

MITIGASI DANAU EUTROFIK : STUDI KASUS DANAU RAWAPENING

Tri Retnaningsih Soeprobowati

*Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro
trsoeprobowati@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Danau Rawapening merupakan 1 dari 15 danau prioritas nasional 2010-2014 dengan problem utama eutrofikasi dan sedimentasi. Berdasarkan laju sedimentasi, maka diprediksi Danau Rawapening akan menjadi daratan pada tahun 2021. Berkaitan dengan fungsi utamanya untuk PLTA, irigasi, perikanan darat dan wisata, maka mitigasi kerusakan lingkungan Danau Rawapening harus segera dilakukan. Tahun 2011, Kementerian Lingkungan Hidup mencanangkan Gerakan Penyelamatan Danau (Germadan) Rawapening pada Konferensi Nasional Danau Indonesia II (September 2011). Germadan Rawapening terdiri dari 6 program superprioritas dan 11 program prioritas. Program tersebut dikembangkan melalui 3 konsep pendekatan, yaitu aplikasi sains dan teknologi untuk remediasi badan air, pengembangan kelembagaan untuk peningkatan pengelolaan danau dan pemberdayaan masyarakat dalam konservasi lingkungan. Guna mengembangkan mitigasi kerusakan danau, maka kajian ini dilakukan dengan studi kasus Danau Rawapening. Penanganan blooming eceng gondok yang merupakan program superprioritas ke 1 harus dilakukan integrasi secara mekanik dan biologi. Pemanenan masal dan serentak merupakan upaya pertama yang harus dilakukan. Guna menjaga kestabilan ekosistem, maka eceng gondok disisakan maksimal 20% dan dilokalisir di bagian tepi danau sebagai sabuk hijau, sehingga aspek ekologis, ekonomis, dan sosial kemasyarakatan masih tetap terjaga. Bersamaan dengan hal tersebut, maka program ke 3 harus dilakukan, yaitu membuat kolam penampungan air di tiap inlet sungai ke danau untuk penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfor sebelum masuk ke danau. Penurunan konsentrasi nutrien, akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan tumbuhan air.

Key words: mitigasi, Germadan, Danau Rawapening, pengelolaan danau

ABSTRACT

Rawapening Lake is 1 out of 15 national priority lake of 2010-2014 with the main problem of eutrophication and sedimentation. Based on the sedimentation rate, it was predicted that in the year of 2012 Rawapening Lake will full of sediment. Regarding to its function for hydroelectricity power, agricultural irrigation, fisheries and tourism, the mitigation is a must to be done urgently. In the 2011 second KNDI (National Conference of Indonesia Lake), The Ministry of Environment stated Gerakan Penyelamatan Danau (Germadan) Rawapening. Germadan was developed by 3 approach concept of science and technology application for for water body remediation; institutional improvement for lake management; and community involvement for lake conservation. This study had been done to develop lake mitigation, case study of Rawapening Lake. The main superpriority program for water hyacinth blooming had to be integrated of mechanical and biological approach. Mass harvesting all at once had to be implemented, localised maximum of 20% water hyacinth for green belt in the lake edge. This may maintaince for ecological, economical and social life. At the same time, the 3th program of lake impoundment in the 16 inlet have to be built to reduce nitrogen and phosphorous concentration enter to the lake. The reduction of nutrient concentration will decrease aquatic plant growth.

Keywords: mitigation, Germadan, Rawapening Lake, lake management

PENDAHULUAN

Kelestarian lingkungan hidup (termasuk ekosistem perairan) merupakan salah satu hal yang menjadi target dalam MDGs (*Millenium Developing Goals*). Dalam MDGs Indonesia mentargetkan pada tahun 2015 50% masyarakat terlayani air bersih, namun saat ini yang terlayani air bersih baru 15%. Hal ini berkaitan dengan penurunan kualitas air perairan darat Indonesia hingga 50% akibat limbah industri dan rumah tangga yang terus bertambah. Perairan tawar Indonesia dalam ancaman serius dan krisis yang terjadi sudah sangat nyata, diindikasikan oleh pencemaran yang semakin tinggi, sampah domestik, kematian ikan, eutrofikasi, *blooming algae*, pendangkalan danau dan kerusakan badan air. Hal tersebut merupakan akibat dari rusaknya daerah aliran sungai, tingginya laju deforestasi, serta perusakan lingkungan (Haryani, 2010). Oleh karena itu sangat diperlukan upaya pengendalian, dan pengelolaan yang tepat sasaran sehingga fungsinya dapat terus terjaga.

Eutrofikasi adalah pengkayaan perairan terutama oleh unsur nitrogen dan fosfor sehingga menyebabkan pertumbuhan tidak terkontrol dari algae maupun tumbuhan air (Scholten, *et al.*, 2005). Sumber nitrogen dan fosfor terutama berasal dari pupuk pertanian, perikanan, dan limbah rumah tangga.

Danau Rawapening merupakan reservoir alami dan landmark Jawa Tengah (Bappeda Prov Jateng, 2005), merupakan bagian dari wilayah strategis Jratunseluna (Permen PU Nomor 11A/PRT/M/2006), dan merupakan danau paling kecil diantara 15 danau prioritas nasional 2010-2014 dengan luas 2.670 Ha (KLH, 2010), namun memiliki fungsi sangat penting untuk PLTA, pengendali banjir, sumber air baku air minum, irigasi, perikanan dan pariwisata. KLH pada tahun 2011 mencangang Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Rawapening dalam Konferensi Nasional Dsanau Indonesia II (Semarang, September 2011). 4 hal tersebut merupakan nilai strategis Danau Rawapening sehingga sangat diperlukan upaya konservasinya.

Laju sedimentasi Danau Rawapening 778,93 ton/tahun, sehingga sejak tahun 1976 hingga 1999 terjadi penurunan volume air 29,34%, diprediksi pada tahun 2021 Danau Rawapening akan menjadi daratan (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000). Berdasarkan kandungan Total Fosfor Danau Rawa Pening dalam kondisi mesotropik, tapi berdasarkan kandungan Total Nitrogen dan kecerahan perairan yang kurang dari 2 meter termasuk dalam kondisi eutrofik. Hal ini ditunjukkan oleh dominannya

Aulacoseira granulata dan *Melosira varians* (Soeprobawati & Suedy, 2010). Kandungan nitrogen dan fosfor Danau Rawapening fluktuatif dan ada kecenderungan kenaikan sejak tahun 1970an berkaitan dengan intensifikasi pertanian (Soeprobawati *et al.*, 2012).

Dampak eutrofikasi yang sangat nyata adalah *blooming* eceng gondok, yang dari tahun ke tahun menunjukkan kecenderungan kenaikan persentasi penutupannya ke danau. Upaya pengelolaan telah dilakukan hampir setiap tahun, namun degradasi kualitas airnya semakin menurun.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka penelitian ini dilakukan guna mendapatkan solusi alternatif mitigasi danau eutrofik, khususnya danau Rawapening.

BAHAN DAN METODE

Dalam penelitian ini data dikelompokkan menjadi 2, yaitu data primer dan sekunder. Data primer meliputi data kualitas air, jumlah karamba jaring apung dan jaring tancap. Data primer tersebut diperoleh dari penelitian yang dilakukan, sedangkan data sekunder merupakan data tambahan yang merupakan pendukung data primer. Data sekunder terdiri atas peta, *land use*, curah hujan dan publikasi Rawapening yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Penelitian ini dilakukan mulai tahun 2008 dengan pengambilan sampel air dari Danau Rawapening, dan pemanfaatan data monitoring kualitas air Danau Rawapening yang tersedia di Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah.

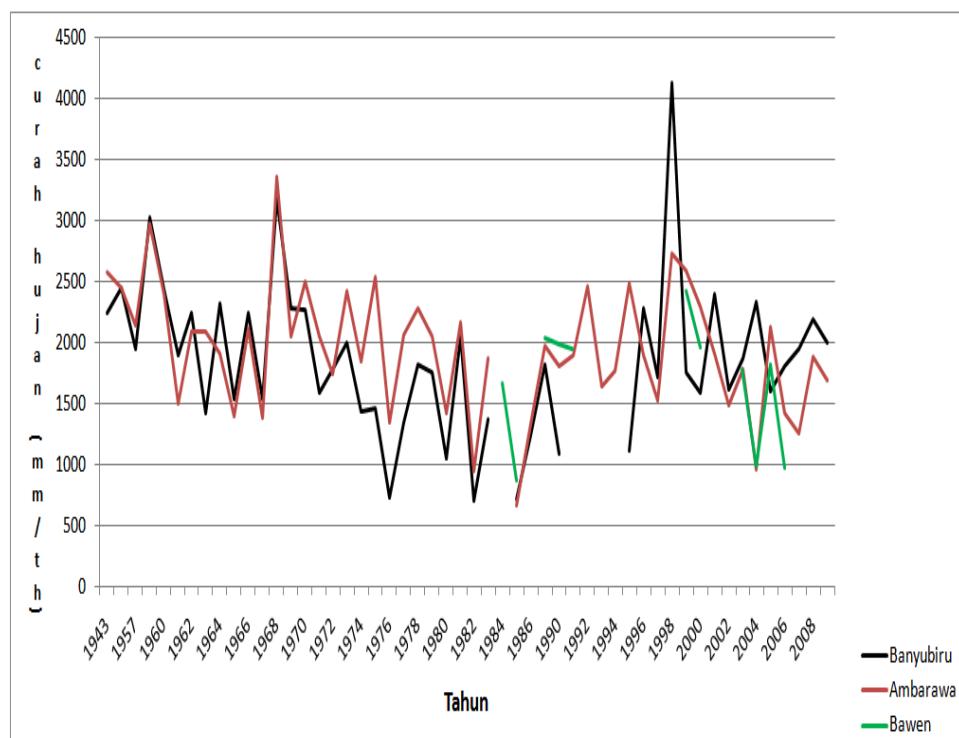
HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, iklim di wilayah Rawapening dapat dikategorikan sebagai daerah beriklim tropis basah (*humid tropical climate*) karena termasuk tipe Af sampai Am dari klasifikasi iklim Koppen, sedangkan dalam klasifikasi iklim Schmidt Ferguson termasuk dalam klasifikasi iklim C- D. Jika di klasifikasikan, maka daerah sekitar Ambarawa atau sekitar wilayah Rawapening dapat dikategorikan sebagai, hutan munson.

Berdasarkan rekonstruksi yang telah dilakukan, kondisi eutrofik Danau Rawapening sudah terjadi sejak tahun 1967, perairan kaya akan bahan organik (Soeprobawati *et al.*, 2012). Sangat dimungkinkan kondisi eutrofik tersebut sudah

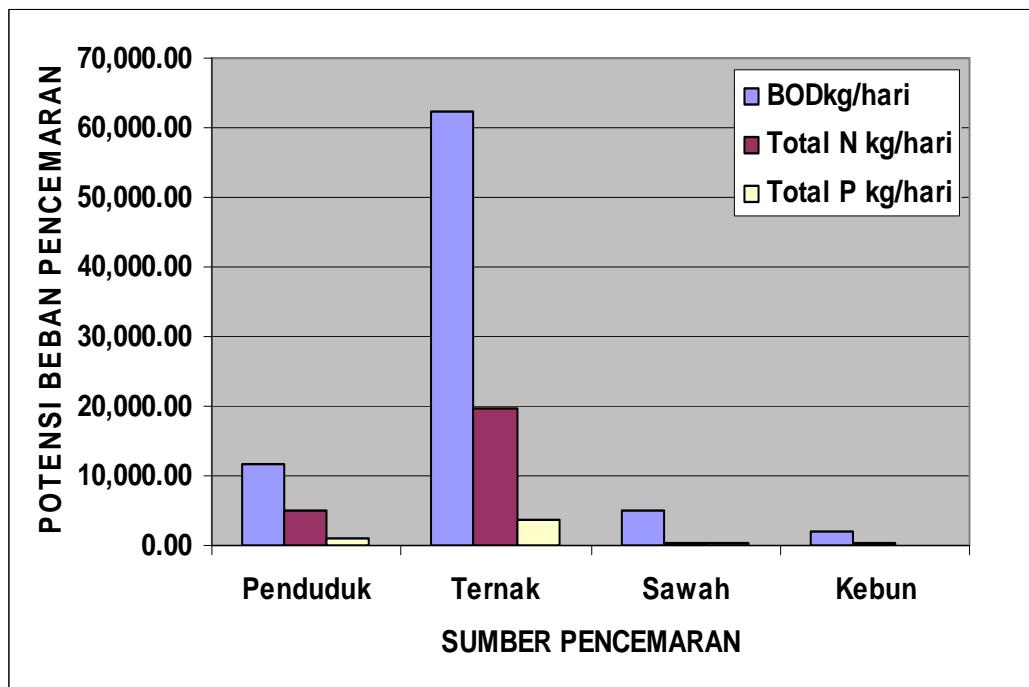
terjadi sebelumnya, namun tidak terakam dalam sampel yang diperoleh pada penelitian tahun 2008 paling tebal 63 cm.

Berdasarkan data curah hujan sejak tahun 1943, maka pada tahun 1958, 1969, dan 1997 curah hujan lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya. Antara tahun 1968 – 1996 curah hujan relatif stabil (kurang dari 2.500 mm/tahun; Gambar 1). Kondisi ini menyebabkan laju akumulasi yang lebih tinggi pada danau, sehingga konsentrasi nitrogen dan fosfor semakin meningkat.



Gambar 1. Curah hujan/tahun di setasian Banyubiru, Ambarawa dan Bawen tahun 1943 – 2009 (Sumber BMG)

Sumber utama pencemaran air Danau Rawapening, khususnya nitrogen dan fosfor berasal dari limbah penduduk, limbah ternak, limbah pertanian dan limbah pakan ikan. Limbah ternak merupakan sumber potensi beban pencemaran air yang terbesar. Limbah ternak berkontribusi 20.000 kg total nitrogen/hari, (KLH, 2011b; Gambar 2).



Gambar 2. Potensi beban pencemaran DTA Danau Rawapening (KLH, 2011)

Pencemaran yang terjadi di DTA akan mencemari Danau Rawapening. Input nitrogen berasal dari Sungai Parat (0,60 mg/l) sedangkan input fosfor terbesar dari Sungai Kedungringin (0,29 mg/l) dan input kalium terbesar dari Sungai Torong (2,48 mg / l). Sementara itu Total beban nitrogen, fosfor dan kalium di sungai output berturut-turut 17.308,8 kg N, 2.554,8 kg P dan 11.869,2 kg K per musim. Kondisi ini lebih rendah dari total beban nitrogen, fosfor dan kalium dari sungai-sungai input berturut-turut 34.860 kg N, 17.511,6 kg P dan 14.430 kg K per musim. Hal ini berarti terjadi akumulasi 17.551,2 kg N, 14.956,8 kg P dan 2.560,8 kg K per musim (Tabel 1; Yahia, 2010). Hal tersebut yang menyebabkan pertumbuhan yang semakin cepat dari eceng gondok.

Tabel 1. Input, output, dan akumulasi Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) Danau Rawapening (Yahia, 2010)

Sungai	INPUT (kg/musim)			OUTPUT (kg/musim)			AKUMULASI (kg/musim)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Parat	4.860			7.309			7.551		
Kedungringin		7.512			.555			4.957	
Torong			4.430			1.869			.561

Di Danau Rawapening, terdapat 738 unit karamba yang menempati area 2,21 Ha dengan produksi ikan 872,6 ton/tahun dan menjadi sumber penghidupan bagi 1.388 nelayan. Jika dilihat jumlah produksi perikanan tangkap di Danau Rawapening semakin meningkat dari 982,50 ton/th (2002) hingga 1.042,80 ton/th ((Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007).

Pada tahun 2010, berdasarkan pendataan yang dilakukan secara langsung diperoleh jumlah karamba meningkat menjadi 1.249 terdiri dari 654 karamba tancap dan 595 karamba jaring apung yang menempati area seluas 3,78 Ha (Tabel 2). Pakan ikan yang diberikan berupa bekatul 30 kg per unit karamba tancap per bulan, sedangkan untuk karamba jaring apung diperlukan pakan 10-15 kg bekatul per unit. Pada umumnya para petani ikan memberi pakan tambahan berupa roti bekas, kangkung, daun ketela pohon, dan daun talas apabila ikan sudah besar. Sisa pakan tersebut menambah beban pencemaran pada danau.

Tabel 2. Jumlah karamba, luas dan pakan yang diberikan/bulan di Danau Rawapening

Sub zona budidaya	Kecamatan	tancap (unit)			apung (unit)			Luas (Ha)
		tancap	luas (Ha)	pakan (kg/bln)	apung	luas (Ha)	pakan (kg)/bln	maksimal (*)
Tuntang	Tuntang	320	0,80	9.600	-	-	-	4,5
Sumurup	Bawen	154	0,385	4.620	4	0,0144	150	1,5
Nglonder	Ambarawa	180	0,45	5.400	174	0,6264	2.610	3
Serondo								
Puteran	Banyubiru	-	-	-	417	1,5012	6.255	6
Sumenep		-	-	-				
Muncul		-	-	-				
Talang		-	-	-				
Alit		-	-	-				
Segalok		-	-	-				
Jumlah		654	1,635	19.620	595	2,142	9.015	15

Sumber: data primer, 2010

* Perda No 25 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Sumberdaya ikan di Rawapening

Budidaya ikan yang dikembangkan masyarakat sekitar danau cenderung naik seiring dengan waktu. Pada tahun 2007 luasan karamba apung di Rawapening berkisar 2,21 Ha, masih dibawah dari luasan yang diperbolehkan yaitu 15 Ha (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Regulasi yang mengatur tentang pengembangan karamba di Danau Rawapening telah ada yaitu Perda No 25, tahun 2001. Meskipun luas karamba yang ada masih jauh dari luas maksimal yang diijinkan, namun dari penelitian ini diketahui bahwa pemupukan pada karamba dan pemberian pakan yang berlebihan mengakibatkan penurunan kualitas air. Dengan demikian, maka diperlukan pengkajian ulang terhadap perda tersebut mengingat jumlah karamba yang ada sekarang, meskipun masih jauh dari yang diperbolehkan, telah mempengaruhi kualitas air danau.

Zonasi telah dibuat Pemerintah Kabupaten Semarang, bahwa kultur jaring apung ikan di Danau Rawapening terletak pada zona pemancingan, 3 Ha di sub zona Puteran (Banyubiru) dan 1,5 serta 3 Ha di dekat sub zona Cobening (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Namun, pengembangan budidaya ikan di Danau Rawapening memerlukan pengetahuan yang matang sehingga pengembangan budidaya ikan tetap memperhatikan kemampuan danau dalam menerima tekanan. Penempatan jaring apung juga memerlukan pengaturan, sehingga lebih proporsional di masing-

masing zona dan tidak menggerombol di lokasi tertentu saja, guna menjaga kualitas air danau.

Jenis ikan tangkap di Danau Rawapening antara lain nila hitam, mujair, udang tawar, wader ijo, udang-udangan, gabus, sepat siam, betutu, lele ((Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Ikan yang dibudidayakan di karamba tancap (KT) dan karamba jaring apung (KJA) antara lain mas/karper, tawes, nila, lele, patin, bawal, koan dll. Ikan gurame hanya dibudidayakan di KJA.

Pada tahun 1976, kondisi eutrofik Danau Rawapening telah memicu pertumbuhan tumbuhan air (Goltenboth, 1979). Pada tahun 1994, penutupan eceng gondok pada Danau Rawapening 18,45%, diimbangi oleh *Salvinia* 15,38% dan *Hydrilla* 7,69% (Goltenboth & Timotius, 1995). Pada tahun 2004-2005, penutupan eceng gondok menjadi 60-70% (Soeprbowati dkk, 2005). Pada Desember 2006 berdasarkan up dating Rawapening oleh PT Geo Sarana Guna, 2006, maka berdasarkan daerah pasang surut sekarang (elevasi 461,50) 1.080 Ha danau tertutup eceng gondok (85,44%).

Problem eceng gondok sudah tercatat sejak tahun 1931 dan penanganan selalu dilakukan, khususnya dalam menjaga ketersediaan air untuk PLTA. Pada tahun 2007, dilakukan penggelontoran eceng gondok ke kanal Tuntang. Pada tahun 2007 sampai dengan 2010, setiap tahun dilakukan program pengangkatan eceng gondok 150 Ha (Dinas PSDA, 2011). Pada tahun 2011 telah dilakukan pemanenan 30 Ha. Pemanenan eceng gondok dilakukan hampir setiap tahun, namun hanya menyelesaikan permasalahan sesaat, untuk kemudian tumbuh sangat melimpah lagi. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan eceng gondok yang sangat pesat. Satu tumbuhan eceng gondok menjadi 2 tumbuhan dalam waktu 14 hari. Dalam waktu 52 hari, satu batang eceng gondok mampu menghasilkan tumbuhan baru seluas 1 m^2 (Gutierrez *et al.*, 2001). Laju pertumbuhan eceng gondok 7,1% per tahun sehingga pertumbuhannya dapat mencapai 37,6 kali dalam 1 tahun (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang. 2007).

Germadan Rawapening dikembangkan dengan 3 pendekatan yang harus saling terintergrasi: aplikasi sains dan teknologi untuk Remediasi Badan Danau dan DTA, pengembangan kelembagaan untuk peningkatan pengelolaan danau, dan peningkatan peran serta masyarakat dalam pengelolaan dan konservasi danau (Gambar 3). Germadan Rawapening telah menempatkan penanganan eceng gondok sebagai program super prioritas pertama, yang harus ditangani secara terpadu dan terintegrasi dari berbagai

sektor/dinas terkait. Dalam program 5 tahun, ditargetkan penutupan danau oleh eceng gondok maksimal 20% (KLH, 2011a).

Penanganan eceng gondok dapat dilakukan secara mekanik, kimia, dan biologi. Secara mekanik dapat dilakukan dengan pemanenan baik secara manual maupun dengan alat berat. Eceng gondok di bagian tepi danau ini dapat dimanfaatkan sebagai *green belt* dan menjadi filter air yang masuk ke danau dan memperangkap sedimen sehingga kedalaman danau dapat terjaga.



Gambar 3. Pendekatan penyelamatan Danau Rawapening (KLH, 2011a)

Secara kimia, penanganan eceng gondok dapat dilakukan dengan herbisida. Aplikasi herbisida akan menurunkan kapasitas fotosintesis eceng gondok 81% karena lembaran daunnya tidak berfungsi (Lancar & Krake, 2002). Namun penanganan secara kimia harus mempertimbangkan segala faktor resiko dan dampak bagi pertanian sekitar danau.

Secara biologi, penanganan eceng gondok dapat dilakukan dengan menggunakan ngengat Lepidoptera (*Sameodes albifascialis* (Warren), Wright & Bourne, 1986) yang telah diimplementasikan di Australia. Kumbang *Neochetina eichhorniae* Warner, *Neochetina bruchi* Hustache, *Niphograpta albifascialis* (Warren), *Orthogalumna terebrantis* Wall banyak diaplikasikan di seluruh dunia (Julien & Griffiths 1998). Alternatif lain yang dapat digunakan adalah dengan ikan koan (*grasscarp Ctenopharyngodon idella* Val) sebagai pengendali populasi eceng gondok (Pipalova, 2006).

Keberhasilan biokontrol eceng gondok menggunakan ikan koan tergantung pada kerapatan ikan koan, umur/ukuran, durasi stocking, dan temperatur (Pipalova, 2006). Apabila danau tertutup eceng gondok 30 -50% maka digunakan 25 – 30 ikan per hektar (13 – 14 kg ikan/Ha, Hanlon *et al.* (2000). Setiap tahun ikan koan (grass capr, *Ctenopharyngodon idella*) di tebar di Karamba Tancap (KT) sebanyak 42.735 kg dan di KJA sebanyak 19,095 kg (DPPKS, Desember 2012). Ikan koan mampu mengkonsumsi eceng gondok 1,5 kali berat tubuh, sehingga berdasarkan data ikan koan tersebut, maka eceng gondok yang dikonsumsi oleh ikan koan adalah 92,745 kg. Apabila diasumsikan bahwa 1 m² eceng gondok memiliki 21,33 kg eceng gondok, maka diperlukan 14,22 kg ikan koan per 1 m². Penggunaan ikan koan dalam mengendalikan eceng gondok merupakan solusi terbaik, karena minim dampak.

Guna menyelesaikan problem eceng gondok adalah dengan mengatasi akar permasalahannya yaitu eutrofikasi. Upaya yang harus dikembangkan adalah dengan pembuatan kolam pengolahan (*preimpoundment*) pada hilir inlet sebelum masuk ke danau. *Preimpoundment* merupakan ekoteknologi untuk restorasi danau (Jorgensen & Vollenweider, 1988). Pada kolam ini dilakukan perlakuan penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfor sebelum masuk ke badan danau (Soeprobawati & Suedy, 2010).

Berkaitan dengan pengembangan fungsi, problem eceng gondok sepertinya merupakan problem terbesar yang terpecahkan hanya untuk periode tertentu saja. Masyarakat sekitar dan *stakeholders* mengembangkan pupuk organik dari eceng gondok dan tanah gambut dari dasar danau. Di satu sisi, hal ini merupakan salah satu langkah penanggulangan *blooming* eceng gondok, dan pencemaran organik. Namun di sisi lain, pemanfaatan kapur dalam pembuatan pupuk organik, berdampak pada masuknya karbonat ke danau. Hal tersebut telah dibuktikan dari penelitian ini, bahwa kalsium merupakan salah satu variabel yang berpengaruh di Danau Rawapening. Peningkatan karbonat berdampak pada peningkatan alkalinitas danau, yang seterusnya dapat meningkatkan toksitas unsur lainnya. Oleh karena itu, maka pembentukan zonasi atau koridor di Danau Rawapening akan mampu mengatasi kekomplekan permasalahan yang ada.

Pengelolaan danau perlu dilakukan secara terpadu dari berbagai sektor, dinamis, dengan tetap mempertimbangkan aspek sosial ekonomi budaya serta aspirasi masyarakat dengan tetap memperhatikan konflik kepentingan dan pemanfaatan yang

mungkin ada. Keterpaduan dalam perencanaan dan pengelolaan danau mencakup keterpaduan wilayah/ekologis; keterpaduan sektor; keterpaduan disiplin ilmu; dan keterpaduan *stakeholder* (Haryani, 2006).

Konservasi Danau Rawapening merupakan prioritas danau nasional hasil Kesepakatan Bali 2009 yang harus dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan. Selama ini menurut Sutarwi (2008), ketidakberlanjutan Danau Rawapening diindikasikan oleh faktor ekonomi, ekologi, sosial, dan institusional. Kondisi masa lampau harus menjadi landasan dalam pengembangan pengelolaan danau.

Kunci utama dalam mitigasi Danau Rawapening terletak pada masyarakat, oleh karena itu pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan Danau Rawapening perlu ditingkatkan (Program Superprioritas ke 6 dari GERMADAN Rawapening, KLH, 2011a). Ada sumber daya alam di Danau Rawapening yang tersedia dalam jumlah melimpah selain ikan, yaitu eceng gondok. Pembelajaran bagi masyarakat tentang pemanfaatan eceng gondok untuk kerajinan, pupuk organik, biogas, dan pakan ternak perlu dilakukan guna peningkatan hasil dan kualitasnya. Dengan percontohan yang diberikan dan perhitungan keuntungan ekonomis akan mampu menggeser pola ketergantungan masyarakat pada perikanan kepada eceng gondok. Pergantian mata pencaharian dari nelayan menjadi pengrajin, pembuat pupuk organik, biogas dan pakan ternak, secara otomatis akan mengurangi populasi eceng gondok.

KESIMPULAN

Mitigasi danau eutrofik dapat dilakukan dengan pengurangan Nitrogen dan Fosfor perairan, melalui pembuatan *pre-impoundment* di inlet. Guna penanganan eceng gondok, dapat dilakukan secara mekanik, kimia maupun biologi. Penanganan secara biologi dengan dampak lingkungan paling kecil yaitu dengan menggunakan ikan koan. Penanganan eceng gondok secara mekanik dapat dilakukan secara kontinyu melalui pemberdayaan masyarakat, melalui pemanfaatan eceng gondok untuk kerajinan, pupuk organik, biogas, dan pakan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

Bappeda Propinsi Jawa Tengah, 2005. Penyusunan Action Plan pengembangan kawasan Rawapening. Laporan Akhir. CV. Galihloka Semarang.

Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang. 2007. Kajian potensi sumber daya perikanan Rawapening Kabupaten Semarang 2007. Laporan Akhir. PT. Astri Bumi Semarang.

Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2012, Rekapitulasi Statistik Budidaya Perikanan Tahun 2011

Dinas PSDA. 2011. Starus Report Program Penanganan Rawapening dari tahun 2007 – sekarang. Dinas Pelestarian Sumber Daya Air. Semarang

Gutierrez, E.L.; Ruiz, E.F.; Uribe, E.G. and Maertinez, J. 2001. Biomass and productivity of ater hyacinth and their application in control program. In Biological and integrated control of water hyacinth *Eichornia crassipes*. Edited by Julien, M.H.; Hill, M.P.; Center, T.D.; and Jianqing, D. ACIAR proceeding 102.

Goltenboth, F. 1979. Preliminary final report. The Rawapening Project. Satya Wacana Christian University, Salatiga.

Goltenboth, F. and K.H. Timotius. 1995. Danau Rawapening di Jawa Tengah, Indonesia. Satya Wacana University Press, Salatiga.

Hanlon, S. G., M. V. Hoyer, C. E. Cichra and D. E. Canfield, Jr. 2000. Evaluation of macrophyte control in 38 Florida lakes using triploid grass carp. *J. Aquat. Plant Manage* 38:48-54.

Haryani, G.S. 2006. Menuju pemanfaatan sumberdaya perairan darat berkesinambungan: permasalahan dan solusinya. Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Bogor.

Haryani, G. 2010. Bencana perairan darat di Indonesia: membangun kapasitas kesiapsiagaan bersama masyarakat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi V 2010: prospek ekosistem perairan darat Indonesia: mitigasi bencana dan peran masyarakat. Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Bogor 28 Juli 2010.

Jorgensen & Vollenweider. 1988. Guidelines of Lake Management vol 1 Principles of Lake Management. International Lake Environmental Committe United Nations Environment Programme.

JULIEN, M.H. & GRIFFITHS, M.W. 1998. *Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds*. Fourth Edition. CAB International, Wallingford.

KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2010. Program danau prioritas nasional tahun 2010 – 2014. Kementerian Lingkungan Hidup.

KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2011a. Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Rawapening. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.

KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2011a. Kajian Daya Tampung Beban Pencemaran Danau Rawapening. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.

Lancar, L. And Krake, K. 2002. Aquatic weeds and their management. *International Commission on Irrigation and Drainage*.

Pemerintah Kabupaten Semarang. 2000. Proyek Perencanaan Tata Lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawapening. PT. Comarindo Mahameru, Semarang.

Pipalova, I. 2006. A review of grass capr use for aquatic weed control and its impact on water bodies. *J. Aquat. Plant Manage.* 44: 1-12

Scholten, M.C.Th. 2005. Eutrophication management and ecotoxicology. Springer. 122p

Soeprobawati, T.R. dan S.W.A. Suedi. 2010. Status Trofik Danau Rawapening. *Jurnal Matrematika Dan Sain*, Fmipa Universitas Diponegoro Semarang, Edisi Juni 2010

Soeprobawati, T.R.; W.A.Rahmanto; J.W. Hidayat, And K. Baskoro, (2005). Diatoms And Present Condition Of Rawapening Lake. *International Seminar On Environmental Chemistry And Toxicology*, April 2005, Inject Yogyakarta.

Soeprobawati, T.R.; S. Hadisusanto, and P. Gell. 2012. *The diatom stratigraphy of Rawapening Lake, Implying Eutrophication History American Journal of Environmental Science* 8 (3): 334-344. June 2012. DOI: [10.3844/Ajessp.2012.334.344](https://doi.org/10.3844/Ajessp.2012.334.344)

Sutarwi. 2008. Kebijakan pengelolaan sumber daya air danau dan peran kelembagaan informal, menggugat peran Negara atas hilangnya nilai *ngepen* dan *wening* dalam pengelolaan danau Rawapening di Jawa Tengah. Disertasi. Program Pascasarjana Studi Pembangunan. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga.

Wright, A.D. and A.S. Bourne. 1986. Effect of leaf hardness on penetration of water hyacinth by Samoides albiquitqalis. *J. Aquat. Plant. Manage* 24: 1-92

Yahia, M.A.A.2010. The impact of farming activities to water quality of river and Lake Rawapening. Thesis Master in Environmental Sciences, Post Rgaduate Program, UNDIP.