

KAJIAN STATUS TROFIK SEBAGAI DASAR STRATEGI PENATAAN LINGKUNGAN DI TELAGA MERDADA

Anindya Kusumawati dan L. W. Santosa

anindya-kusumawati@yahoo.com

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

S. Hadisusanto

Pengembangan Masyarakat Islam, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Telaga Merdada adalah sebuah danau kaldera di dataran tinggi Dieng. Jumlah besar vegetasi antara tanah dan air dihilangkan untuk ekspansi pertanian, terutama untuk pertanian kentang. Aplikasi pupuk di pertanian kentang di telah intensif digunakan. Kegiatan yang berlebihan ini mengekspos ekosistem air tawar di Danau Merdada, yang mengakibatkan eutrofikasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kondisi lingkungan dari Merdada Lake, menentukan negara tropik, dan mengusulkan strategi pengelolaan lingkungan di wilayah Merdada Lake untuk mengontrol negara tropik. Sampel dikumpulkan pada tanggal 1 Agustus 2009. -3rd Lima titik sampling dalam Merdada Lake dikumpulkan di berbagai kedalaman. Pada setiap titik pengambilan sampel, transparansi air, Clorophyll-a, DO, pH, suhu, diukur. Lebih lebih, dinamika hara air dan sedimen yang diamati. Negara tropik ditentukan dengan menggunakan indeks Carlson dan OECD. Parameter kualitas tanah sekitarnya Merdada Lake diamati, termasuk topografi, permeabilitas, tekstur, struktur, dan kedalaman kolom tanah. Negara trofik dari Merdada Lake menurut konsentrasi nutrisi dan air transparansi menunjukkan bahwa Merdada Lake telah di tingkat hipertrofi, namun sehubungan dengan konsentrasi Clorophyll-dalam badan air, Merdada Lake masih dalam tingkat oligotrophic. Hasil ini menunjukkan bahwa Merdada Lake berada dalam kondisi tidak sehat. Konsentrasi tinggi nutrisi di Merdada Lake dapat menyebabkan ganggang mekar sehubungan dengan peningkatan transparansi air. Strategi yang diusulkan untuk mengurangi nutrisi di Merdada Lake adalah dengan aerasi dan penghapusan sedimen harus dipertimbangkan. Strategi yang diusulkan pengelolaan lingkungan untuk mengontrol eutrofikasi di jangka panjang adalah untuk mengelola wilayah cekungan luar dan danau riparian dengan pendekatan abiotik, biotik dan budaya. Lebih lebih, perencanaan penggunaan lahan, seperti penggunaan lahan zonasi, sehubungan dengan danau daya dukung dan peraturan pokok telah dilaksanakan.

Kata kunci: Merdada Lake, negara tropik, eutrofikasi.

ABSTRACT

Telaga Merdada is a caldera lake in Dieng plateau. Large amount of vegetation between land and water is eliminated for agricultural expansions, primarily for potatoes farming. Fertilizer application in potatoes farming on has been intensively used. This excessive activities are exposing freshwater ecosystems in Merdada Lake, which result in eutrophication. The objectives of this research were to study environmental condition of Merdada Lake, determine trophic state, and to propose the environmental management strategies in the region of Merdada Lake to control the trophic state. The samples were collected on 1st -3rd August 2009. Five sampling points within Merdada Lake were collected in various depth. At each sampling points, water transparency, clorophyll-a, DO, pH, temperature, were measured. More over, nutrient dynamics of water and sediment were observed. Trophic state was determined by using Carlson index and OECD. Parameters of soil quality surrounding Merdada Lake were observed, including topography, permeability, texture, structure, and depth of soil column. Trophic state of Merdada Lake according to concentration of nutrient and water transparency shows that Merdada Lake has been in the hypertrophic level, however with respect to concentration of clorophyll-a in water body, Merdada Lake still in oligotrophic level. This results

demonstrated that Merdada Lake were in unhealthy condition. High concentration of nutrient in Merdada Lake could lead to algae bloom with respect to increasing of water transparency. The proposed strategy to reduce nutrient in Merdada Lake are by aeration and sediment removal have to be considered. The proposed strategy of environmental management to control eutrophication in long term is to manage the outer basin region and riparian lake by abiotic, biotic and cultural approach. More over, land use planning, such as land use zonation, with respect to lake carrying capacity and principal regulation have to be implemented.

Key words: Merdada Lake, trophic state, eutrophication.

PENDAHULUAN

Danau merupakan ekosistem multi-fungsi, yaitu sebagai penyedia kebutuhan air domestik, irigasi, perikanan serta sebagai tempat rekreasi. Secara hidrologis, danau berfungsi mencegah banjir dan kekeringan. Selain itu, danau merupakan habitat berbagai organisme serta penting bagi pelestarian plasma nutfah dan konservasi.

Ekosistem danau bersifat rentan terhadap pencemaran. Sumber-sumber bahan pencemar tersebut antara lain berasal dari kegiatan produktif dan non-produktif di *upland*, dari permukiman, dari kegiatan yang berlangsung di badan perairan danau itu sendiri. Jenis bahan pencemar utama yang berasal dari kegiatan pertanian dan masuk ke perairan danau terdiri dari beberapa macam, antara lain residu pestisida, residu pupuk, dan bahan-bahan lainnya. Aliran masuk residu pupuk berupa senyawa nitrogen dan fosfor, merupakan penyebab terjadinya peningkatan kandungan nutrisi dalam air danau (Yin *et al.*, 2007).

Salah satu danau yang beresiko tercemar limbah pertanian adalah danau Merdada di kompleks vulkanik Dieng, Banjarnegara Jawa Tengah. Pada tahun 1980-an di Banjarnegara, aktivitas pertanian kentang mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Pada tahun 2005 tidak kurang dari 4.758 hektar area hutan dikonversi menjadi lahan pertanian kentang, dan kondisinya saat ini menjadi lahan kritis. Konversi hutan menjadi lahan pertanian tanaman semusim tersebut hampir tidak menyisakan *green belt* sehingga memacu peningkatan limpasan residu pupuk menuju perairan danau dan menyebabkan eutrofikasi.

Eutrofikasi merupakan pengkayaan nutrisi pada air danau sehingga menyebabkan rangsangan susunan perubahan simptomatik sebagai respon ekosistem terhadap pengkayaan nutrisi tersebut. Dampak dari eutrofikasi adalah peningkatan produksi alga dan makrofita, memburuknya perikanan, memburuknya kualitas air, menurunnya fungsi guna air, aliran air dan navigasi, serta perubahan simptomatik lain yang tidak dikehendaki (Ferguson *et al.*, 1996; Sulastri *et al.*, 2004). Eutrofikasi akibat pengaruh aktivitas manusia telah terjadi di berbagai danau di dunia, termasuk di Indonesia, seperti Danau Maninjau, Sumatera Barat dan Danau Kerinci, Jambi (Badjoeri, 2004; Devi *et al.*, 2008).

Telaga Merdada merupakan danau kaldera yang terletak pada altitude 2.043 m dpl, berada di bagian barat kompleks vulkanik Dieng. Telaga Merdada merupakan salah satu danau yang terdapat di kompleks danau kawasan Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah. Telaga Merdada merupakan sumber pengairan pertanian di Kecamatan Batur, terutama Desa Karangtengah dan Desa Bakal. Selain itu Telaga Merdada juga menjadi salah satu objek wisata unggulan Kabupaten Banjarnegara (Anonim, 2008).

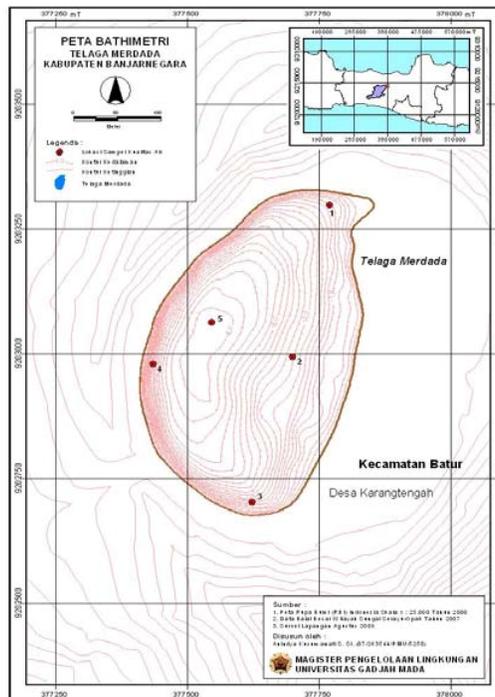
Eutrofikasi merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang kompleks dan melibatkan aspek abiotik, biotik dan sosial. Dengan demikian kajian yang menyeluruh dalam mempelajari ancaman eutrofikasi di Telaga Merdada penting dilakukan.

Penelitian ini bertujuan Mempelajari kondisi aspek abiotik, biotik dan sosial di sekitar Telaga Merdada, mempelajari status trofik Telaga Merdada, dan merumuskan upaya atau strategi penataan lingkungan di sekitar Telaga Merdada sehingga status trofik dapat dikendalikan.

Penelitian dilakukan dengan metode survei. Pengumpulan data lapangan dilakukan di Telaga Merdada, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah pada tanggal 1-3 Agustus 2009. Data yang dikoleksi mencakup parameter fisik, kimia dan biotik, yaitu sebagai berikut: (a) karakteristik air danau, meliputi: kedalaman Secchi, suhu, konsentrasi nutrisi (Nitrogen Total, N-organik, Nitrat, Amonia, Fosfor Total), DO, pH serta kadar klorofil-a; (b) karakteristik tanah, yaitu permeabilitas, tekstur, struktur, kedalaman solum; (c) karakteristik sedimen danau, yaitu konsentrasi nutrisi (Nitrat, Amonia, N- Total, Fosfor Total). Selain itu dilakukan wawancara terhadap pengolah lahan serta pengolahan data dan dokumen-dokumen dari Pemerintah Daerah Kabupaten Banjarnegara dan instansi lain yang berhubungan dengan penelitian ini.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi Peta RBI skala 1: 25.000 dari Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Sumberdaya Air Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak tahun 2000. Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Sounder*, *Laser distro*, kompas, *yallon*, *Secchi disc*, *Van Dorn water sampler*, *plankton net* ukuran 100 mesh merk Lamotte tipe 1063, pH meter, DO- meter merk Lutro tipe DO-5508; *dredge*, bor tanah dan ring.

Stasiun sampling	Koordinat UTM	Kedalaman (m)	Titik sampling (m)
utara	377770 9203298	1,6	0
			0,5
			1,0
timur	377700 9202994	2,0	0
			0,5
			1,0
selatan	3777627 9202702	1,4	0
			0,5
			1,0
barat	3777135 9202979	2,0	0
			0,5
			1,0
Basin terdalam	3777547 9203062	4,2	0
			0,5
			1,0
			1,5
			2,5
			3,2

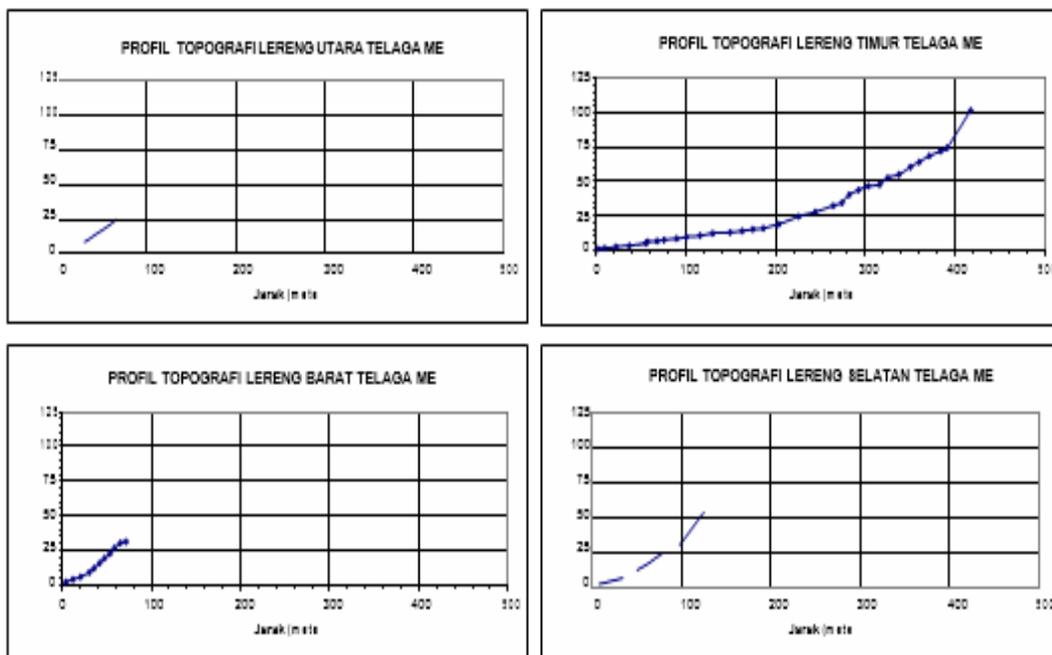


Gambar 1. Lokasi Stasiun Pengamatan dan Titik Sampling Masing-Masing Stasiun Penelitian dalam Peta Bathymetri

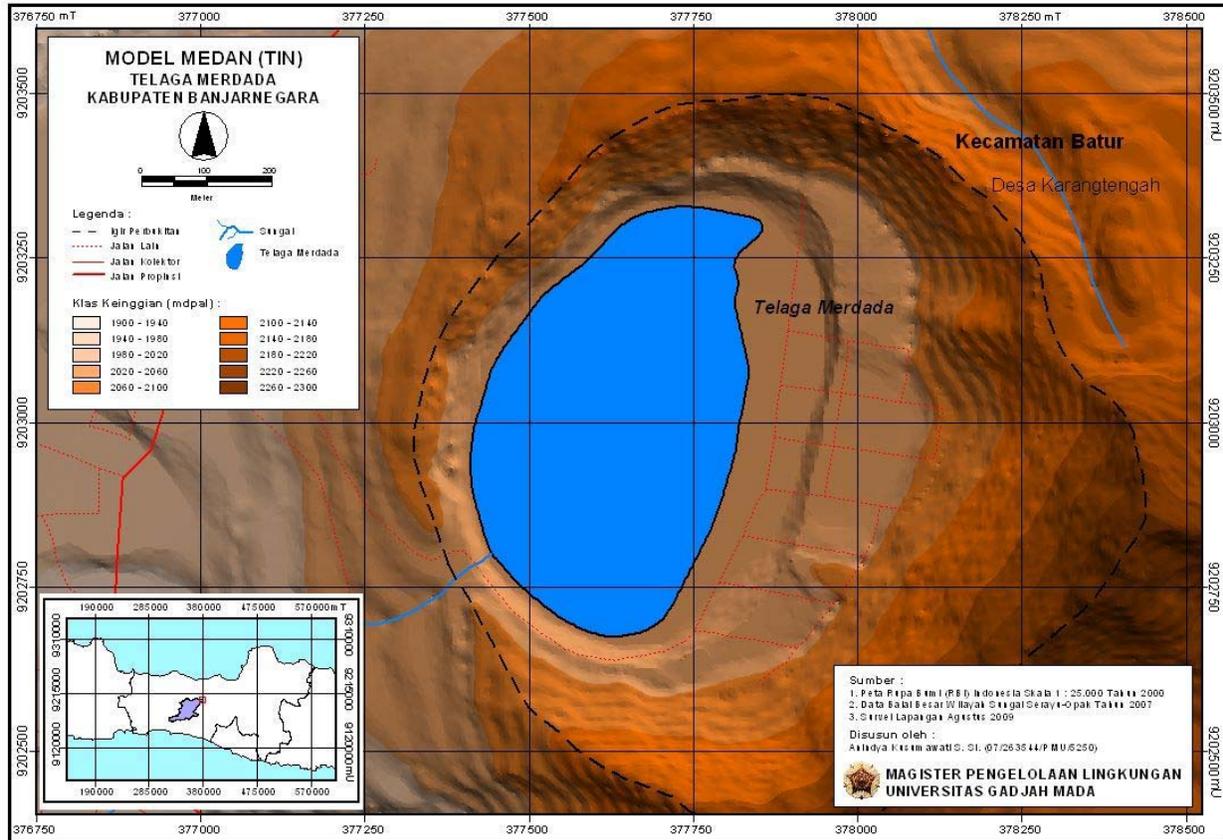
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses genesanya, Telaga Merdada termasuk danau kaldera atau danau yang terbentuk dari kawah gunungapi yang telah mati dan kemudian terisi air. Telaga Merdada memiliki kelilikng 1770,597 ha; panjang maksimum 663,148; lebar maksimum 443,801; dan volume tampungan 518.520 m³. Telaga Merdada dan sekitarnya termasuk dalam iklim tropis basah. Curah hujan bulanan rata-rata tertinggi sebesar 498,8 mm yaitu pada bulan November, sedangkan rata-rata curah hujan terendah sebesar 30,1 mm yaitu pada bulan Agustus. Telaga Merdada termasuk dalam kawasan DAS Serayu. Sumber air Telaga Merdada hanya berasal dari air hujan serta airtanah, tidak ada sungai yang bermuara di Telaga Merdada, sehingga merupakan telaga yang statis. *Outlet* atau sungai yang keluar dari Telaga Merdada yaitu Kali Merdeka yang kemudian menuju Kali Tulis.

Proses sedimentasi yang terjadi di Telaga Merdada diduga hanya terjadi di dalam telaga itu sendiri dan adanya penambahan material sedimen yang berasal dari bukit-bukit sekitarnya. Pada tahun 1981, kedalaman Telaga Merdada masih berkisar 25 meter dengan luas area lebih dari 30 ha (Anonim, 1981). Namun pada saat ini kedalaman Telaga Merdada telah berkurang hingga menjadi 4,2 meter saja dengan luasan area sekitar 20,263 ha. Dengan demikian setiap tahunnya Telaga Merdada mengalami pendangkalan sebesar 70 cm, sehingga jika dibuat prediksi maka sekitar 6 tahun lagi Telaga Merdada akan menjadi daratan. Erosi dan sedimentasi danau berkaitan dengan kondisi topografi di keempat sisi lereng Telaga Merdada. Topografi di keempat sisi lereng disajikan dalam profil pada Gambar 2., sedangkan model tiga dimensi yang terbentuk dari triangular hasil interpolasi titik ketinggian di sajikan pada Gambar 3.



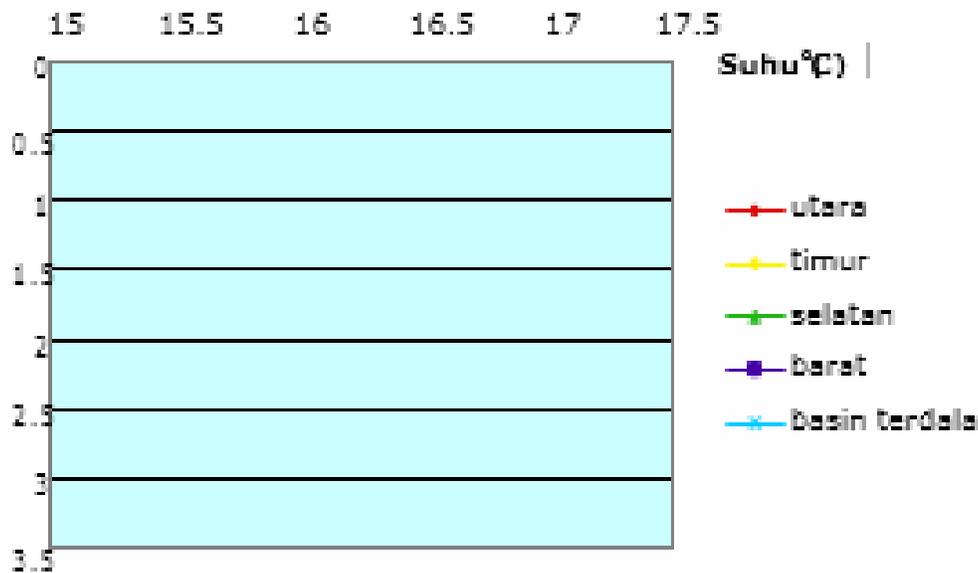
Gambar 2. Profil Topografi Lereng Utara, Timur, Selatan dan Barat Telaga Merdada (Survei lapangan, 2009).



Gambar 3. Model Medan Telaga Merdada dan sekitarnya

Faktor lingkungan yang penting dalam ekosistem danau diantaranya yaitu suhu air, kadar oksigen terlarut, dan pH. Kisaran suhu air Telaga Merdada adalah $15,5^{\circ}\text{--}17,1^{\circ}\text{C}$ (Gambar 4.). Suhu tertinggi berada di stasiun barat pada jeluk permukaan, sedangkan suhu terendah di stasiun basin terdalam pada jeluk dasar. Berdasarkan hasil pengamatan, nilai oksigen terlarut tertinggi berada di stasiun sampling barat, dengan nilai 6.33 ± 0.04 mg/l pada jeluk permukaan (Gambar 5.). Nilai oksigen terlarut terendah berada di stasiun basin terdalam, dengan nilai 4.10 ± 0.07 mg/l pada jeluk terdalam. Pada stasiun basin terdalam kandungan oksigen cenderung menurun seiring dengan kedalaman jeluk. Hal ini dapat disebabkan semakin dalam jeluk semakin sedikit pula fitoplankton yang berfotosintesis dan menghasilkan oksigen.

Nilai pH perairan Telaga Merdada di semua jeluk pada masing-masing stasiun sampling berada pada kisaran nilai 7 (netral) (Gambar 5.). Nilai ini menunjukkan pH yang optimum bagi kehidupan organisme yang berhabitat di Telaga Merdada. Selain itu, nilai pH perairan yang < 8 relatif lebih minim resiko mengandung ion amonium yang toksik bagi ikan.



Gambar 4. Profil Vertikal Suhu Air Telaga Merdada

Jenis tanah di Desa Karangtengah, terutama di sekitar Telaga Merdada termasuk jenis tanah regosol. Tanah regosol berasal dari bahan induk gunungapi piroklastis dan lahar dari aktivitas vulkanisme purba. Berdasarkan survei lapangan, kedalaman solum terendah berada pada lereng utara (Tabel 1.), hal ini menunjukkan proses erosi yang terjadi sangat parah sehingga mengikis banyak bagian tanah di lereng tersebut. Erosi yang tinggi ini dapat dikaitkan pula dengan bentuk topografi lereng utara yang sangat curam. Sisi selatan, barat, dan sisi timur bagian lereng tengah memiliki kedalaman sekitar 20 cm, sedangkan sisi timur bagian dataran memiliki kedalaman solum paling tinggi karena berasal dari sedimentasi danau dan menerima deposit sedimen dari lereng di atasnya.

Tabel 1. Sebaran Tanah di Lereng Sekitar Telaga Merdada

Lokasi dan Koordinat (UTM)	Warna Tanah	Tekstur	Struktur	Kedalaman Solum	Permeabilitas
Lereng Utara X: 377631 Y: 9203440	Coklat kemerahan	Geluh berpasir	Remah	12 cm	Sangat Cepat
Lereng Timur (dataran) X: 377826 Y: 9203006	Coklat kemerahan	Lempung berpasir	Granuler-Remah	30 cm	Agak Cepat
(lereng tengah) X: 378106 Y: 9202931	Coklat kemerahan	Geluh berpasir	Remah	18 cm	Agak Cepat
Lereng Selatan X: 377643 Y: 9202570	Coklat kemerahan	Geluh berpasir	Remah	25 cm	Sangat Cepat
Lereng Barat X: 377358 Y: 9202907	Coklat kemerahan	Geluh berpasir	Remah	20 cm	Agak Cepat

Nilai permeabilitas secara umum dipengaruhi oleh faktor porositas tanah dan tekstur tanah. Semakin halus tekstur tanah maka semakin besar pula porositasnya, sehingga kemampuan menahan air juga semakin besar. Tekstur tanah pada keempat sisi lereng Telaga Merdada relatif seragam yaitu geluh berpasir. Tekstur semacam ini memiliki tekstur lempung ke arah debu tetapi memiliki kandungan pasir, sehingga memiliki kemampuan menahan air yang baik, tetapi erodibilitas tanahnya besar, sehingga mudah tererosi. Pada lereng timur teksturnya berupa lempung berpasir, dan strukturnya peralihan antara granuler-remah. Hal ini dikarenakan area ini merupakan daratan baru yang terbentuk dari hasil sedimentasi danau. Semakin tinggi nilai permeabilitas, maka semakin cepat aliran air yang turun ke danau, sehingga semakin besar pula kemungkinan terjadinya erosi dan sedimentasi. Erosi ini berpotensi mengangkut partikel tanah yang terkontaminasi nutrisi dari pupuk (terutama fosfor) serta menurunkan transparansi air. Dengan demikian, semakin tinggi nilai permeabilitas, semakin tinggi pula resiko status trofik Telaga Merdada menjadi perairan eutrofik atau hipertrofik.

Desa Karangtengah memiliki luas wilayah 488,811 ha dengan keseluruhan luas wilayah berupa luas lahan bukan sawah. Bentuk penggunaan lahan terbesar berupa tegalan/ kebun (341,06 ha). Jenis penggunaan lahan lainnya berupa hutan (75 ha), pekarangan/ bangunan (50,711 ha), dan lain-lain (22,040 ha) (Anonim, 2007).

Kondisi sosial demografi suatu daerah akan memperlihatkan Kecamatan Batur dimana termasuk di dalamnya kawasan Telaga Merdada, merupakan daerah dengan kepadatan geografis 808 jiwa/km² (sangat padat); serta kepadatan agraris 2,05 rumah tangga per ha, yang berarti setiap 1 ha lahan pertanian rata-rata dikelola oleh 2 rumah tangga. Proporsi keluarga pra sejahtera dan sejahtera I di Kecamatan Batur yaitu sekitar 60%, yang artinya tingkat kesejahteraan di daerah tersebut masih rendah. Berdasar indeks tekanan penduduk terhadap lahan pertanian menunjukkan bahwa telah terjadi tekanan penduduk yang cukup tinggi terhadap lahan pertanian di Desa Karang Tengah. Penduduk berusaha meningkatkan produksi lahan pertanian secara intensif sehingga mengabaikan prinsip konservasi (Anonim, 2003; Anonim, 2007).

Kentang masih menjadi komoditas pertanian utama di Telaga Merdada dan sekitarnya karena keuntungannya lebih besar dibandingkan komoditas lain. Kentang masih menjadi komoditas pertanian utama di Telaga Merdada dan sekitarnya karena keuntungannya lebih besar dibandingkan komoditas lain. Sebagai ilustrasi, dengan bibit 1 ton dapat diperoleh hasil panen 25 ton untuk sekali masa tanam. Harga jual hasil panen untuk kentang AB super adalah Rp 5.300,-/ kg, sedangkan kentang ABC adalah Rp 4.500,- hingga Rp 4.800,-/kg.

Pola penanaman pertanian kentang sebagian kecil secara monokultur, dan sebagian besar secara tumpangsari dengan kacang kapri, kacang babi, dan kacang tanah. Masa tanam kentang adalah 3 bulan. Waktu tanam kentang yang optimal menurut para petani adalah pada awal Oktober hingga November, dan akhir musim hujan yaitu bulan Maret hingga April. Namun demikian lahan dapat ditanami kapan pun, dengan berganti-ganti tanaman yang ditanam. Pemupukan dilakukan minimal 1 kali dalam setiap masa tanam, yaitu sebelum pembibitan. Pupuk yang digunakan pengolah lahan berupa pupuk kandang (*CM, chicken manure*), pupuk kompos (ampas jamur), dan pupuk sintetis (urea, TSP dan NPK). Pupuk sintetis menekan pertumbuhan mikroba tanah menyebabkan berkurangnya humus dalam tanah. Pengolah lahan juga menyadari kondisi tanah yang menurun menjadi lahan kritis, akibat tanah dieksploitasi terus menerus selama dua dasawarsa terakhir.

Kawasan sekitar Telaga Merdada dan Kawasan Dieng merupakan wujud dari problematik

sosial ekonomi budaya yang kompleks. Kepadatan penduduk yang tinggi dan pemilikan lahan yang rendah menyebabkan terjadinya tekanan terhadap lingkungan, dan mengakibatkan terjadi konversi lahan secara besar-besaran. Konversi lahan ini menyebabkan terjadinya lahan kritis. Lahan kritis tersebut tetap bisa berproduksi, karena dipacu dengan pupuk dalam dosis tinggi. Dampak lain dari aktivitas pertanian kentang di Telaga Merdada yang merugikan lingkungan adalah penyedotan air telaga untuk mengairi lahan pertanian. Pada waktu survei lapangan dijumpai minimal 30 pompa air bertenaga diesel yang setiap hari digunakan untuk memompa air ke lahan pertanian di sekitar Telaga Merdada, bahkan di balik lereng Telaga Merdada (Gambar 31.). Dampak dari penggunaan pompa diesel, selain mengurangi volume air telaga, juga dapat menimbulkan pencemaran yang disebabkan tumpahan diesel di tanah dan perairan Telaga.

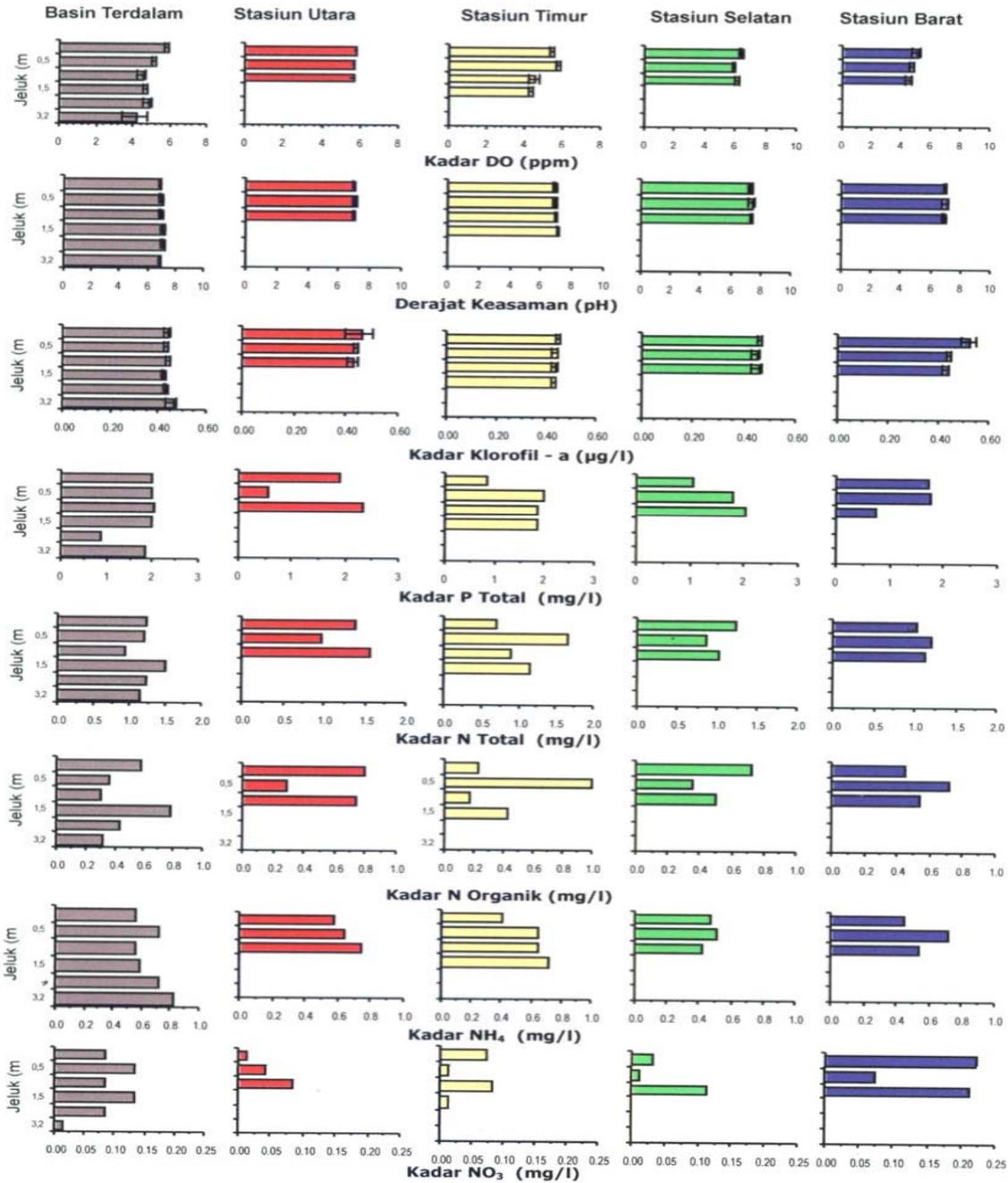
Berdasarkan hasil survei lapangan, rerata kedalaman Secchi di berbagai stasiun sampling Telaga Merdada berkisar 50 cm. Nilai tersebut menurut Sellers and Marks (1987) dalam Sulawesty *et al.* (2004), sudah masuk kategori eutrofik. Sedangkan menurut Organization of Economic Committee Development (OECD), nilai kedalaman Secchi tersebut mengisyaratkan Telaga Merdada berada pada status hipertrofik. Ambang batas kualitas air yang dipersyaratkan WHO adalah 0,001 meter, sehingga kualitas air di Telaga Merdada masih tergolong baik.

Rendahnya tingkat transparansi air dapat diakibatkan pengaruh alga (ledakan populasi alga); maupun pengaruh non alga, seperti partikulat senyawa organik terlarut maupun kekeruhan abiotik. Rendahnya transparansi air di perairan Telaga Merdada lebih disebabkan karena pengaruh non alga yaitu partikel tanah yang terbawa ketika terjadi erosi, karena berdasarkan pengamatan kadar klorofil-a nya rendah. Kondisi demikian dijumpai pula oleh Sulawesty *et al.* (2004) pada penelitian Situ Cibuntu di Jawa Barat, dimana transparansi air yang rendah belum tentu diikuti kelimpahan fitoplankton yang tinggi. Minimnya transparansi air akan mengurangi intensitas cahaya matahari sehingga laju fotosintesis dan pertumbuhan fitoplankton akan menurun pula. Berkurangnya fitoplankton akan mengurangi kelimpahan zooplankton, dan kemudian diikuti penurunan kelimpahan ikan. Penurunan kelimpahan ikan akan mengurangi daya tarik kunjungan wisatawan, terutama para pemancing. Secara estetika, kondisi perairan danau yang tidak jernih juga akan mengurangi daya tarik wisatawan yang bermaksud menikmati pemandangan Telaga Merdada.

Kadar klorofil-a di semua stasiun sampling relatif merata yaitu di kisaran 0,4 $\mu\text{g/l}$, terkecuali di stasiun barat pada jeluk 0 meter yang mencapai lebih dari 0,5 $\mu\text{g/l}$ (Gambar 5.). Kadar klorofil-a pada jeluk permukaan memiliki nilai tertinggi karena intensitas cahaya matahari sangat besar sehingga kelimpahan fitoplankton sangat tinggi. Kadar klorofil-a merupakan salah satu komponen status trofik suatu danau. Semakin tinggi kadar klorofil-a di suatu perairan danau maka semakin eutrofik pula perairan tersebut. Hal demikian dapat dipahami karena perairan eutrofik pada umumnya disertai terjadinya kelimpahan alga yang sangat tinggi atau terjadinya *blooming* alga jenis tertentu. Berdasarkan hasil pengamatan, konsentrasi klorofil-a di Telaga Merdada tergolong rendah, sehingga mengindikasikan kondisi oligotrofik. Kadar klorofil-a di perairan Telaga Merdada masih berada dalam ambang batas standar kualitas air menurut WHO, yaitu di bawah 20 $\mu\text{g/l}$.

Hasil analisis nutrien air danau yang diamati dalam survei lapangan disajikan dalam histogram pada Gambar 5. Nilai N total dan P total perairan dirujuk pada standar perairan eutrofik dari beberapa pustaka (Tabel 2.) menunjukkan bahwa Telaga Merdada termasuk dalam kategori eutrofik. Kemudian jika ditinjau rasio N:P memiliki nilai 1:1. Pada kajian eutrofikasi danau-danau tropis yang telah dilakukan di Asia, Australia dan Selandia Baru, rasio N:P pada perairan eutrofik pada umumnya adalah 1:1 hingga 2:1. Nilai rerata kandungan P total di

perairan Telaga Merdada cukup tinggi, yaitu 1,37 – 1,74 mg/l. Menurut Perkins (1974) dalam Meutia *et al.* (2004), pada umumnya kandungan fosfor di perairan alami tidak lebih dari 0,1 mg/ liter, kecuali pada perairan yang menerima limbah dari pertanian, limbah domestik, atau limbah industri tertentu. Kandungan fosfor di perairan Telaga Merdada masih berada dalam ambang batas standar kualitas air menurut WHO dan Standar Kualitas Air di Perairan Umum berdasar PP no. 82 tahun 2001.



Gambar 5. Parameter Fisik, Biologis dan Kimiawi pada Berbagai Stasiun Pengamatan Telaga Merdada

Tabel 2. Perbandingan hasil pengamatan nutrisi perairan Telaga Merdada dengan nilai standar perairan eutrofik dari beberapa pustaka.

Parameter	Hasil Pengamatan Telaga Merdada	Nilai Standar Perairan Eutrofik	Pustaka
N Total	1.02 – 1.28 mg/l	0.393 – 0.600 mg/l > 0.600 mg/l	Ryding and Rast (1989) Forbresh & Ryding dalam Bush & Sly (1992)
P Total	1.37 – 1.74 mg/l	0.5-5.0 mg/l 0.016 – 0.386 mg/l >0.030 mg/l	Wetzel (2001) Ryding and Rast (1989) Welch & Lindel dalam Bush & Sly (1992)
Rasio N:P	1 : 1	> 20:1 (temperate) 1 : 1 hingga 2 : 1 (tropis)	Lægreid, et al. (1999)
		16 : 1	Vollenweider dalam Mason (1996)

(Sumber: Lukman, 2002; Sulastri *et al.*, 2004)

Nilai rerata N total di Telaga Merdada cukup tinggi yaitu 1,02 – 1,28 mg/l (Gambar 5.). Kandungan N total pada perairan danau alamiah pada umumnya tidak lebih dari 1 mg/l, kecuali jika terjadi masukan senyawa nitrogen dari luar danau Wetzel (2001). Menurut Mason (1996), kurang lebih separuh nitrogen yang aplikasikan kepada tanaman lolos ke airtanah. Oleh karena itu tingginya nilai nitrogen mengindikasikan pengaruh aktivitas pertanian terhadap perairan danau. Kadar N-organik di perairan Telaga Merdada berkisar antara 0,15 - 0,99 mg/l, dengan rerata secara umum adalah 0,47 mg/l. Kadar N-organik di perairan Telaga Merdada pada masing-masing stasiun sampling relatif rendah. Hal ini dapat disebabkan di sekitar Telaga Merdada telah terjadi perubahan lingkungan dari hutan menjadi pertanian budidaya dan tidak memiliki vegetasi riparian di daerah sempadan, sehingga sumber N-organik seperti seperti jasad organisme, serasah hutan, dan kayu lapuk menjadi minim.

Kadar NH₄ (amonia) di perairan Telaga Merdada pada masing-masing stasiun sampling secara umum, terutama pada stasiun sisi utara dan timur, semakin meningkat seiring dengan kedalaman kolom air. Konsentrasi ammonia tertinggi dijumpai pada stasiun basin terdalam pada jeluk dasar yaitu sebesar 0,81 mg/l. Standar Kualitas Air di Perairan Umum berdasar PP no. 82 tahun 2001, Telaga Merdada sebagai perairan Kelas IV (air untuk pertanian dan usaha perkotaan, industri dan PLTA), mempersyaratkan nilai 0,5 mg/l sebagai amonia. Hal ini perlu diperhatikan, karena nilai amonia di beberapa stasiun sampling Telaga Merdada cukup tinggi, dan amonia tersebut dapat berubah menjadi amonium yang bersifat toksik bagi ikan, apabila terjadi perubahan pH.

Anion nitrat NO₃ (nitrat) mudah bermobilisasi sehingga siap tercuci jika tidak diserap oleh tumbuhan. Menurut Mason (1996), kurang lebih separuh nitrogen yang aplikasikan kepada tanaman lolos ke airtanah. Tingginya nitrat terlarut mengindikasikan bahwa pertanian merupakan contributor utama masuknya nitrogen ke perairan tawar. Kadar nitrat di perairan Telaga Merdada pada masing-masing stasiun sampling berfluktuasi di sepanjang kedalaman kolom air. Konsentrasi nitrat tertinggi dijumpai pada stasiun barat pada jeluk permukaan yaitu 0,22mg/l. Kadar minimum nitrat yang menunjang pertumbuhan fitoplankton yaitu 0,1 mg/l, oleh karena itu perairan Telaga Merdada termasuk sangat menunjang pertumbuhan fitoplankton. Apabila dibandingkan dengan Standar Kualitas Air di Perairan Umum berdasar PP no. 82 tahun 2001,

perairan Telaga Merdada masih berada dalam ambang batas, dimana ambang batas yang dipersyaratkan adalah 20 mg/l.

Hasil pengamatan atas senyawa nitrogen dan fosfor yang dicuplik dari sedimen Telaga Merdada disajikan dalam Tabel 3. Kandungan amonia dan nitrat pada lokasi selatan cukup tinggi dibandingkan dengan lokasi lain. Hal ini dapat disebabkan di lereng selatan banyak dibuka lahan pertanian baru. Pemupukan pada umumnya dilakukan pada awal masa tanam (pembibitan) sehingga diduga residu pupuk masuk ke perairan dan tenggelam di sedimen danau di sekitar selatan. Namun demikian, kedua senyawa ini bersama sedimen dari lokasi yang lain terakumulasi di basin terdalam, sehingga basin terdalam memiliki kandungan amonia terbesar.

Hasil pengamatan nilai terukur pada masing-masing stasiun di perairan Telaga Merdada, berdasarkan acuan OECD dan Carlson, menunjukkan bahwa perairan Telaga Merdada tergolong kelas hipertrofik jika ditinjau dari konsentrasi total fosfor dan transparansi air. Namun apabila ditinjau dari konsentrasi klorofil- a, Telaga Merdada tergolong oligotrofik.

Menurut indeks trofik Carlson, nilai <30–40 termasuk kategori oligotrofik, 40–50 termasuk mesotrofik, 50–70 termasuk eutrofik, dan 70-100+ termasuk hipertrofik (Tabel 5.). Jika ditinjau dari konsentrasi total fosfor, perairan Telaga Merdada pada semua stasiun pengamatan tergolong kelas hipertrofik. Jika ditinjau dari biomassa klorofil-a, perairan Telaga Merdada secara umum termasuk kategori oligotrofik. Jika ditinjau dari kedalaman Secchi, perairan Telaga Merdada di sisi utara, timur dan selatan tergolong hipertrofik; sedangkan di sisi barat dan tengah tergolong eutrofik. Perbedaan status trofik dalam hal trasparansi air dapat dipengaruhi oleh sedimentasi yang lebih tinggi dari sisi utara, timur, dan selatan.

Tabel 3. Hasil Analisis Nutrien Sedimen Telaga Merdada

Nutrien		basin terdalam				
		utara	timur	selatan	barat	
NH ₄	rerata	535.17	536.84	570.34	256.14	1122.03
	st.deviasi	33.14	75.36	89.27	100.76	253.37
NO ₃	rerata	44.48	34.50	82.12	50.70	141.53
	st deviasi	19.02	20.76	54.89	40.32	46.30
N- total	rerata	0.75	0.78	0.93	0.75	1.19
	st.deviasi	0.50	0.04	0.08	0.21	0.04
P-Total	rerata	0.84	0.92	1.07	0.84	1.28
	st.deviasi	0.39	0.08	0.06	0.17	0.07

Tabel 4. Klasifikasi trofik Organization of Economic Committee Development (OECD) dan Carlson (1977)

Status trofik	Total Fosfor ($\mu\text{g l}^{-1}$)		Chlorofil-a ($\mu\text{g l}^{-1}$)		Kedalaman Secchi (m)	
	OECD	Carlson	OECD	Carlson	OECD	Carlson
Oligotrofik	< 10.0	0 - 12	< 2.5	0 - 2.6	> 6.0	> 8 - 4
Mesotrofik	10 - 35	12 - 24	2.5 - 8	2.6 - 7.3	6 - 3	4 - 2
Eutrofik	35 -100	24 - 96	8 - 25	7.3 - 56	3 - 1.5	2 - 0.5
Hipertrofik	> 100	96 -384+	> 25	56 - 155+	< 1.5	0.5 < 0.25

(Sumber: Ryding and Rast, 1989 dalam Mason, 1996)

Tabel 5. Nilai Indeks klasifikasi trofik Telaga Merdada sistem Carlson (1977)

Hasil perhitungan indeks Trofik/ TSI

<i>Stasiun Sampling</i>	<i>Total Fosfor</i>	<i>Status trofik</i>	<i>Chlorofil-a</i>	<i>Status trofik</i>	<i>Kedalaman secchi</i>	<i>Status trofik</i>
Utara Timur Selatan	110.20	Hipertrofik	22.50	oligotrofik	70.0	hipertrofik
Barat	110.54	Hipertrofik	22.49	oligotrofik	70.0	hipertrofik
Basin terdalam	110.42	Hipertrofik	22.80	oligotrofik	70.0	hipertrofik
	108.30	Hipertrofik	23.05	oligotrofik	69.1	eutrofik
	111.73	Hipertrofik	22.45	oligotrofik	69.1	eutrofik

Kondisi demikian dapat disebabkan adanya erosi yang cukup tinggi di Telaga Merdada, sehingga sedimen yang masuk meningkatkan konsentrasi total fosfor air Telaga Merdada. Berbeda halnya dengan nitrogen yang mudah larut dalam air, fosfor cenderung terikat dalam tanah. Dengan demikian tingginya konsentrasi fosfor dalam air dipengaruhi oleh masuknya tanah yang mengandung pupuk ke air Telaga Merdada. Peningkatan fosfor dalam air pada umumnya diikuti oleh tingginya klorofil-a dalam air. Namun tidak demikian yang terjadi di Telaga Merdada. Rendahnya konsentrasi klorofil-a sebagai indikator fitoplankton, menunjukkan bahwa meskipun ditunjang oleh nutrisi yang melimpah, fitoplankton tidak dapat hidup dengan baik. Hal ini diduga disebabkan oleh sedimentasi dan aktivitas penyedotan air yang tersebar di berbagai tempat sehingga menyebabkan kekeruhan dan penurunan transparansi air. Dengan demikian fitoplankton tidak mendapat intensitas cahaya matahari yang cukup untuk berfotosintesis.

Adanya perbedaan status trofik di suatu perairan danau berdasarkan masing-masing parameter dapat terjadi, dan dapat dipahami secara ilmiah. Xiangcan (2003) menjumpai bahwa perairan Caiwobao Lake di China merupakan danau yang memiliki kadar klorofil-a rendah (tergolong oligotrofik), sedangkan kandungan total N dan total P sangat tinggi (tergolong hipertrofik). Caiwobao Lake kemudian digolongkan dalam status sebagai eutrofik. Xiangcan bahkan menggunakan status trofik yang merupakan gabungan dari beberapa kelas trofik sekaligus, pada danau yang parameter-parameternya menunjukkan kategori trofik yang berbeda, yaitu meso-eutrofik untuk Wulung Lake, serta oligo-meso-trofik untuk Qinghai Lake.

Tujuan pengelolaan yang akan dilakukan adalah mengendalikan eutrofikasi Telaga Merdada dan meminimalisasi dampak-dampaknya dalam jangka pendek maupun jangka panjang, secara terpadu baik abiotik, biotik, dan sosial, sesuai dengan karakteristik kawasan Telaga Merdada. Data dan informasi yang dikumpulkan dan dianalisa dalam survey lapangan menjadi bahan pertimbangan penyusunan arahan pengendalian status trofik Telaga Merdada.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan karakteristik lingkungan Telaga Merdada, strategi jangka pendek untuk mereduksi nutrisi berlebih di Telaga Merdada adalah dengan metode yaitu aerasi dan pengerukan sedimen. Kemudian, strategi jangka panjang untuk mengendalikan status trofik Telaga Merdada agar berkelanjutan menggunakan pendekatan:

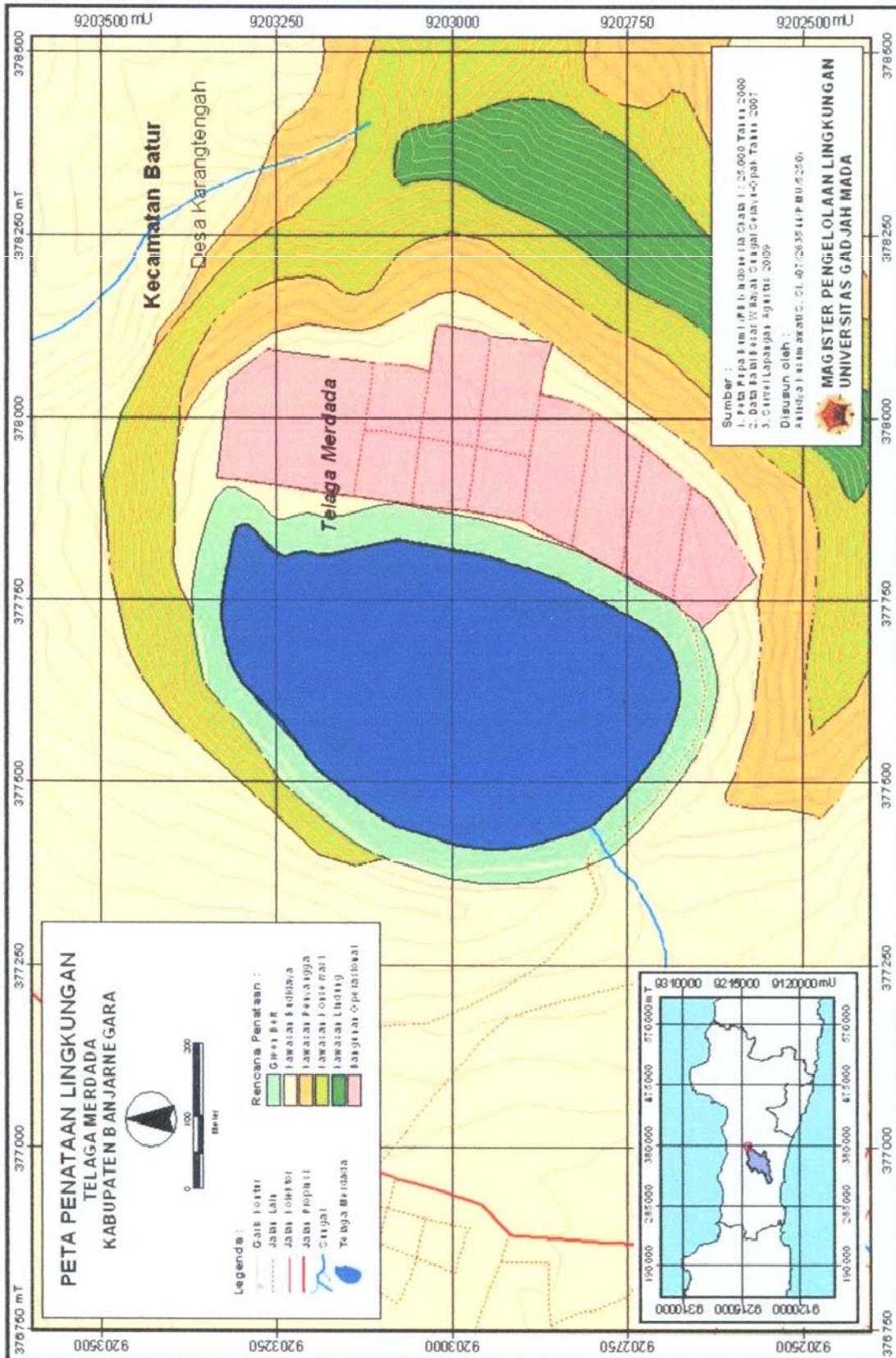
1. Abiotik, yaitu dengan praktek-praktek konservasi tanah secara mekanis (manajemen lahan, pola pertanian sejajar garis kontur, pembuatan lubang sedimen); maupun kimiawi (penggunaan *soil conditioner*, pengaturan waktu dalam pengaplikasian pupuk, pengembangan pupuk organik, dan pengendalian jumlah pupuk yang diaplikasikan).
2. Biotik, yaitu dengan reboisasi daerah tangkapan air, zona *green-belt*, pertanian *buffer strip*, pagar hidup, pengembangan bibit kentang yang dapat ditanam pada lahan landai.
3. Sosial, yaitu dengan sosialisasi dan konsultasi publik tentang penatan lingkungan, insentif dan disinsentif terhadap penegakan hukum, pengembangan *eco-tourism*, peternakan,

koperasi dan kredit usaha kecil, peningkatan program Keluarga Berencana, keterpaduan sektor- keterpaduan disiplin ilmu-keterpaduan wilayah-keterpaduan *stakeholder*.

Rencana penatagunaan lingkungan yang dapat dilakukan untuk mengendalikan eutrofikasi di Telaga Merdada yaitu sebagai berikut:

- a. penataan batas terluar dan sempadan danau sesuai peraturan perundangan yang berlaku,
- b. zonasi pemanfaatan lahan sesuai karakteristik lingkungan

Penataan lingkungan di sekitar Telaga Merdada harus sesuai dengan kemiringan lereng lahan. Lahan yang mempunyai lereng $> 40\%$ merupakan kawasan lindung, sehingga harus dilakukan aksi penghutanan kembali (reboisasi). Lahan dengan kemiringan lereng $25 - 40\%$ merupakan kawasan konservasi; berarti pada lahan konservasi dapat dilakukan budidaya, namun harus disertai usaha konservasi lahan dengan teras bangku. Lahan yang mempunyai lereng $15 - 25\%$ merupakan daerah penyangga; pada daerah ini dapat dilakukan budidaya, namun harus disertai konservasi lahan dengan terasering. Sedangkan lahan dengan lereng $< 15\%$ dapat dijadikan kawasan budidaya yang menggunakan praktek pertanian ramah lingkungan. Berdasarkan kategorisasi tersebut maka rencana pengelolaan kawasan Telaga Merdada disusun seperti terlihat dalam dalam Gambar 6.



Gambar 6 . Rancangan Penataan Lingkungan Telaga Merdada

KESIMPULAN

1. Status trofik perairan Telaga Merdada berdasarkan kandungan nutrisi dan transparansi air menunjukkan bahwa perairan Telaga Merdada tergolong kategori eutrofik-hipertrofik; namun belum diikuti terjadinya *blooming algae*.
2. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan karakteristik lingkungan Telaga Merdada, strategi jangka pendek untuk mereduksi nutrisi berlebih di Telaga Merdada adalah dengan metode yaitu aerasi dan pengerukan sedimen. Kemudian, strategi jangka panjang untuk mengendalikan status trofik Telaga Merdada agar berkelanjutan menggunakan pendekatan:
 - a. Abiotik, yaitu dengan praktek-praktek konservasi tanah secara mekanis (manajemen lahan, pola pertanian sejajar garis kontur, pembuatan lubang sedimen); maupun kimiawi (penggunaan *soil conditioner*, pengaturan waktu dalam pengaplikasian pupuk, pengembangan pupuk organik, dan pengendalian jumlah pupuk yang diaplikasikan).
 - b. Biotik, yaitu dengan reboisasi daerah tangkapan air, zona *green-belt*, pertanian *buffer strip*, pagar hidup, pengembangan bibit kentang yang dapat ditanam pada lahan landai.
 - c. Sosial, yaitu dengan sosialisasi dan konsultasi publik tentang penatan lingkungan, insentif dan disinsentif terhadap penegakan hukum, pengembangan *eco-tourism*, peternakan, koperasi dan kredit usaha kecil, peningkatan program Keluarga Berencana, keterpaduan sector keterpaduan disiplin ilmu-keterpaduan wilayah-keterpaduan *stakeholder*.
3. Rencana penatagunaan lingkungan yang dapat dilakukan untuk mengendalikan eutrofikasi di Telaga Merdada yaitu dengan penataan batas terluar dan sempadan danau sesuai peraturan perundangan yang berlaku; serta zonasi pemanfaatan lahan sesuai karakteristik lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1981. Dieng Plateau: Obyek dan Legendanya. Tourist Information Centre. Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Pemerintah Kabupaten Wonosobo. Wonosobo, hal: 14.
- Anonim. 2007. Kabupaten Banjarnegara dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara dan Bappeda Kabupaten Banjarnegara.
- Ferguson, A. J. D., M. J. Pearson, and C. S. Reynolds. 1996. Eutrophication of Natural Waters and Toxic Algal Blooms. *In*: Hester, R. E., and R.M. Harrison (edt.), Issues in environmental science and technology: Agricultural chemicals and the environmental. The Royal Society of Chemistry, UK, p: 27-40.
- Lukman, 2002. Karakteristik kualitas air kawasan Danau Lindu Sulawesi Tengah. *Dalam*: Prosiding Seminar Nasional Limnologi: Menuju Kestinambungan Pemanfaatan Sumberdaya Perairan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor, hal: 109-117.
- Mason, C. F. 1996. Biology of fresh water pollution. 3rd edition. Longman Scientific & Technical. Singapore. pp: 93-131.
- Marganof. 2007. Model pengendalian pencemaran perairan di Danau Maninjau, Sumatera Barat. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Meutia, A.A., A. Suryono, dan S. Nomosatrio. 2004. Profil nutrisi Danau Singkarak. *Dalam*: W. B. Setyawan, P. Purwati, S. Sunanisari, D. Widarto, R. Nasution, dan O. Atijah (eds.), Interaksi daratan dan lautan : pengaruhnya terhadap sumberdaya dan lingkungan. Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan, Kedepujian Ilmu Pengetahuan Kebumihan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, Indonesia, hal:

389-400.

- Sulastri, Apip, dan L. Subehi. 2004. Perubahan komposisi fitoplankton dan tingkat eutrofikasi Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Dalam: W. B. Setyawan, P. Purwati, S. Sunanisari, D. Widarto, R. Nasution, dan O. Atijah (eds.), Interaksi daratan dan lautan: pengaruhnya terhadap sumberdaya dan lingkungan. Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan, Kedepujian Ilmu Pengetahuan Kebumihan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, Indonesia, hal: 369-388.*
- Sulawesty, F., A. Damayanti dan Awalina. 2004. Struktur komunitas fitoplankton di Situ Cibuntu dan hubungannya dengan beberapa parameter kualitas perairan. *Dalam: W. B. Setyawan, P. Purwati, S. Sunanisari, D. Widarto, R. Nasution, dan O. Atijah (eds.), Interaksi daratan dan lautan : pengaruhnya terhadap sumberdaya dan lingkungan. Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan, Kedepujian Ilmu Pengetahuan Kebumihan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, Indonesia, hal: 389-416.*
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology lake and river ecosystem*. 3rd edition. Academic Press. San Diego, p: 23-34, 80-81, 132-134, 790-791, 836-839.
- Xiangcan, J. 2003. Analysis of eutrophication state and trend for lakes in China. *J. Limno.*, **62(2)**: 60-66.
- Yin, H., Z. Xu, Y. Yao. 2007. Eco-hydraulics techniques for controlling eutrophication of small scenery lakes: A case study of Ludao Lake in Shanghai. *Journal of Hydrodynamics*, **19(6)**: 776-783.