

STATUS TROFIK WADUK MANGGAR KOTA BALIKPAPAN DAN STRATEGI PENGELOLAANNYA

Ira Tri Susanti¹, Setia Budi Sasongko², dan Sudarno³

¹Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Jl. Imam Bardjo Semarang

²Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jl. Prof H. Sudarto SH Semarang

³Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jl. Prof H. Sudarto SH Semarang

*Email : ira_tri_susanti@yahoo.co.id

ABSTRAK

*Kondisi air waduk Manggar yang merupakan sumber air baku bagi Kota Balikpapan hingga tahun 2009 dalam keadaan eutrofik sedang. *Salvinia molesta* yang merupakan gulma yang hidupnya mengambang di air, mengindikasikan kondisi perairan waduk Manggar yang eutrofik. Adanya aktivitas masyarakat disekitar waduk dan permasalahan di dalam waduk sendiri yaitu akasia yang terendam dan tumbuhan air *salvinia sp*, mempengaruhi kualitas air waduk sebagai air baku. Penelitian ini bertujuan untuk: Menganalisa tingkat trofik waduk Manggar dan menentukan strategi dalam pengelolaan waduk. Metode penelitian yang digunakan dalam penentuan status trofik dengan pengambilan sample pada 3 (tiga) lokasi yang dianggap mampu memberi gambaran tentang kondisi waduk Manggar dilihat dari kandungan Nitrogen, Phospat dan Klorofil a. Hasil penelitian dengan menggunakan perhitungan Indeks Kesuburan (*Tropik Status Index/TSI*) Carlson's dan menggunakan tabel *TSI Carlson's* memperlihatkan bahwa waduk masuk dalam kategori mesotrophik dan eutrophik ringan yang artinya perairan tersebut telah mengalami penyuburan. Penentuan strategi dalam pengelolaan waduk melalui wawancara mendalam dengan para ahli dan dengan menggunakan metode AHP. didapatkan beberapa kriteria yang memiliki bobot penting dalam pengelolaan serta strategi dalam pengelolaan waduk Manggar.*

Kata Kunci: AHP, Eutrofik, Kualitas Air, *Salvinia Molesta*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kondisi Kota Balikpapan yang tidak mempunyai sungai-sungai besar yang berfungsi sebagai pemasok air baku, sehingga alternatif yang diambil adalah dengan membuat waduk dan memanfaatkan air tanah. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat Balikpapan dibangun waduk tadah hujan, yaitu Waduk Manggar. Waduk ini merupakan sumber air baku bagi warga Kota Balikpapan yang terletak di kawasan hutan lindung Sungai Manggar. Kawasan ini sebelum ditetapkan sebagai hutan lindung, telah ada kehidupan masyarakat didalamnya terutama pemukiman bagi program transmigrasi yang telah ada sejak tahun 1960. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan air bersih di kota Balikpapan maka kapasitas waduk diperbesar. Peningkatan kapasitas dengan meninggikan waduk mempengaruhi kualitas air. Peninggian Waduk Manggar dari 5,8 MMP menjadi 10,3 MMP (measurement meter point) memberi

pengaruh pada luas daerah genangan dari 198 ha menjadi 443 ha, hal ini menyebabkan lahan masyarakat yang terlebih dahulu ada ikut tergenang. Luasan daerah genangan, menyebabkan 70 Ha pohon akasia yang ditanam 1992 dalam hutan lindung ikut terendam dan mati, namun karena waduk ini merupakan kawasan hutan lindung, maka penebangan akasia yang mati karena genangan waduk tidak diijinkan. Hasil analisa kualitas air waduk Manggar tahun 2009 dengan nilai Total State Indeks sebesar 62,343 menunjukkan kondisi eutrofik sedang. Adanya tumbuhan air *Salvinia Molesta* yang hidupnya mengambang di air, mengindikasikan kondisi perairan waduk Manggar yang eutrofik. Meski tidak berbahaya namun *Salvinia sp* merupakan ancaman agresif yang dapat menghancurkan dampak ekologi pada sistem perairan. Kehadiran *Salvinia sp* dapat menekan pertumbuhan vegetasi dan menurunkan kualitas air, ikan

dan beberapa nilai ekologi lainnya (McFarland, 2004) Permasalahan yang serupa juga dikemukakan dalam hasil penelitian Wibowo (2004), menyatakan bahwa perkebangbiakan tumbuhan air seperti enceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan ganggang rantai (*Hydrilla sp*) di perairan Rawa Pening yang tidak terkendali telah mempercepat proses sedimentasi, melalui penimbunan material yang membusuk dari sisa-sisa tumbuhan-tumbuhan air tersebut di dasar danau. Menurut Sharpley (2000) adanya eutrofikasi dapat membatasi fungsi air permukaan baik untuk perikanan, rekreasi maupun keperluan air minum karena keberadaan mikroorganisme yang tidak diinginkan secara berlebihan. Selain itu kematian dan dekomposisi organisme perairan dapat menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen. Waduk Manggar yang terletak di kawasan DAS Manggar yang sebelum ditetapkan sebagai Hutan Lindung telah ada kehidupan masyarakat di dalamnya terutama pemukiman bagi program transmigrasi dan hingga kini belum terbebas dari kegiatan di sekitarnya menimbulkan berbagai masalah yang mengakibatkan buruknya kualitas air. Upaya penambahan kapasitas waduk agar mampu memenuhi kebutuhan air juga ikut memberikan tekanan terhadap kualitas air baku. Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana tingkat trofik waduk Manggar berdasarkan pada kandungan nitrogen, fosfor dan kandungan khlorofil a ?
2. Bagaimana strategi kebijakan yang tepat dalam mengelola waduk Manggar untuk mencegah penurunan kualitas air baku?

Tujuan

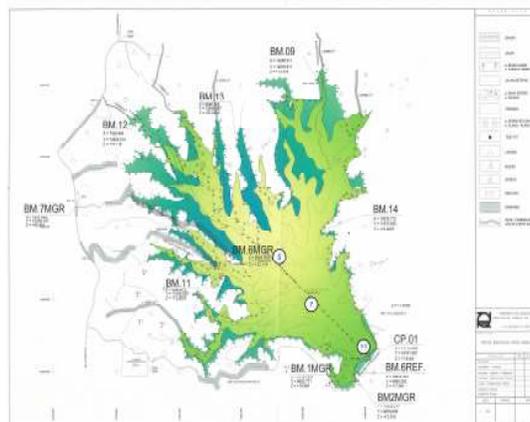
Tujuan penelitian adalah menganalisa tingkat trofik Waduk Manggar berdasarkan

pada kandungan nitrogen, fosfor dan kandungan khlorofil a serta menentukan strategi kebijakan pengelolaan waduk Manggar.

METODOLOGI PENELITIAN

Tipe penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Metode penelitian kombinasi ini adalah suatu metode penelitian yang mengkombinasikan atau menggabungkan antara metode kuantitatif dan metode kualitatif untuk digunakan secara bersama-sama dalam suatu kegiatan penelitian, sehingga diperoleh data yang lebih komprehensif, valid reliabel dan obyektif (Sugiyono, 2012). Penelitian deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan kondisi status trofik waduk Manggar. Analisa strategi kebijakan melalui wawancara mendalam dengan *keypersons*. Data yang diperoleh diharapkan bisa digunakan untuk menyusun strategi kebijakan pengelolaan waduk Manggar untuk menjaga dan meningkatkan kualitas air baku waduk Manggar melalui analisa AHP dengan bantuan program *expert choice 11.0*. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus, yaitu metode dimana segala aspek harus diamati sepenuhnya, sedangkan hasil analisa datanya hanya berlaku untuk tempat dan jangka waktu tertentu. Untuk penentuan status trofik waduk Manggar, maka ditentukan 3 (tiga) lokasi yang dianggap mampu memberi gambaran tentang kondisi waduk Manggar dilihat dari kandungan Nitrogen, Phospat dan *Khlorofil a*.

Segmen I: Lokasi yang banyak tutupan *Salvinia molesta* (Titik 5); Segmen II: Lokasi yang tertutup sebagian dengan *Salvinia molesta* (Titik 7); Segmen III: Lokasi yang relatif tidak ada tutupan *Salvinia molesta* (Titik 11)



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampling Khlorofil

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air sungai

Pengambilan dan pengujian sampel untuk menentukan nilai khlorofil digunakan data sekunder PDAM Kota Balikpapan bulan Februari 2012 dan Mei 2012, dimana pada bulan tersebut sudah dapat mewakili kondisi musim kemarau dan penghujan. Sampel diuji ke Laboratorium Perikanan Universitas Hasanudin Ujung Pandang.

Kandungan unsur hara dalam dalam perairan bisa meningkatkan kesuburan perairan. Proses ini biasa di sebut eutrofikasi yang dalam kondisi tertentu dapat bersifat merugikan, karena bisa menjadi stimulan bagi pertumbuhan flora aquatik yang menyebabkan perairan tersebut tertutup dan mengganggu kondisi ekologi perairan (Suryono, dkk, 2008). Pada dasarnya proses eutrofikasi merupakan proses alami yang bisa terjadi pada setiap perairan tergenang, Namun peningkatan aktivitas manusia di sekitarnya juga dapat menyebabkan proses ini menjadi lebih cepat.

Data status trophik waduk Manggar tahun 2009 dan tahun 2011 diperoleh bahwa kondisi waduk sudah termasuk kategori Eutrophik/ kaya nutrisi dimana dari 4 parameter penentu kesuburan (kecerahan, khlorofil a, nitrogen dan fospor), 3 parameter (kecerahan, nitrogen dan fospor) sudah melebihi ambang batas. Bila dilihat dari parameter Nitrogen dan transparansi, besarnya sangat melebihi ambang batas yang ditetapkan, sehingga

dapat disimpulkan waduk Manggar pada saat pengambilan sampel tersebut dalam kondisi kesuburan tinggi.

Penentuan tingkat kesuburan dengan menggunakan perhitungan Indeks Kesuburan (Tropik Status Index, TSI) Carlson's 1977 :

1. Total fosfat dianalisis menggunakan Spektrofotometri Ammonium Molybdate (APHA, 1991)
2. Klorofil a dianalisis menggunakan spektrofotometer sesuai metode spektrofotometri (APHA, 1991)
3. Kecerahan menggunakan pengukuran cakram sechi.

$$TSI\ TP = 14,42 \times Ln(TP) + 4,15 \ (\mu g/l)$$

$$TSI\ CA = 30,6 + 9,81 \times Ln[Klor-a] \ (\mu g/l)$$

$$TSI\ -SD = 60 - 14,41 \times Ln[Secchi] \ (meter)$$

$$Rata-rata\ TSI = \frac{(TSI-P + TSI-Kla + TSI-SD)}{3}$$

Dimana :

TSI –TP : nilai indeks kesuburan untuk total fosfat

TSI –Kla : Nilai indeks kesuburan untuk klorofil a dan

TSI – SD : Nilai indeks kesuburan untuk ke dalam Secchi Disk

Data hasil pengambilan sampel selanjutnya dikelompokkan pada **Tabel 1**. Berdasarkan hasil sampel tersebut, maka dapat dihitung nilai Total State Indeks yang dapat dilihat dalam **Tabel 2**.

Tabel 1. Data Hasil Sampling

No	Titik	Februari				Mei			
		Klorofil a (mg/m ³)	N (%)	P Total (mg/m ³)	Sechi Disk	Klorofil a (mg/m ³)	N (%)	P Total (mg/m ³)	Sechi disk
1	Titik 5	6.239	0.33	20.21	1.8	40.602	0.31	10.21	1.9
2	Titik 7	8.461	0.16	18.55	1.9	29.539	0.2	18,21	1.7
3	Titik 11	1.491	0.25	16.54	1.9	33.515	0.24	10.47	1.8

Sumber : Data Sekunder PDAM Kota Balikpapan 2012.

Tabel 2. Nilai Total State Indeks

No	Titik	Februari				Mei			
		TSI Kla	TSI P	TSI SD	Rata-rata TSI	TSI Kla	TSI P	TSI SD	Rata-raia TSI
1.	Titik 5	48.560	47.859	51.53	49.316	66.934	38.013	52.352	51.899
2.	Titik 7	51.549	46.623	50.75	49.641	63.814	46.356	51.53	54.174
3.	Titik 11	34.519	44.969	50.75	43.413	65.054	38.376	50.75	51.653

Dari data diatas berdasarkan tabel TSI Carlson's termasuk kategori mesotrophik dan eutrophik ringan. Pada bulan Februari dan Mei di titik 7 yang merupakan akumulasi semua aliran masuk memiliki nilai tertinggi antara 49,641 hingga 54,174 yang berarti masuk kategori Eutropik ringan. Kondisi pada titik 7 yang merupakan akumulasi air masuk yang memiliki kecenderungan nilai TSI yang meningkat perlu mendapat perhatian agar tidak semakin subur. Kondisi ini kemungkinan besar selain akibat proses alami waduk juga dari banyaknya pembusukan akasia di daerah ini.

Machbub, dkk (2003) mengemukakan bahwa terjadinya eutrofikasi di suatu perairan danau dan waduk dapat dideteksi melalui berbagai indikator, yaitu: (1) menurunnya konsentrasi oksigen terlarut di zona hipolimnion; (2) meningkatnya zat hara yaitu nitrogen dan fosfor badan air; (3) menurunnya transparansi perairan, serta (4) meningkatnya padatan tersuspensi, terutama yang mengandung bahan organik. Indikator-indikator tersebut merupakan tanda umum, namun pemantauan parameter kualitas air tetap harus dilakukan, terutama parameter terkait dengan proses eutrofikasi.

Kondisi perairan yang sudah mengalami penyuburan dapat menyebabkan proses pengelolaan air yang digunakan sebagai bahan baku air minum akan lebih sulit (Suryono.dkk, 2008). Perlu ada pengolahan awal pada daerah hulu dan titik 7 agar kesuburan waduk tidak semakin meningkat selain juga memperkecil beban pencemaran yang masuk kedalam waduk.

Khlorofil a

Peningkatan unsur P akan meningkatkan juga jumlah klorofil a yang dapat menghambat masuknya sinar matahari ke dalam waduk. Konsentrasi khlorofil a juga bergantung dengan musim, bila musim hujan kandungan konsentrasi klorofil a lebih tinggi, karena curah hujan juga membawa unsur hara ke perairan dari daratan. Kecenderungan tingginya konsentrasi klorofil a ada pada titik 5 dan 7, yang merupakan titik akumulasi beban nutrien N dan P dari setiap sub das dan daerah sekitar. Konsentrasi klorofil yang tinggi mengindikasikan tingkat kesuburan perairan tersebut. Kandungan waduk yang tercemar dengan zat organik (N dan P) dapat menyebabkan pada malam hari waduk akan kekurangan oksigen (Komarawidjaya, 2011).

Kandungan Phospat

Sumber fosfor dalam waduk Manggar, selain dari limbah domestik, limbah pertanian, hancuran bahan organik. Adanya lahan pertanian/ perkebunan yang tergenang setelah kapasitas waduk ditinggikan juga mempengaruhi kandungan phospat dalam air waduk. Fosfor dari olahan pertanian terbawa melalui *runoff* dan erosi. Fosfor yang terbawa dari lapisan tanah melalui proses yang kompleks, ditemukan dalam air hujan dan tanah serta faktor yang mempengaruhi aliran permukaan dan erosi (Sharpley, et all, 1994). Pada umumnya untuk air permukaan kadar P merupakan faktor pembatas. Status tropik dan penurunan kadar oksigen sangat erat kaitannya, waduk/danau dengan kadar Phospor yang tinggi biasanya juga memiliki kadar Oksigen yang rendah. (Hupfer & Lewandowski , 2008). Phospat merupakan elemen kunci diantara nutrien utama tanaman (C, karbon; N, Nitrogen dan P, Fosfor) didalam proses eutrofikasi (Rosariawari, 2010).

Kecerahan

Pada ke 2 lokasi stasiun pengambilan sampling, kecerahan yang diukur dengan sechi disk hanya mencapai kedalaman tidak sampai 2m. Kecerahan selain dipengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk juga dipengaruhi waktu pengukuran, keadaan cuaca.

Selain berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode Total State Indeks, sesuai dengan Peraturan menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 tahun 2009 tentang Metode Daya Tampung Beban Pencemaran Air dan Danau dan /atau waduk, dengan nilai kecerahan dibawah 2,5 m dikategorikan dalam status *Eutrofikasi*.

Kandungan Nitrogen

Senyawa nitrogen yang dialirkan ke badan air terutama berasal dari kegiatan manusia. Manusia dan binatang menghasilkan unsur-unsur nitrogen. Sedangkan dari sumber pencemar tersebar (*non point sources*) berasal dari pertanian atau pengolahan lahan dengan pemupukan dan lahan permukiman yang menimbulkan senyawa nitrogen yang berlebihan. Bila dilihat dari kondisi sekitar waduk dan sejarah keberadaan waduk, ada kemungkinan senyawa nitrogen dan phospat yang ada karena dulunya waduk merupakan sawah sehingga keberadaan senyawa tersebut mungkin sudah ada terlebih dahulu.

Strategi dalam Pengelolaan Waduk

Upaya pengelolaan waduk untuk menjaga kualitas airnya dapat dilakukan dengan pengendalian pencemaran air waduk dengan beberapa strategi. Strategi yang diperoleh dari hasil wawancara dengan key-person yang berkompeten.

Dari hasil wawancara didapatkan beberapa kriteria yang dapat diterapkan dalam pengelolaan waduk Manggar, yaitu :

1. Upaya pengelolaan Waduk Manggar dipandang dari Aspek Ekologis
 - a. Konservasi daerah hulu waduk (Penambahan Area Buffer Zone Waduk dengan Tanaman yang sesuai sebagai filter alami) (A1)
 - b. Pembersihan waduk dari akasia yang telah mati dan gulma/Salvinia (A2)
 - c. Pembatasan kegiatan usaha di daerah hulu waduk (A3)
2. Upaya pengeloalan Waduk Manggar dipandang dari Aspek Teknis
 - a. Pembuatan Cek dam pada semua sub Das Manggar (B1)

- b. Pre-Treatment aliran air sebelum masuk Waduk pada Sub Das (B2)
- c. Penambahan Peralatan pengolahan didalam waduk (B3)
3. Upaya pengelolaan Waduk Manggar dipandang dari Aspek Sosial Ekonomi
 - a. Relokasi kegiatan masyarakat (C1)
 - b. Mekanisme pemberian insentif dan disinsentif bagi kegiatan yang berada di daerah hulu dan sekitar waduk yang sudah ada (C2)
 - c. Pertanian ramah lingkungan dan penggantian jenis tanaman (C3)
4. Upaya pengelolaan Waduk Manggar dipandang dari Aspek Sosial kelembagaan
 - a. Pembentukan Badan Pengelola DAS Manggar (D1)
 - b. Menetapkan system zonasi wilayah (D2)
 - c. Peningkatan Koordinasi antar instansi dan Penyuluhan tentang pentingnya Sungai Manggar (D3).

Tabel 3. Alternatif Strategi Pengelolaan Waduk Manggar

Aspek	Kode	Alternatif	Keterangan
Ekologi	A1	Konservasi daerah hulu waduk	Penambahan area buffer zone waduk dengan tanamanan yang sesuai dengan filter alami
	A2	Pembersihan waduk dari akasia yang telah mati dan Salvinia (gulma)	Pencabutan akasia yang mati terendam dan pembersihan dari salvinia dengan metode fisik
	A3	Pembatasan kegiatan usaha di daerah hulu waduk	Pembatasan kegiatan usaha dan memperketat pengelolaan lingkungan dengan baku mutu outlet air limbah yang lebih ketat
Teknis	B1	Pembuatan cek dam pada semua sub das Manggar	Cek dam yang berfungsi mengendalikan sedimen yang masuk ke dalam daerah genangan waduk dan pembentukan zona pembatas daerah sekitar waduk Manggar
	B2	Pre treatment aliran air sebelum masuk waduk pada sub das	Treatment awal, sebelum aliran masuk ke dalam waduk Manggar
	B3	Penambahan Peralatan pengolahan pada waduk	Penambahan peralatan dan modifikasi peralataqn pengolahan sesuai kondisi kualitas air
Sosial Ekonomi	C1	Relokasi kegiatan masyarakat	Pemindahan kegiatan yang dianggap memiliki kontribusi pencemaran dalam hal ini peternakan
	C2	Mekanisme pemberian insentif dan disinsentif	Pemberian kemudahan atau keringanan bagi kegiatan yang mampu mengolah usahanya dengan baik atau peringatan dan sanksi bagi ya ng melanggar
	C3	Pertanian ramah lingkungan dan	Penggunaan pestisida dan pupuk yang ramah lingkungan dan tanaman yang

Aspek	Kode	Alternatif	Keterangan
		penggantian jenis tanaman	tidak membutuhkan pestisida
Sosial kelembagaan	D1	Pembentukan Badan pengelola DAS Manggar	Belum adanya Perda pembentukan Badan Pengelolan yang bertanggung jawab terhadap Hutan Lindung Sungai Manggar
	D2	Menetapkan system zonasi wilayah kegiatan	Pembatasan wilayah yang diijinkan ada kegiatan dan yang harus steril dari kegiatan
	D3	Peningkatan koordinasi antar instansi dan Penyuluhan	PDAM sebagai pengolah air, BLH dan Badan Pengelola. Serta dengan instansi lain yang berkompeten

Sumber: Data Primer 2012

Tahapan selanjutnya dalam analisis data (Saaty, 1993) adalah identifikasi sistem, penyusunan struktur hirarki, perbandingan berpasangan, pembuatan matriks pendapat individu, pembuatan matriks pendapat gabungan, pengolahan horisontal dan pengolahan vertikal. Dengan program *expert choice 11.0*, akan ditunjukkan skala prioritas dalam upaya pengelolaan waduk Manggar. Urutan skala prioritas tersebut sesuai dengan bobot dari masing-masing alternatif.

Hasil pembobotan dengan menggunakan program *expert choice 11.0* menunjukkan bahwa nilai bobot dari masing-masing alternatif adalah sebagai berikut: Konservasi daerah hulu memiliki bobot 0.389 (1), Relokasi kegiatan masyarakat memiliki bobot 0.125 (2), Pembatasan kegiatan usaha di daerah hulu waduk memiliki bobot 0.095 (3), Menetapkan sistem zonasi wilayah kegiatan sebesar 0.093 (4), Pembentukan badan pengelola DAS Manggar memiliki bobot 0.084 (5), Pembersihan waduk dari tegakan akasia dan *Salvinia* sebesar 0,076 (6), Pertanian ramah lingkungan dan penggantian jenis tanaman memiliki bobot sebesar 0,062 (7), Pre treatment aliran air sebelum masuk waduk memiliki bobot sebesar 0,031 (8), Peningkatan koordinasi antar instansi dan penyuluhan memiliki bobot sebesar 0,019 (9), Mekanisme pemberian insentif dan disinsentif memiliki bobot sebesar 0,016(10), Pembuatan cek DAM pada semua Sub DAS memiliki bobot sebesar 0,007 (11) dan penambahan peralatan pengolahan memiliki bobot sebesar 0,004 (12).

KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

1. Status trofik Waduk Manggar berdasarkan kandungan Nitrogen, fosfor dan khlorofil

adalah mesotropik dan eutrofik ringan. Artinya ada cukup unsur hara dan memiliki kecenderungan peningkatan unsur hara dan tercemar oleh peningkatan kadar Nitrogen dan Phospor.

2. Kandungan unsur hara ini bisa jadi karena adanya pembusukan akasia yang telah mati yang hingga kini tidak ada ijin dari Menteri kehutanan dalam pencabutan dan pembersihan tegakan Akasia serta kondisi waduk yang sebagian dulunya berupa sawah sehingga sudah banyak memiliki kandungan unsur hara didalamnya.
3. Strategi yang diperoleh sesuai pembobotan :
 Konservasi daerah hulu memiliki bobot 0.389 (1), Relokasi kegiatan masyarakat memiliki bobot 0.125 (2), Pembatasan kegiatan usaha di daerah hulu waduk memiliki bobot 0.095 (3), Menetapkan sistem zonasi wilayah kegiatan sebesar 0.093 (4), Pembentukan badan pengelola DAS Manggar memiliki bobot 0.084 (5), Pembersihan waduk dari tegakan akasia dan *Salvinia* sebesar 0,076 (6), Pertanian ramah lingkungan dan penggantian jenis tanaman memiliki bobot sebesar 0,062 (7), Pre treatment aliran air sebelum masuk waduk memiliki bobot sebesar 0,031 (8), Peningkatan koordinasi antar instansi dan penyuluhan memiliki bobot sebesar 0,019 (9), Mekanisme pemberian insentif dan disinsentif memiliki bobot sebesar 0,016(10), Pembuatan cek DAM pada semua Sub DAS memiliki bobot sebesar 0,007 (11) dan penambahan peralatan pengolahan memiliki bobot sebesar 0,004 (12).

Saran

1. Perlu adanya kebijakan dalam pengelolaan waduk dalam upaya mencegah dan mengurangi pencemaran,

serta menjaga sumber air dengan pembagian tanggung jawab dan optimalisasi koordinasi instansi terkait dalam penanganan Das Manggar dan Waduk Manggar.

2. Perlu ada penelitian kandungan unsur hara pada tanah di waduk sehingga akan diketahui penyebab utama dari pencemaran selain dari luar waduk.

Rekomendasi

1. Melihat kondisi waduk Manggar, maka rekomendasi yang dapat disampaikan untuk menjaga agar kondisi waduk tidak terus menurun antara lain:
 - a) Pembangunan IPAL Komunal bagi pemukiman terdekat dengan waduk, agar lebih mudah dalam mengontrol dan mengelola kualitas air buangan pemukiman
 - b) Peningkatan sanitasi penduduk dan pengolahan limbah kegiatan (pertanian dan peternakan)
2. Penanganan *salvinia sp* selain dengan perlakuan fisik, dapat juga dengan kombinasi metode kimia dan biologi
 - a) Metode Kimia
Penanganan jangka panjang dengan herbisida dikhawatirkan akan semakin menambah degradasi lingkungan. Bila hanya untuk penanggulangan sesaat cukup efektif, namun tidak dalam waktu lama dan sering.
 - b) Metode biologi
Introduksi biotik kedalam wilayah perairan sering menjadi pilihan selain juga perlakuan secara fisik dan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Hupfer, M. Lewandowski J. 2008, Oxygen Controls the Phosphorus Release from Lake Sediments—a Long-Lasting Paradigm in Limnology, Interscience.
- Komarawidjaja,W. 2011. Penentuan Konsentrasi Klorofil a Sebagai Indikator Kualitas Perairan Waduk Saguling.ejurnal. bbpt.go.id.
- Machbub,B, Fulazzaky, M.A., Brahmana, S. dan.Yusuf, I.A., 2003. Eutrophication of Lakes and Reservoir and Its Restoration in Indonesia. Jurnal Litbang Pengairan Vol.17(50), Puslitbang Pengairan, Bandung.
- McFarland, DG. Nelson, LS. Grodowitz, MJ. Smart, RM. dan Owens, CS. 2004. *Salvinia molesta* D.S.Mitchell (Giant Salvinia) in the United States: A review

of Species Ecology and Approaches to Management. Environmental Laboratory. Engineer Research and Development Center.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Metode Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk.

Rosariawari,F. 2010. Efektivitas Multivalen Metal Ions dalam Penurunan Kadar Phospat Sebagai Bahan Pembentuk Detergen. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol. 2 No.1

Saaty. TL. 1993. Pengambilan keputusan – bagi para pemimpin: Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks. Liana S, Penerjemah; Kirti P, Editor; PT. Gramedia. Terjemahan dari: Decision Makeing for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in Complex World.

Sharpley. AN, Chapra, S.C, Wedepohl.R, Sims.J.T, Daniel T.C, and Reddy K.R. 1994.Managing Agricultural Phosphorus for Protection of Surface Waters :Issues and Options. J. Environ.Qual. Vol. 23

Sharpley,AN. 2000. Agriculture and Phosporus Management : the Chesapeake Bay. CRC. Press. LLC. Boca Raton

Sugiono.2012. Metode Penelitian Kombinasi. Bandung. Alfabetha.

Suryono, T. Nomosatryo, S. dan Mulyana,E. 2008, Tingkat Kesuburan Danau-danau di Sumatra Barat dan Bali. Jurnal Limnotek.Vol XV.No.2.p.99-111. 2008.

Wibowo, H. 2004. Tesis: Tingkat Eutrofikasi Rawa Pening Dalam Kerangka Kajian Produktivitas Primer Fitoplanton. Program Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro