintang 888 untuk umur 1-3 bulan dan Bintang 888-2-S-4 untuk umur 3-6 bulan. Bintang 888 memiliki komposisi kadar protein 20 % dan Bintang 888-2-S-4 berkadar protein 30 %. Pada Waduk Gajah Mungkur *pellet* yang digunakan petani bermerk CP 788 dengan kandungan gizi berupa; protein 26-28%, lemak 3-5%, serat 4-6%, abu 5-8% dan kadar air 11-13% (Pujiastuti *et al.* 2013). Pakan ikan yang ditabur ke dalam petak KJA mengandung nitrogen sebesar 4.86% dan fosfor sebesar 0.26% (Nastiti *et al.* 2001 dalam Marganof 2007). Pakan ikan yang mengandung N dan P tersebut, sebagian akan dimakan ikan dan sebagian lainnya termasuk feses ikan merupakan sumber pencemaran bagi perairan danau.

Lahan pertanian meliputi lahan perkebunan dan sawah. Luas lahan perkebunan di sekitar danau yakni 10.205 Ha atau sebesar 21,43% sedangkan sawah yakni 2.318 Ha atau sebesar 4,87% (BPS Kab. Aceh Tengah 2014). Luas lahan pertanian di daerah tangkapan air danau menurun sebesar 0,64% (BPS Kab. Aceh Tengah 2014). Penurunan luas lahan pertanian disebabkan oleh penurunan luas sawah yang di konversi menjadi areal permukiman dan tempat usaha. Hal ini mengisyaratkan bahwa atribut lahan pertanian berpengaruh terhadap peningkatan status keberlanjutan. Limbah pertanian dapat berupa sisa-sisa tanaman, pupuk (kandang, urea, NPK, ZA dan lain-lain) serta pestisida yang masuk ke perairan danau (Sastrawijaya 2000).

Dimensi Ekonomi

Berdasarkan hasil analisis, indeks keberlanjutan dimensi ekonomi sebesar

38,54% atau pada kategori kurang berkelanjutan. Besaran persentase tersebut menempatkan keberlanjutan dimensi ekonomi berada di urutan ke empat.

Berdasarkan hasil analisis *Leverage* dari dimensi ekonomi, diperoleh empat atribut pengungkit yang berpengaruh dominan terhadap keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan, yakni potensi nilai ekonomi KJA, potensi nilai ekonomi pertanian, potensi nilai ekonomi permukiman dan pemasaran perikanan.

Potensi nilai ekonomi KJA, pertanian dan permukiman biasanya memiliki hubungan positif terhadap beban limbah pencemaran. Artinya semakin besar nilai ekonomi suatu aktivitas masyarakat, maka semakin besar kemungkinan pencemaran di perairan. Namun apabila dilakukan pengendalian terhadap aktivitas masyarakat melalui penerapan teknologi, maka pencemaran di perairan dapat diminimalisasi. Penerapan teknologi tersebut, yakni berupa penempatan sarana pengelolaan limbah di areal permukiman, penerapan pertanian organik serta penataan areal KJA dan metode pemberian pakan yang tepat.

Jumlah produksi ikan nila dari KJA di Danau Laut Tawar sebesar 238,89 ton/tahun dengan peningkatan per tahun sebesar 29,19% (BPS Kab. Aceh Tengah 2014). Pemasaran hasil perikanan khususnya KJA di Kabupaten Aceh Tengah, masih terbatas pada pemenuhan kebutuhan lokal. Berdasarkan hasil survey, kebutuhan ikan di Kabupaten Aceh Tengah mencapai 4-6 ton/hari atau setara 1.440-2.160 ton/tahun. Dari nilai tersebut, 5 ton/hari merupakan jenis ikan laut yang berasal dari Kabupaten Bireuen, Aceh Utara, Lhokseumawe, Aceh Timur dan Langsa, sedangkan sisanya 1 ton/hari merupakan ikan lokal yang berasal dari Danau Laut Tawar. Kebutuhan ikan lokal di Kabupaten Aceh Tengah berkisar antara 0,55-2.78 ton/hari atau setara 200-1.000 ton/tahun. Dengan kata lain, penyediaan ikan oleh petani KJA sebesar 238,89 ton/tahun dan nelayan perikanan tangkap sebesar 173 ton/tahun, belum mencukupi permintaan pasar lokal di Kabupaten Aceh Tengah. Disamping itu

pasar lokal cenderung akan lebih peduli atas keberlanjutan sumberdaya perikanan (Hartono *et al.* 2005). Berdasarkan hal tersebut, atribut pemasaran perikanan berpengaruh terhadap peningkatan status keberlanjutan.

Dimensi Sosial

Hasil analisis menunjukkan bahwa indeks keberlanjutan dimensi sosial sebesar 28,34% atau pada kategori kurang berkelanjutan. Dimensi sosial berada di urutan ke lima atas keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar sehingga perlu ditangani secara serius. Berdasarkan hasil analisis *Leverage* pada dimensi sosial, terdapat enam atribut pengungkit yang berpengaruh sensitif terhadap status keberlanjutan. Atribut tersebut diantaranya; partisipasi masyarakat dalam pengelolaan danau, konflik pemanfaatan lahan di sempadan danau, pertumbuhan penduduk, pengetahuan dan kearifan lokal, fasilitas sosial serta pola hubungan masyarakat atau struktur sosial.

Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan danau mutlak diperlukan. Keterlibatan masyarakat dalam rangka pengelolaan danau dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau. Partisipasi masyarakat dapat berupa ide, pendapat, tenaga, harta benda dan lain sebagainya. Pemerintah daerah harus memberikan kesempatan yang sama dan seluas-luasnya kepada masyarakat untuk berperan dalam pengelolaan danau. Dengan demikian pemerintah daerah harus menyediakan wadah atau fasilitas sosial agar masyarakat dapat memberikan informasi atau pendapat dalam rangka pengelolaan danau.

Pengelolaan danau selain memiliki makna pengendalian juga pemanfaatan, termasuk pemanfaatan lahan di sempadan danau. Pemanfaatan lahan di sempadan Danau Laut Tawar oleh masyarakat sering menimbulkan konflik. Pertentangan terjadi antara masyarakat dengan pemerintah maupun antar masyarakat. Sebagian besar sempadan danau merupakan lahan milik masyarakat. Hal ini menyebabkan sulitnya pengendalian pemanfaatan sempadan danau

oleh pemerintah daerah, sehingga tidak jarang ditemukan pada sempadan danau bangunan rumah, ruko, hotel, restoran maupun tempat wisata. Konflik antar masyarakat biasanya lebih disebabkan masalah sanitasi limbah dan tata batas lahan. Terjadinya konflik pemanfaatan lahan di sempadan danau memberikan indikasi bahwa terjadinya konflik dapat menurunkan keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau.

Peningkatan pemanfaatan lahan di sempadan danau erat kaitannya dengan pertumbuhan penduduk. Semakin tinggi pertumbuhan penduduk maka peluang pemanfaatan sempadan danau untuk areal permukiman dan unit usaha lainnya juga semakin tinggi. Laju pertumbuhan penduduk di daerah tangkapan air danau lebih tinggi (1,63%) daripada laju pertumbuhan penduduk nasional (1,49%) (BPS Kab. Aceh Tengah 2014). Semakin tinggi laju pertumbuhan penduduk, maka jumlah limbah yang masuk ke perairan danau dari aktivitas penduduk juga semakin tinggi.

Penduduk yang berdomisili di daerah tangkapan air danau harus memiliki kapasitas atau pengetahuan dan kearifan lokal tentang pengelolaan lingkungan. Salah satu cara dalam rangka peningkatan pengetahuan tersebut melalui pendidikan formal dan penyuluhan. Hal ini berbeda dengan kearifan lokal yang biasanya telah ada dan dijalankan secara turun temurun. Penduduk di Kabupaten Aceh Tengah mayoritas bersuku Gayo. Di kalangan masyarakat Gayo dikenal dengan "Sarakopat". Menurut Syukri (2006) Sarakopat merupakan lembaga adat yang berfungsi sebagai pengontrol, keamanan, kerukunan dan ketertiban masyarakat. Terkait dengan pengendalian pencemaran perairan danau, Sarakopat dapat berperan di dalam penyelesaian konflik pemanfaatan sempadan danau, pengendalian teknik penangkapan ikan tidak ramah lingkungan dan menjaga kebersihan danau. Selama ini, Sarakopat tidak berjalan efektif sebagaimana mestinya khususnya terkait pengendalian pencemaran perairan danau.

Pola hubungan masyarakat Gayo menganut sistem *patrilineal*, artinya suatu adat masyarakat yang mengatur garis keturunan berasal dari pihak bapak. Pola hubungan kekerabatan ini berpengaruh terhadap interaksi antar masyarakat. Kehidupan masyarakat Gayo di daerah pergunungan sangat memperhatikan hubungan garis keturunan. Pada saat tertentu, pola hubungan kekerabatan dapat menghambat pelaksanaan kebijakan khususnya pengendalian pencemaran perairan danau. Penerapan kebijakan dapat berjalan lambat karena aparaturnya menjadi tidak tegas dan tidak bersifat objektif akibat pola hubungan kekerabatan tersebut.

Dimensi Teknologi

Dimensi teknologi menempati urutan pertama dengan indeks keberlanjutan sebesar 47,44% atau pada kategori kurang berkelanjutan. Berdasarkan hasil analisis *Leverage* pada dimensi teknologi, diperoleh dua atribut pengungkit yang berpengaruh besar untuk meningkatkan status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau, yakni teknik pemberian pakan ikan dan sistem pengendalian erosi.

Ikan merupakan salah satu sumber protein yang dibutuhkan oleh masyarakat. Di Kawasan perkotaan Kabupaten Aceh Tengah, ikan dari Danau Laut Tawar bersumber dari perikanan tangkap dan budidaya. Khususnya perikanan budidaya melalui sistem keramba jaring apung dengan produksi ikan nila sebesar 238,39 ton/tahun. Keramba jaring apung terhampar seluas $\pm 0,31$ Ha di perairan danau. Petani ikan menerapkan teknik pemberian pakan secara *adlibitum* atau kenyang. Penerapan teknik *adlibitum* dinilai kurang tepat, selain pemberian dosis pakan yang tidak akurat atau berlebih juga secara bersamaan berpotensi menjadi penyebab pencemaran perairan danau.

Disamping pakan ikan, erosi tanah juga dapat menjadi penyebab terjadinya pencemaran perairan danau. Erosi dapat disebabkan oleh air hujan. Air hujan berpotensi mengangkut tanah permukaan di

sekitar perairan danau dan masuk ke perairan danau. Hal ini menyebabkan air danau menjadi keruh dan dangkal akibat sendimen. Air limpasan juga berpotensi untuk membawa residu atau sisa-sisa tanaman dan hewan serta bahan kimia sebagai akibat aktivitas pertanian. Erosi dapat diminimalisasi dengan teknik konservasi lahan secara vegetatif. Metode konservasi vegetatif dilakukan dengan menanam berbagai jenis tanaman penutup tanah di sekitar danau.

Dimensi Kelembagaan

Hasil analisis MDS menunjukkan indeks keberlanjutan dimensi kelembagaan sebesar 42,36% atau pada kategori kurang berkelanjutan. Dimensi ini berada di urutan ketiga atas keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau. Berdasarkan hasil analisis *Leverage* pada dimensi kelembagaan diperoleh satu atribut pengungkit yang berpengaruh besar terhadap keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau, yakni penegakan hukum lingkungan.

Penegakan hukum lingkungan perlu menjadi prioritas dalam rangka keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau. Pemerintah telah menyediakan payung hukum terhadap penegakan hukum lingkungan yakni Undang-undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Namun ketersediaan payung hukum ini belum sepenuhnya diterapkan di lapangan. Danau yang semakin tercemar merupakan bukti bahwa penegakan hukum lingkungan belum sepenuhnya berjalan. Penegakan hukum lingkungan harus diterapkan sehingga memiliki efek jera kepada oknum yang menyebabkan kerusakan danau.

Berdasarkan hasil analisis *leverage* terhadap lima dimensi yakni ekologi, ekonomi, sosial, teknologi dan kelembagaan, diperoleh tujuh belas atribut pengungkit yang mempengaruhi status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar. Faktor pengungkit tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Atribut pengungkit keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan danau

Dimensi	Atribut	RMS
I. Ekologi	1 Jumlah penduduk di sekitar danau	16,34
	2 Jumlah kunjungan wisata	15,19
	3 Luas lahan KJA	13,35
	4 Luas lahan pertanian	12,79
II. Ekonomi	1 Potensi nilai ekonomi KJA	7,14
	2 Potensi nilai ekonomi pertanian	7,01
	3 Potensi nilai ekonomi pemukiman	4,83
	4 Pemasaran perikanan	4,29
III. Sosial	Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan danau	5,23
	2 Konflik pemanfaatan lahan di sempadan danau	4,85
	3 Pertumbuhan penduduk	4,53
	4 Pengetahuan dan kearifan lokal	4,43
	5 Fasilitas sosial	4,11
	6 Pola hubungan masyarakat atau struktur sosial	3,08
IV. Teknologi	1 Teknik pemberian pakan ikan	5,14
	2 Sistem pengendalian erosi	4,69
V. Kelembagaan	1 Penegakan hukum lingkungan	4,40

Keterangan : RMS = *root mean square*

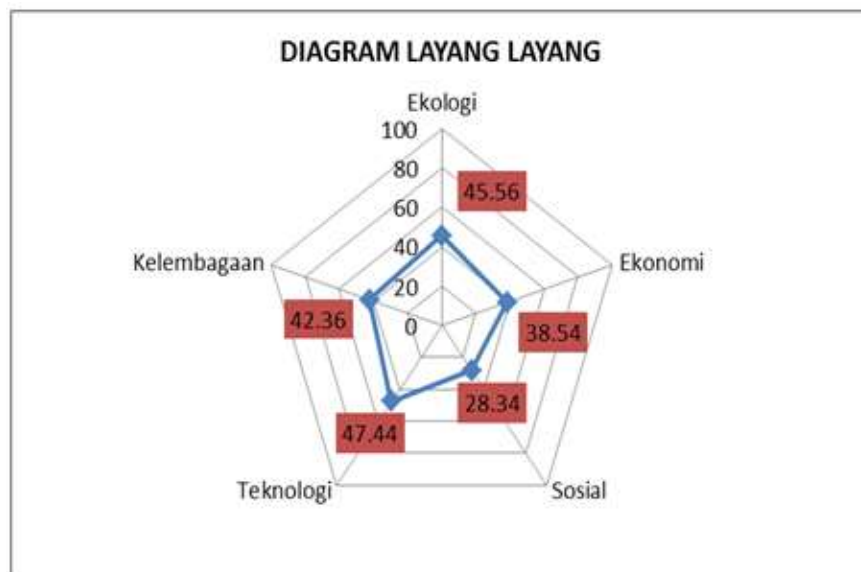
Analisis Indeks Status Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Perairan Danau Laut Tawar

Hasil analisis Rap-WAPOLCO multidimensi menunjukkan bahwa keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar diperoleh indeks keberlanjutan sebesar 40,45% atau pada kategori kurang berkelanjutan. Tingkat keberlanjutan dari setiap dimensi, tertinggi dimensi teknologi sebesar 47,44 % dan terendah dimensi sosial sebesar 28,34 %. Indeks keberlanjutan setiap dimensi dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil analisis Monte Carlo pada tingkat kepercayaan 95% untuk masing-masing dimensi dan gabungan lima dimensi dibandingkan dengan hasil MDS memiliki selisih yang relatif kecil. Hal tersebut menunjukkan hasil perhitungan MDS dapat mencerminkan nilai yang sebenarnya. Hasil selisih Monte Carlo dan MDS pada analisis keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar relatif kecil

berkisar antara $0,42 \pm 0,35$. Hasil analisis Monte Carlo dan MDS untuk nilai indeks keberlanjutan multidimensi dan masing-masing dimensi dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai *stress* pada masing-masing dimensi cukup rendah, yaitu memiliki nilai berkisar antara $0,14 \pm 0,004$ atau lebih kecil dari 0,25. Hal ini menunjukkan bahwa ketepatan konfigurasi titik-titik dalam MDS dapat mempresentasikan keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar yang baik (Fauzi & Anna 2005). Makin kecil nilai *stress* berarti makin besar representatif jarak dapat dipertahankan pada analisis ordinasi dalam ruang yang diperkecil atau hasil analisis makin dapat dipercaya. Namun demikian Rappfish menggunakan kriteria $\leq 25\%$ untuk dapat menerima hasil analisis MDS. Nilai koefisien determinasi (R^2) berkisar antara $0,94 \pm 0,008$. Hal ini menunjukkan bahwa atribut-atribut yang digunakan dalam analisis ini dapat merepresentasikan 94 % dari keragaman yang ada dalam



Gambar 2. Ilustrasi indeks keberlanjutan setiap dimensi

Tabel 3. Nilai indeks keberlanjutan mutidimensi pada selang kepercayaan 95%

Indek Status Keberlanjutan	MDS	Monte Carlo	Perbedaan
Multidimensi	40,45	40,73	0,42
Dimensi Ekologi	45,56	45,49	0,07
Dimensi Ekonomi	38,54	38,76	0,22
Dimensi Sosial	28,34	29,27	0,93
Dimensi Teknologi	47,44	47,18	0,26
Dimensi Kelembagaan	42,36	42,96	0,60

keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar. Ini menunjukkan ketepatan model yang dibangun dalam setiap dimensi cukup representatif. Hasil analisis cukup memadai apabila nilai *stress* lebih kecil dari nilai 0,25 (25%) dan nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati nilai 1,0. Hasil analisis *stress* dan koefisien determinasi disajikan pada Tabel 4.

pemberian pakan ikan dan sistem pengendalian erosi dan (5) dimensi kelembagaan berupa; penegakan hukum lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Aceh Tengah atas dukungan biaya penelitian.

Tabel 4. Hasil analisis nilai *stress* dan koefisien determinasi (R^2)

Parameter	A	B	C	D	E
Stress	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15
R^2	0,93	0,94	0,95	0,95	0,94

Ket. : A=dimensi ekologi, B=dimensi ekonomi, C=dimensi sosial, D=dimensi teknologi, E=dimensi kelembagaan

KESIMPULAN

Hasil kajian ini memperlihatkan sistem pengendalian limbah di kawasan Danau Laut Tawar kurang berkelanjutan, diindikasikan dengan nilai indeks keberlanjutan multidimensi pengendalian pencemaran 40,45. Upaya peningkatan kinerja pengendalian pencemaran tersebut dapat mempertimbangkan tujuh belas atribut pengungkit yang berpengaruh terhadap status keberlanjutan pengendalian pencemaran perairan Danau Laut Tawar yang tersebar di lima dimensi, yakni (1) dimensi ekologi berupa; jumlah penduduk di sekitar danau, jumlah kunjungan wisatawan, luas lahan KJA dan luas lahan pertanian, (2) dimensi ekonomi berupa; potensi nilai ekonomi KJA, potensi nilai ekonomi pertanian, potensi nilai ekonomi permukiman dan pemasaran perikanan, (3) dimensi sosial berupa; partisipasi masyarakat dalam pengelolaan danau, konflik pemanfaatan lahan di sempadan danau, pertumbuhan penduduk, pengetahuan dan kearifan lokal, fasilitas sosial serta pola hubungan masyarakat atau struktur sosial, (4) dimensi teknologi berupa; teknik

DAFTAR PUSTAKA

- Adriman, Purbayanto A, Budiharso S, Damar A., 2012. Analisis Keberlanjutan Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang di Kawasan Konservasi Laut Daerah Bintan Timur Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 17(1):1-15.
- [BLHKP Kab. Aceh Tengah] Badan Lingkungan Hidup, Kebersihan dan Pertamanan. 2012. *Dampak Aktivitas Anthropogenic Terhadap Kualitas Air Danau, Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen, Habitat Pemijahan Ikan Depik, Biodiversitas Makrozoobenthos dan Serangga serta Kondisi Sosial Ekonomi Nelayan Danau Laut Tawar, Takengon, Aceh Tengah*. Takengon (ID): BLHKP Kab. Aceh Tengah.
- [BPKP Kab. Aceh Tengah] Badan Penyuluhan dan Ketahanan Pangan. 2014 *Rekapitulasi Data Curah Hujan*. Takengon (ID):BPKP Kab. Aceh Tengah.

- [BPS Kab. Aceh Tengah] Badan Pusat Statistik. 2014. *Aceh Tengah Dalam Angka*. Takengon (ID): BPS Kab. Aceh Tengah.
- [Disnakkab Kab. Aceh Tengah] Dinas Peternakan dan Perikanan. 2012. *Data Publikasi Perikanan*. Takengon (ID): Disnakkab Kab. Aceh Tengah.
- Effendi H., 2003. *Telaahan Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Fauzi A., 2013. *Penilaian Keberlanjutan dengan Rappfish/MDS : Panduan Singkat*. Bogor (ID): Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan FEM IPB.
- Fauzi A, Anna S., 2002. *Evaluasi Status Keberlanjutan Pembangunan Perikanan : Aplikasi dan Pendekatan Rappfish (Studi Kasus Perairan Pesisir DKI Jakarta)*. *Jurnal Pesisir dan Lautan*. 4(3):43-55.
- Fauzi A. 2006. *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Hartono TT, Kodiran T, Iqbal MA, Koeshendrajana S., 2005. *Pengembangan Teknik Rapid Appraisal for Fisheries (RAPFISH) untuk Indikator Kinerja Perikanan Tangkap Berkelanjutan di Indonesia*. *Buletin Ekonomi Perikanan*. 1(6):65-76.
- Hasim, Sapei A, Budiharsono S, Wardiatno Y. 2011. *Analisis Keberlanjutan Pengelolaan Danau Limboto Provinsi Gorontalo*. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*. 6(2):71-79.
- Husnah. 2012. *Aplikasi Trix Index Dalam Penentuan Status Trofik di Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah Provinsi Aceh*. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012*. Palembang (ID): Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum.
- Husnah, Fahmi Z, Said A, Marini M, Apriyadi, Juniarto RS, Rusma, Mersi, Rosidi. 2012. *Potensi Produksi dan Karakteristik Sumberdaya Ikan di Krueng Peusangan Provinsi Aceh*. *Laporan Akhir*. Palembang (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan.
- Husnah, Koeshenrajana, Hufiadi, Fahmi Z, Marini M, Apriyadi, Juniarto RS, Rusmaniar. 2013. *Kapasitas Penangkapan Jaring Insang dan Karakteristik Sumberdaya Ikan di Danau Laut Tawar Provinsi Aceh*. *Laporan Akhir*. Palembang (ID): Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum.
- [Kemen LH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2008. *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau*. Jakarta (ID): Kemen LH.
- Kholik A., 2014. *Analisis Perubahan Tutupan Lahan dan Tekanan Penduduk pada Kawasan Hutan Lindung Daerah Tangkapan Air Danau Laut Tawar [tesis]*. Banda Aceh (ID): Universitas Syiah Kuala.
- Marganof. 2007. *Model Pengendalian Pencemaran Perairan di Danau Maninjau Sumatera Barat [disertasi]*. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Pujiastuti P, Ismail B, Pranoto. 2013. *Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur*. *Jurnal EKOSAINS*. 5(1):59-75.
- Riani E, Sudarso Y, Cardova MR., 2014. *Heavy Metals Effect on Unviable Larvae of Dicrotendipes Simpsoni (Diptera : Chironomidae), a Case Study From Saguling Dam, Indonesia*. *Aquacultur, Aquarium, Conservation and Legislation (AACL) international Journal of The Bioflux Society*. 2(7):76-84.
- Riani E., 2015. *The Effect of Heavy Metals on Tissue Damage in Different Organs of Goldfish Cultivated in Floating Fish Net in Cirata Reservoir, Indonesia*. *PARIPEX, Indian Journal of Research*. 4 (2): 54-58
- Sastrawijaya AT., 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta (ID): Reneka Cipta.

Syukri. 2006. *Sarakopat : Sistem Pemerintahan Tanah Gayo dan Relevansinya terhadap Pelaksanaan Otonomi Daerah*. Jakarta (ID):Hijri Pustaka Utama.

[WHO] World Health Organization. 1992. *Water Quality Assessment-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London (GB):Cambridge University Press.