

KONSERVASI DANAU RANU PANE DAN RANU REGULO DI TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU (Conservation of Ranu Pane and Ranu Regulo Lakes in Bromo Tengger Semeru National Park)

Reny Sawitri* dan/and Mariana Takandjandji

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor, Jawa Barat, Indonesia Tlp. (0251) 8633234; Fax (0251) 8638111

Info artikel:	ABSTRACT
Keywords: Conservation, ecosystems, lakes, pollution, water quality	<i>The lakes in Bromo Tengger Semeru National Park (BTSNP) have a caldera or giant crater, however, the intensification of land use surrounding as a residential area, agricultural land and natural tourism gived the impacts to lakes. The study was carried out at lakes of Ranu Pane and Ranu Regulo, in Bromo Tengger Semeru National Park (TNBTS), East Java Province. The study purposed to know ecosystem changing of lakes and recommendation of conservation strategies. The research method was carried out by analyzing water qualities (physic, chemitry and microbiology) of Ranu Pane and ranu Regulo lakes. The results of this study found that Ranu Pane lake ecosystem was invaded by a threshold (<i>Salvinia molesta</i> Mitchell) of about 80%, causing an increase in BOD and COD content, followed by a decrease in DO and pH. Lake of Ranu Regulo has a higher fertility value (N/P = 16.24) than Ranu Pane. Therefore, the management need to mitigate to reduce the risk of pollution through public awareness and tourists.</i>
Kata kunci: Konservasi, ekosistem, danau, pencemaran, kualitas air	ABSTRAK
Riwayat Artikel: Tanggal diterima: 24 Mei 2018; Tanggal direvisi: 9 Mei 2019; Tanggal disetujui: 28 Mei 2019	Danau di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) adalah <i>kaldera</i> atau kawah raksasa, tetapi intensifikasi pemanfaatan lahan di sekitar danau berupa pemukiman, lahan pertanian dan pariwisata alam berdampak terhadap danau. Penelitian dilakukan di Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo, kawasan TNBTS, Provinsi Jawa Timur, dengan tujuan untuk mengetahui perubahan ekosistem danau dan rekomendasi strategi konservasi. Metode penelitian dilakukan dengan menganalisis kualitas air (fisik, kimia dan mikrobiologi) dari Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo. Hasil penelitian menemukan bahwa ekosistem Danau Ranu Pane telah tertutupi oleh tumbuhan air jenis ki ambang (<i>Salvinia molesta</i> Mitchell) sekitar 80% yang menyebabkan peningkatan kandungan <i>Biology Oxygen Demand</i> (BOD) dan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD), diikuti penurunan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) dan pH. Danau Ranu Regulo memiliki nilai kesuburan yang lebih tinggi (N/P=16,24) dibandingkan Ranu Pane. Hasil penelitian ini merekomendasikan agar pihak pengelola kawasan melakukan mitigasi untuk mengurangi risiko pencemaran melalui penyadaran masyarakat dan wisatawan.

Editor: Dr. Rozza Tri Kwatrina

Korespondensi penulis: Reny Sawitri* (E-mail: sawitri_reny@yahoo.com)

Kontribusi penulis: semua penulis memiliki kontribusi yang sama sebagai kontributor utama

<https://doi.org/10.20886/jphka.2019.16.1.35-50>

©JPHKA - 2018 is Open access under CC BY-NC-SA license

I. PENDAHULUAN

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) adalah Unit Pelaksana Teknis (UPT) dari Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem, berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 178/Menhut-II/2005 tanggal 29 Juni 2005, memiliki luas 50.276,20 ha yang terdiri atas daratan 50.265,95 ha dan perairan berupa danau 10,25 ha (Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, 2014 & 2015). TNBTS memiliki keunikan, dan bernilai penting untuk menjaga fungsi hidrologis; perlindungan gejala alam; perlindungan budaya; pengawetan flora, fauna dan ekosistem, termasuk peranannya sebagai obyek wisata alam.

Secara geografis kawasan TNBTS terletak di antara koordinat $112^{\circ}47'44''$ – $113^{\circ}7'45''$ BT dan $7^{\circ}51'39''$ – $8^{\circ}19'35''$ LS. Secara administratif pemerintahan, TNBTS termasuk ke dalam wilayah Provinsi Jawa Timur dan berada pada empat kabupaten yakni Kabupaten Malang (18.692,96 ha), Pasuruan (4.642,52 ha), Probolinggo (3.600,37 ha) dan Lumajang (23.340,35 ha) (Fitri, 2015; Kenedie, 2016).

Menurut Artaka & Sulistyowati (2017), di dalam kawasan TNBTS terdapat enam danau yakni Danau Ranu Pane, Ranu Regulo, Ranu Kumbolo, Ranu Darungan atau Ranu Lingga Rekis, Ranu Tompe, dan Ranu Kuning. Danau Ranu Pane, Ranu Regulo dan Ranu Kumbolo terletak pada ketinggian di atas 2.000 m dpl dengan kedalaman antara 7-12 m. Danau Ranu Darungan atau Ranu Lingga Rekis, Ranu Tompe, dan Danau Ranu Kuning terletak di bawah 2.000 m dpl, dan lokasinya sulit dijangkau. Danau-danau tersebut merupakan *kaldera* atau kawah raksasa yang terbentuk akibat letusan Gunung Semeru ribuan tahun lalu, dan kemudian terisi air larian dari curah hujan dan rembesan tanah (Fitri, 2015; Kenedie, 2016). Fungsi kaldera adalah sebagai penyeimbang ekosistem. Kaldera yang berisi air dapat dikembangkan pe-

manfaatannya untuk pariwisata alam, pertanian, peternakan dan kegiatan antropogenik lainnya seperti perikanan dan air untuk rumah tangga (Widyastuti, Sukanto & Setyaningrum, 2015).

Pemanfaatan lahan di sekitar danau-danau di TNBTS yang semakin intensif untuk pemukiman, areal pertanian, dan kegiatan pariwisata alam telah berdampak pada akumulasi zat pencemar ke dalam danau yang menyebabkan eutrofikasi sehingga menurunkan kualitas air dan mengancam kelestarian fungsi danau (Fitri, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan ekosistem dan kualitas perairan dari dua danau yakni Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo serta memberikan rekomendasi dalam rangka upaya konservasi. Dua danau ini dipilih karena penggunaan lahan di sekitarnya sangat intensif dibandingkan empat danau lainnya. Perubahan ekosistem telah terjadi pada kedua danau tersebut yang disebabkan pencemaran dari aktivitas manusia sehingga fungsi danau menurun. Informasi aspek kualitas perairan danau diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah bagi pengelola TNBTS dalam melakukan mitigasi, sumber dan dampak pencemar serta pengelolaannya.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo, Kawasan TNBTS, pada bulan Desember 2016 (Gambar 1). Danau Ranu Pane berada pada ketinggian 2.100 m dpl dengan luas 1,0 ha berada pada koordinat $8^{\circ}0'45,7''$ LS dan $112^{\circ}56'45,6$ BT, berdekatan dengan Danau Ranu Regulo yang luasnya 0,75 ha dengan ketinggian lokasi 2.097 m dpl pada koordinat $8^{\circ}0'47,9''$ LS dan $112^{\circ}57'6,8''$ BT (Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, 2015). Suhu kedua danau air tawar ini relatif stabil yaitu antara $18,0^{\circ}\text{C}$ – $18,89^{\circ}\text{C}$, dan penetrasi cahaya kurang (Balai Besar Taman Nasional Bromo

Tengger Semeru, 2014 & 2015; Kenedie, 2016). Jenis tumbuhan yang terdapat di dalam danau tersebut adalah jenis ganggang, dan tumbuhan biji.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air (1 liter) dari 3 stasiun/lokasi yang berada di Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo yang diambil secara *purposive*. Peralatan yang digunakan terdiri atas alat tulis untuk mencatat, GPS, gelas ukur dan botol sampel volume 1 liter.

C. Metode Penelitian

Ekosistem dan jenis tumbuhan di sekitar Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo dilakukan pengamatan secara langsung, studi literature, dan wawancara dengan pengelola kawasan TNBTS. Parameter kualitas air yang dianalisis adalah sifat fisik, kimia, dan mikrobiologi. Metode yang digunakan dalam analisis kualitas air tercantum dalam Tabel 1.

Hasil analisis yang diperoleh dibandingkan dengan data *series* beberapa tahun dari akademisi dan peneliti yang memperhatikan keberadaan danau dan dampak pemanfaatannya. Effendi (2007) menyatakan bahwa sifat fisik yang menyebabkan pencemaran dan berpengaruh langsung terhadap biota perairan adalah *Total Dissolved Solid* (TDS), *Total Suspended Solid* (TSS) atau kandungan padatan tersuspensi. Sementara parameter fisik yang digunakan untuk mengukur kadar kualitas air adalah suhu, kecepatan arus, kecerahan dan tinggi air, kekeruhan (turbiditas), warna, rasa dan bau. Menurut Effendi (2007), satuan pengukuran TDS dan TSS adalah mg/L, sedang untuk tingkat kekeruhan (turbiditas) menggunakan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Sifat kimia yang berpengaruh terhadap perairan antara lain pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biology Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen*

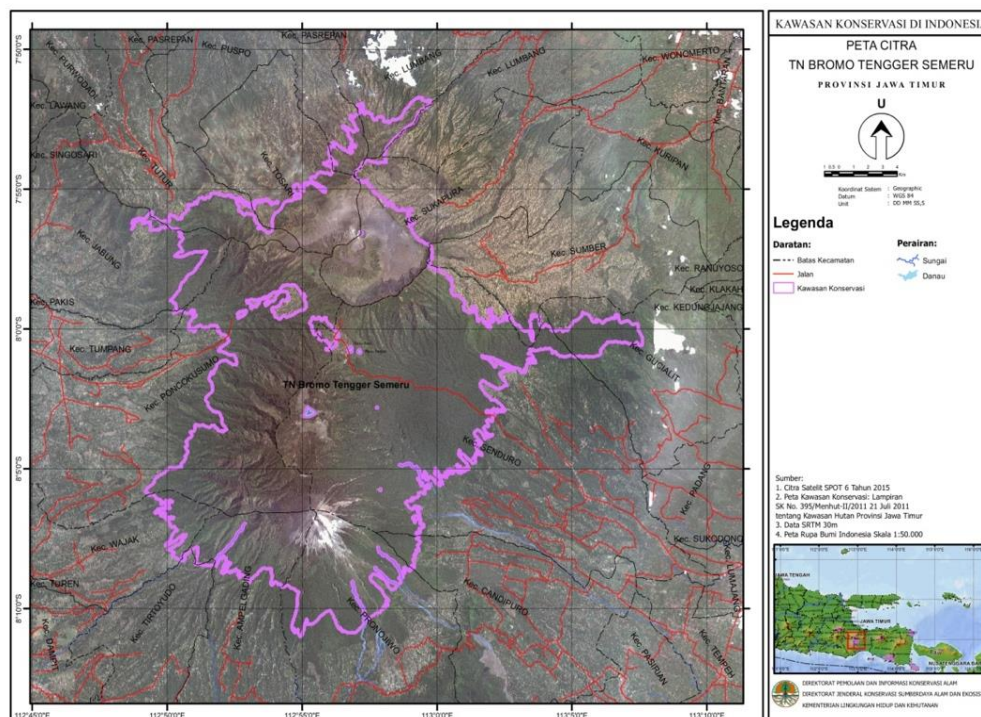
Demand (COD), Fosfat (PO₄-P), Nitrat (NO₃-N), Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), dan deterjen (Effendi, 2007). Parameter kimia digunakan untuk menentukan kualitas air dengan satuan pengukuran mg/L. Parameter mikrobiologi yang digunakan adalah kepadatan biota di dalam air. Umumnya biota atau organisme air yang hidup di perairan berupa *fecal coliform* dan *klorofil-a*. Metode APHA digunakan untuk menganalisis *fecal coliform* dengan satuan pengukuran *Most Probable Number* (MPN) dan untuk *klorofil-a* digunakan metode spektrofotometri dengan satuan pengukuran mg/m² (Sari et al., 2016).

Analisis sampel air dilakukan di Laboratorium Pakan dan Makanan, Tanah dan Tanaman, Air dan Udara, SEAMEO Biotrop (*Southeast Asian Region Centre for Tropical Biology*), Bogor - Indonesia.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekosistem Danau di Kawasan TNBTS

Ekosistem di sekeliling danau di TNBTS merupakan hutan hujan tropis pegunungan, namun seiring dengan waktu, saat ini telah berubah menjadi perladangan, hamparan rumput, pohon dan herba. Jenis herba yang terlihat seperti adas (*Foeniculum vulgare* Miller), bunga pahitan (*Tithonia diversifolia* Hemsl A. Gray), bunga kecubung (*Datura fastuosa* L.), dan anggrek tanah (*Herbania* sp.). Tumbuhan air yang terdapat di dalam danau adalah semanggi (*Hydrocotyle sibthorpiodes* Lam.), ganggang hijau (*Chlorophyta*), ganggang (*Pterodophyta* sp.) dan ki ambang (*Salvinia molesta* D. Mitch). Menurut Indira, Sari, Maghfiroh & Aulia (2013), Daerah Aliran Sungai (DAS) Danau Ranu Pane (Gambar 2^a) seluas 68,75 ha berdampak pada potensi *run off* yang masuk ke dalam danau yaitu sebesar 24.822,66 mm/tahun. Hal ini disebabkan oleh keberadaan areal perladangan seluas 47%.



Gambar (Figure) 1. Peta Konservasi di TN Bromo Tengger Semeru/Map of Conservation in Bromo Tengger Semeru National Park (PIKA/Information Center of Nature Conservation, 2019)

Tabel (Table) 1. Responden penelitian (Research respondents)

No.	Parameter analisis (Analysis parameter)	Metode Uji/Alat (Test method/Tools)
Fisika (Physics)		
1.	Total Dissolved Solid (TDS)	SNI 06-6989.27-2005
2.	Total Suspended Solid (TSS)	SNI 06-6989.25-2005
Kimia (Chemistry)		
3.	Derajat Keasaman (pH)	SNI 06-6989.11-2004
4.	Biology Oxygen Demand (BOD)	SNI 06-6989.72-2009
5.	Chemical Oxygen Demand (COD)	SNI 06-6989.2-2009
6.	Dissolved Oxygen (DO)	SNI 06-6989.2-2009
7.	Fosfat (PO ₄)	APHA 4500-PE
8.	Nitrat (NO ₃ -N)	APHA 4500-NO3-E
9.	Klorida (Cl)	APHA 4500-Cl-B
10.	Sulfat (SO ₄)	APHA 4500-SO ₄ ²⁻ -E
11.	Deterjen (Detergent)	SNI 06-6989.51-2005
Mikrobiologi (Microbiology)		
12.	Fecal Coliform	APHA 9221
13.	Klorofil-a (Chlorofil-a)	SNI 06-6989.3-2004

Daerah sekitar Danau Ranu Regulo merupakan hutan hujan tropis pegunungan yang relatif utuh dengan tumbuhan antara lain cemara gunung (*Casuarina junghuniana* Miq), kemlandingan gunung (*Paraserianthes lapantha* (Willd) l.C.Nielson) dan akasia (*Acacia decurens* Willd). Di samping itu terdapat herba

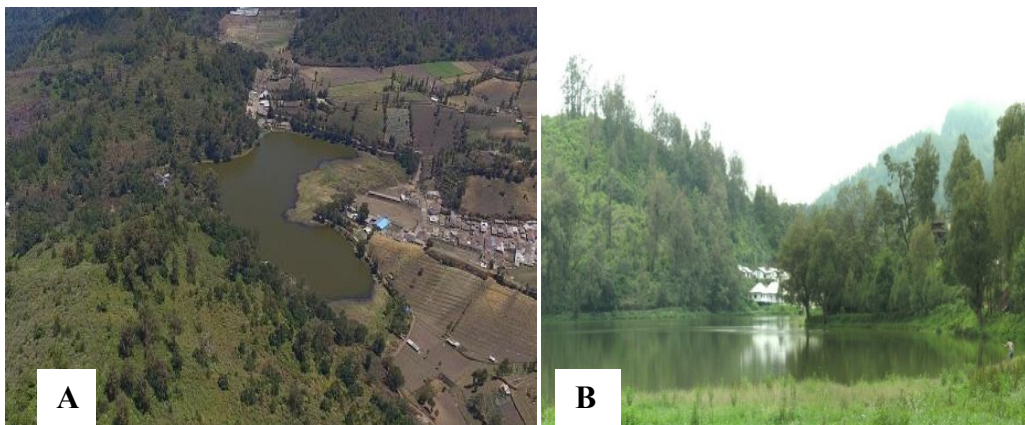
seperti bunga ungu (*Verbena brasilliensis* Vell), bunga anting-anting (*Fuchsia megallanica/hybrida* Lam.) dan rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). Tumbuhan air yang dijumpai adalah lili air (*Hemynocalis littoralis*) dan paku ekor kuda (*Equisetum palustre* L) (Gambar 2^b). Danau Ranu Regulo termasuk DAS seluas 76,56 ha

yang ditunjang oleh vegetasi pohon dan semak belukar yang cukup rapat di sekitar danau, menjadikan potensi *run off* sebesar 5.857,03 mm/tahun (Indira et al., 2013).

Ekosistem di sekitar Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo telah mengalami perubahan apabila dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya. Perubahan tersebut berupa penurunan kualitas perairan dan terjadinya sedimentasi atau pengendapan pada beberapa bagian danau (Farida, 2008). Perubahan di sekitar Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo memberikan dampak negatif berupa penyempitan lahan terhadap luasan danau. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang terkait dengan pengelolaan lahan sekitar danau dan pemanfaatan vegetasi

untuk bahan bangunan, peralatan rumah tangga, kayu bakar, obat-obatan dan tanaman hias. Tipe ekosistem di sekitar Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo tercantum pada Tabel 2.

Keberadaan ekosistem danau memberikan fungsi yang menguntungkan bagi kehidupan masyarakat di sekitarnya. Namun apabila tidak dimanfaatkan secara baik, kegiatan masyarakat di sekitar danau akan berpengaruh terhadap kualitas air. Danau Ranu Pane memiliki tiga tipe ekosistem yang terkait langsung dengan kegiatan manusia, yakni per-ladangan yang intensif dilakukan pada areal curam tanpa *terassering*, dan terdapat tanaman sayuran (Roedjinandari, Baiquni, Fandeli & Nopirin, 2016).



Gambar (Figure) 2. Kondisi vegetasi sekitar Danau Ranu Pane (a) dan Danau Ranu Regulo (b) (*Vegetation condition of surrounding Pane and Regulo Lakes*)

Tabel (Table) 2. Ekosistem di sekitar Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo, TN Bromo Tengger Semeru (*Ecosystem of surrounding Pane and Regulo Lakes, Bromo Tengger Semeru National Park*)

No.	Danau/ranu (<i>Lakes</i>)	Tipe Ekosistem (<i>Ecosystem types</i>)	Total Jenis (Σ <i>Species</i>)	Sumber (<i>Resources</i>)
1.	Ranu Pane	- Hutan hujan tropis pegunungan (<i>Mountainous tropical forest</i>)	17	Hardiyanto & Hakim (2014)
		- Areal perladangan (<i>Farming area</i>)	8	
		- Pemukiman (<i>Settlement area</i>)	11	Roedjinandari et al. (2016)
2.	Ranu Regulo	- Hutan hujan tropis pegunungan (<i>Mountainous tropical forest</i>)	59	Hariyati & Hakim (2012)
		- Hutan pinus (<i>Forest pine</i>)	-	
		- Hutan acacia (<i>Forest acacia</i>)	28	
		- Semak Edelweis (<i>Anaphalis herbs</i>)	-	

Jenis sayuran yang terlihat di sekitar danau, antara lain kubis (*Brassica laraceae* L.), kentang (*Solanum tuberosum* L.), bawang prei (*Allium porrum* Smith & Crowther), jagung (*Zeamays* L.), koro benguk (*Mucuna pruriens* (L) DC.), ercis (*Pisum sativum* L.), buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dan cabe lokal (*Capsicum* sp). Areal pemukiman terdapat bangunan rumah dan halaman rumah yang ditanami dengan tanaman hias antara lain *Canna* sp, *Begonia* sp, dan *Caladium* sp.

Erosi dan sedimentasi di Danau Ranu Pane didukung oleh longsor tanah di sekitarnya berupa batuan basalt, lava dan tuff yang mudah menggelincirkan lapisan di atasnya (Purnomo & Hakim, 2012). Berdasarkan hasil penelitian Indira et al. (2013), Danau Ranu Pane menerima sedimen melalui aliran permukaan yang terangkut sebesar 46.999,18 ton/ha/tahun serta memberikan ruang tumbuh bagi tumbuhan air, seperti kiambang (*Salvinia molesta*) yang memiliki sistem perakaran yang lebat dengan persen penutupan mencapai 80%. Menurut Ernaeni, Supriadi & Rinto (2012), faktor adaptasi terhadap lingkungan, seperti suhu, penetrasi cahaya antara 20-60 cm, zona euphotik 0,542-1,626 m untuk berfotosintesa, turut menunjang pertumbuhan tanaman kiambang. Kondisi tersebut dikuatirkan akan mengancam keberadaan dan luasan Danau Ranu Pane yang saat ini mulai menciut atau mengecil.

Potensi vegetasi di hutan hujan tropis pegunungan di Danau Ranu Regulo yang terlihat berupa tingkat pohon yang didominasi oleh *Acer laurinum* Hassk, *Acmena acuminatissima* (Blume) Merr. L.M. Perry dan *Lithocarpus sundaicus* (Blume) Rehder. Untuk tingkat tiang terdiri dari *Cyathea* sp, *Acer laurinum* Hassk dan *Ficus* sp; sedangkan tumbuhan bawah didominasi oleh Poaceae, *Eupatorium odoratum* L. dan *Elatostoma* sp. Selain itu, dijumpai penebangan liar kayu jenis cemara gunung (*Casuarina junghuniana* Miq) dan akasia gunung

(*Acacia decurens* Willd). Ditemukan vegetasi endemik berupa herba edelweis (*Anaphalis* sp.) dan tanaman *Eupatorium odoratum* L yang mulai menginvasi. Menurut Hariyati & Hakim (2012), di sekitar Danau Ranu Regulo terdapat empat tipe ekosistem yang relatif lebih baik (Tabel 2). Indira et al. (2013) mengatakan danau ini menerima sedimen terlarut sebesar 465,61 ton/ha/tahun.

Menurut Nugroho, Tanjung & Hendarto (2014), sempadan Danau Ranu Pane memiliki potensi vegetasi 17 jenis, namun di perbatasan danau dengan masyarakat, terdapat empat jenis yakni acacia gunung (*A. decurens* Willd), cemara gunung (*C. junghuniana* Miq), kipres (*C. sempervirens* L.) dan persilon (*A. auriculiformis*). Namun berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan kondisi vegetasi di sekitar danau telah berkurang karena pemanfaatan oleh masyarakat dan pengunjung sebagai kayu bakar.

B. Kualitas Perairan Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo

1. Sifat Fisik

Hasil analisis laboratorium kualitas air perairan Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan material tersuspensi atau zat padat terlarut (TDS) pada Danau Ranu Pane sebesar 46,6 mg/L, dan Ranu Regulo sebesar 1,96 mg/L. Perbedaan nilai TDS pada kedua danau tersebut tergantung pada jumlah sampah dari rumah tangga, pedagang dan wisatawan yang terkontaminasi di dalam air. Danau Ranu Pane lebih ramai dikunjungi wisatawan, dan pemukiman masyarakat lebih dekat dengan danau sehingga limbah cairnya langsung merembes ke danau. Menurut Indira et al. (2013), besarnya nilai TDS di Danau Ranu Pane terkait dengan lingkungan sekitarnya yang merupakan lahan pertanian (47%), pemukiman (35%) serta infrastruktur (18 %) yang memberikan pasokan air larian sebesar 24.822,66 mm/tahun dengan tipe iklim A.

Tabel (Table) 3. Kualitas perairan Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo, TNBTS (*Water quality of Pane and Regulo Lakes, Bromo Tengger Semeru National Park*)

No.	Parameter Analisis (Analysis parameter)	Satuan (Unit)	2002 ^{*)}		2008 ^{**)}		2011 ^{***)}		2016 ^{****)}	
			Ranu Pane	Ranu Regulo	Ranu Pane	Ranu Regulo	Ranu Pane	Ranu Regulo	Ranu Pane	Ranu Regulo
FISIKA (Physics)										
1.	TDS	mg/L	-	-	-	-	180	53,75	46,60	1,96
2.	TSS	NTU	-	-	-	-	57,50	22,50	7,50	7,80
KIMIA (Chemistry)										
3.	pH	-	8,61	7,29	5,38	6,83	6,58	6,38	6,87	6,58
4.	BOD	mg/L	-	-	-	5,27	2,55	2,16	23,70	28,00
5.	COD	mg/L	-	-	-	-	10,56	7,16	48,60	58,30
6.	DO	mg/L	13,65	13,30	8,67	-	5,24	5,50	3,40	3,30
7.	PO ₄	mg/L	-	-	0,25	0,25	0,75	0,39	0,68	0,43
8.	NO ₃ -N	mg/L	0,01	0,01	0,12	0,05	1,13	0,53	0,04	0,07
9.	Cl	mg/L	-	-	-	-	-	-	4,90	0,05
10.	SO ₄	mg/L	-	-	-	-	-	-	3,40	5,10
11.	Deterjen	mg/L	-	-	-	-	-	-	0,54	0,36
MIKROBIOLOGI (Microbiology)										
12.	Fecal coliform	MPN/100 ml	-	-	-	-	-	-	1100	240
13.	Chlorofill-a	mg/m ²	-	-	-	-	-	-	128	24

Sumber (Sources):

(-) = Parameter tidak diamati (*Not studied*)

*) = Kartono (2002)

***) = Farida (2008)

****) = Pramono (2011)

*****) = Hasil Penelitian (2016)

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa nilai TSS di Danau Ranu Pane sebesar 7,50 mg/L dan Ranu Regulo 7,80 mg/L (Tabel 3). Nilai ini termasuk rendah apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Pramono (2011) yang menyatakan TSS di Danau Ranu Pane sebesar 57,50 mg/L dan Ranu Regulo 22,50 mg/L. Rendahnya nilai TSS kemungkinan disebabkan oleh masuknya partikel tanah dari air larian ke danau, masih dalam ambang batas yang normal sehingga belum berpengaruh terhadap kualitas air danau. Hal ini berarti, cahaya yang masuk ke dalam badan air cukup baik sehingga vegetasi akuatis yang melakukan proses fotosintesis. Sebaliknya kekeruhan yang tinggi seperti aktivitas rumah tangga (mandi dan mencuci), dapat mengganggu proses respirasi organisme perairan. Hal ini karena kekeruhan berpengaruh terhadap penurunan nilai TSS. Menurut Faisal,

Bambang & Kismartini (2016), aspek fisik yang memengaruhi tingkat pencemaran di perairan berasal dari bahan-bahan tersuspensi seperti lumpur, pasir, bahan organik dan anorganik, plankton serta organisme mikroskopik lainnya.

2. Sifat Kimia

Sifat kimia Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo yang dianalisis adalah pH, BOD, COD, DO, PO₄, NO₃-N, Cl, SO₄, dan deterjen. Hasil analisisnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil penelitian menunjukkan pH Danau Ranu Pane sebesar 6,87 dan Ranu Regulo sebesar 6,58. Nilai pH tersebut menyatakan bahwa kondisi perairan pada kedua danau tersebut bersifat asam dan perairan yang asam akan kurang produktif karena dapat mengu-rangi organisme di dalam perairan dan dapat mengganggu

keseimbangan eko-sistem perairan danau. Effendi (2007) mengatakan pH berkisar antara 0-14, dimana pH <7 menunjukkan lingkungan yang asam; pH >7 basa dan 7 netral. Sebagian besar biota akuatik menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5 dan pada pH <4 menyebabkan tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah.

Kondisi perairan yang asam akan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan danau karena berdampak pada kehidupan biota. Menurut Miefthawati (2014); Rukminasari., Nadiarti & Awaluddin, (2014), pH merupakan cerminan derajat keasaman yang diukur berdasarkan jumlah ion hidrogen. Nilai pH air berpengaruh terhadap tingkat kesuburan perairan karena berkaitan dengan kehidupan jasad renik. Selain itu, keberadaan dan okupasi ki ambang (*S. molesta*) juga turut menjadi penyebab tingginya kadar karbondioksida (CO₂) sehingga air menjadi asam dan mengakibatkan penurunan pH. Tingginya kadar karbondioksida akan berdampak terhadap aktivitas hidup organisme dalam perairan (Patty, Arfah & Abdul, 2015).

Kadar DO di Danau Ranu Pane sebesar 3,40 mg/L sedangkan di Danau Ranu Regulo sebesar 3,30 mg/L. Berdasarkan kriteria kadar DO yang dinyatakan oleh Lee, Wang & Kuo (1978), maka kadar DO pada kedua danau tersebut termasuk tercemar sedang (Tabel 4).

Namun apabila dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu (Kartono, 2002; Farida, 2008; Pramono, 2011) maka kadar DO yang diperoleh jauh lebih rendah. Rendahnya konsentrasi oksigen pada kedua danau tersebut disebabkan adanya dekomposisi bahan organik dari tumbuhan air yang mati.

Kadar DO berkaitan dengan kedalaman air, perairan yang sangat dalam dapat mengurangi tumbuhan berklorofil. Effendi (2007) menyebutkan bahwa suatu perairan yang baik harus memiliki kadar DO >3 mg/L. Reed & Rose (2013) menyatakan, besar kecilnya kandungan DO suatu perairan disebabkan oleh organisme berklorofil, semakin besar kandungan DO maka kandungan CO₂ semakin sedikit. Nilai DO juga berkaitan erat dengan BOD dan COD karena semakin tinggi BOD dan COD akan mengakibatkan berkurangnya DO di perairan.

Kebutuhan oksigen biologi atau BOD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme saat pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar BOD di Danau Ranu Pane sebesar 23,70 mg/L dan di Danau Ranu Regulo sebesar 28,00 mg/L (Tabel 3). Menurut Wirosarjono (1974), nilai DO dan BOD untuk tingkat pencemaran perairan, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel (Table) 4. Kriteria Kualitas Air berdasarkan Kadar Oksigen Terlarut (*Criteria of water quality based on dissolved oxygen levels*)

Oksigen Terlarut (<i>Dissolved Oxygen</i>) (mg/l)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
> 6,5	Tidak tercemar (<i>No pollution</i>)
4,5 – 6,4	Tercemar ringan (<i>Low pollution</i>)
2 – 4,4	Tercemar sedang (<i>Moderate pollution</i>)
< 2	Tercemar berat (<i>High pollution</i>)

Sumber (*source*): Lee, Wang & Kuo (1978)

Tabel (Table) 5. Nilai BOD berdasarkan Tingkat Pencemaran Perairan (*The value of BOD based on riparian pollution level*)

Tingkat Pencemaran (<i>Pollution level</i>)	Kadar BOD (<i>BOD standard</i>) mg/L
Rendah (<i>Low</i>)	0 – 10
Sedang (<i>Moderate</i>)	10 – 20
Tinggi (<i>High</i>)	25

Sumber (*Source*): Wirosarjono (1974)

Nilai BOD pada kedua danau tersebut menunjukkan telah terjadi pencemaran yang sangat tinggi pada badan air, berupa banyaknya penumpukan bahan organik di dalam danau dan meningkatkan proses dekomposisi bahan organik oleh organisme pengurai. Yogendra & Puttaiah (2008); Retnaningsih & Widodo (2010); Rachmi, Nugrahalia & Karim (2016) mengatakan, BOD dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik yang terurai oleh bakteri aerob, dan nilai BOD yang cocok untuk biota perairan berada pada kisaran 3,0 – 5,0 mg/L. Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, standar baku nilai BOD untuk kehidupan biota akuatik yang baik adalah kurang dari 6 mg/L.

Kadar oksigen kimia atau COD digunakan untuk mengetahui pencemaran dalam air oleh zat organik yang secara alami dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Pribadi, Zaman & Purnomo, 2016). COD adalah kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. Hasil analisis terhadap COD pada Danau Ranu Pane sebesar 48,6 mg/L dan Danau Ranu Regulo sebesar 58,3 mg/L (Tabel 3). Berdasarkan PP 82 Tahun 2001, standar baku mutu yang telah ditentukan untuk COD sebesar 10-50 mg/L. Tingginya nilai COD pada kedua danau tersebut disebabkan oleh aktivitas masyarakat yang menjadi sumber utama

pencemar berupa limbah domestik dan kegiatan rumah tangga lainnya. Limbah domestik dari masyarakat sekitar dan pengunjung merupakan bahan organik yang secara biologis sulit terurai, contohnya sisa-sisa makanan, daun-daun yang berguguran, sisa sayuran, kotoran manusia dan hewan. Oleh karena itu, masyarakat, pengunjung dan pendaki gunung dimohon agar tidak membuang limbah domestik dan sampah langsung ke badan air danau agar konsentrasi COD tetap berada di bawah baku mutu yang dianjurkan.

Fosfat (PO_4) merupakan bentuk fosfor yang sangat penting bagi organisme (Pujiastuti, Ismail & Pranoto, 2013). Apabila kadar fosfat dalam air rendah ($<0,01\text{mg/L}$), pertumbuhan ganggang dan organisme lain dalam perairan akan terganggu dan kadar PO_4 dalam air tinggi dan melebihi batas normal ($<0,2\text{ mg/L}$), pertumbuhan organisme tidak terbatas sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut. Menurut Patty et al., (2015), kadar PO_4 di perairan dapat dilihat pada Tabel 6.

Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Hasil analisis kandungan PO_4 di Danau Ranu Pane sebesar 0,682 mg/L dan Danau Ranu Regulo sebesar 0,431 mg/L (Tabel 3). Menurut PP Nomor 82 Tahun 2001, nilai baku mutu untuk PO_4 sebesar 0,2 mg/L. Kadar PO_4 pada kedua danau tersebut tergolong tinggi sehingga berbahaya bagi kelestarian ekosistem perairan. Tingginya

kadar PO₄ pada Danau Ranu Pane dan Danau Ranu Regulo disebabkan oleh aliran air limbah domestik dari kegiatan rumah tangga (seperti bekas cucian yang menggunakan deterjen yang mengandung PO₄), limbah pertanian berupa pupuk, dan insektisida yang masuk ke perairan melalui proses pencucian. Selain itu, apabila kandungan PO₄ cukup tinggi akan menyebabkan terjadinya *eutrofikasi* atau munculnya peningkatan kadar nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem perairan. Menurut Nugroho et al., (2014), kandungan PO₄ yang tinggi juga berasal dari proses daur biogeokimia di dalam perairan danau, tumbuhan air yang mati dan terdegradasi sehingga mengeluarkan PO₄.

Nitrat (NO₃-N) merupakan salah satu bagian dari siklus nitrogen yang memiliki ion-ion anorganik bagi pertumbuhan di perairan alami yang bersifat mudah larut dan stabil (Nugroho et al., 2014). NO₃-N merupakan senyawa yang paling sering ditemukan dalam

perairan. Umumnya NO₃-N pada lapisan permukaan berkadar rendah, karena penyinaran matahari yang penuh sehingga metabolisme fitoplankton berlangsung cepat.

Kadar NO₃-N di Danau Ranu Pane sebesar 0,040 mg/L dan di Danau Ranu Regulo 0,07 mg/L (Tabel 3). Konsentrasi NO₃-N di Danau Ranu Pane lebih rendah karena dipengaruhi oleh keberadaan tumbuhan air ki ambang (*S. molesta*) yang melimpah dan menyerap limbah pencemaran domestik. Menurut Wibowo (2017) bahwa kadar NO₃-N lebih dari 0,2 mg/L dapat menyebabkan *eutrofikasi* perairan dan kelimpahan tumbuhan air. Patty et al., (2015) mengatakan, hubungan antara kadar NO₃-N dan pertumbuhan organisme dapat di lihat pada Tabel 7. Hal ini berarti bahwa kadar NO₃-N di Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo belum menyebabkan terjadi *eutrofikasi* dan masih dapat ditoleransi untuk pertumbuhan organisme.

Tabel (Table) 6. Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Kadar PO₄ (*Fertility levels based on phosphate standard*)

Kadar PO ₄ (mg/L) (<i>Phosphate standard</i>)	Tingkat Kesuburan (<i>Fertility levels</i>)
0 - 0,002	Kurang Subur (<i>Infertile</i>)
0,0021 - 0,050	Cukup Subur (<i>Quite fertile</i>)
0,051 - 0,100	Subur (<i>Fertile</i>)
0,101 - 0,200	Sangat Subur (<i>Very fertile</i>)
>0,201	Sangat Subur Sekali (<i>Most fertile</i>)

Sumber (*Source*): Patty et al., (2015)

Tabel (Table) 7. Hubungan antara NO₃-N dan pertumbuhan Organisme (*The relationship between Nitrate and organism growth*)

Kadar NO ₃ -N (mg/L) (<i>Nitrate Standard</i>)	Pertumbuhan Organisme (<i>Organism growth</i>)
0,3 - 0,9	Cukup (<i>Moderate</i>)
0,9 - 3,5	Optimum (<i>Optimal</i>)
>3,5	Berbahaya (<i>Dangerous</i>)

Sumber (*Source*): Patty et al., (2015)

$\text{NO}_3\text{-N}$ berasal dari ammonium yang masuk ke dalam danau berupa limbah domestik dan konsentrasinya akan semakin berkurang apabila semakin jauh dari titik pembuangan. Namun, kesuburan perairan danau ditunjukkan oleh rasio $\text{NO}_3\text{-N}$ terhadap PO_4 . Hasil perhitungan menunjukkan rasio $\text{NO}_3\text{-N}$ terhadap PO_4 di Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo sebesar 5,86 mg/L dan 16,24 mg/L. Hal ini berarti bahwa nilai kesuburan Danau Ranu Regulo lebih tinggi daripada Ranu Pane. Ini diperkirakan merupakan akumulasi dari nutrisi yang berasal dari residu terlarut sebagai hasil dari dekomposisi serasah hutan di sekitarnya dan disamping tidak adanya aliran air danau.

Selain itu, tingkat kesuburan pada perairan di danau dapat menyebabkan terjadi kelimpahan tumbuhan air kiambang (*S. molesta*) yang mengarah pada okupasi dan bersifat invasif. Kelimpahan tumbuhan tersebut didukung oleh karakteristik perkembangbiakan yang sangat cepat, biomassa akar yang padat dan mudah beradaptasi pada berbagai lingkungan perairan terutama yang terkontaminasi oleh air limbah buangan pertanian dan domestik. Pernyataan tersebut sesuai dengan pernyataan Yuliani, Sitorus & Wirawan (2013) yang mengatakan bahwa perkembangbiakan *S. molesta* tergantung pada luasan relung ekologi serta kondisi perairan seperti kedalaman air, kandungan hara air, intensitas cahaya, suhu dan pH.

Klorida (Cl) merupakan senyawa halogen klor (Cl) yang toksisitasnya tergantung pada gugus senyawanya (Mieftawati, 2014). Cl juga merupakan zat terlarut yang tidak menyerap dan umumnya digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum. Menurut Effendi (2007), standar baku mutu Cl dalam air sebesar 25-500 mg/L. Konsentrasi maksimal Cl dalam air yang ditetapkan sebagai standar persyaratan oleh

Departemen Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX adalah sebesar 250 - 600 mg/L (Rachmi, Nugrahalia & Karim, 2016). Cl dalam jumlah yang banyak akan menimbulkan rasa asin dan rasa asin akan bertambah apabila limbah yang mencemari air semakin tinggi (Alfrida & Nazir, 2016). Namun Cl dalam jumlah kecil, dibutuhkan untuk desinfektan. Cl dalam konsentrasi yang layak, tidak berbahaya bagi manusia. Kadar Cl di Danau Ranu Pane dan Danau Ranu Regulo adalah 4,9 mg/L dan 0,05 mg/L (Tabel 3), sehingga dapat dikatakan layak karena berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan.

Masyarakat dan pengunjung Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo sering memanfaatkan air danau untuk mencuci, dan bekas air cucian tersebut dibuang di sekitar danau. Air bekas cucian yang mengandung deterjen memiliki kandungan sulfat (SO_4), dan apabila air tersebut dibuang ke lingkungan sekitar danau maka akan memberikan dampak negatif terhadap kualitas air danau. Kadar SO_4 di Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo sebesar 3,4 mg/L dan 5,1 mg/L (Tabel 3), masih berada di bawah batas ambang merujuk pada PP No. 82 Tahun 2001 yang menyatakan bahwa batas maksimal kadar sulfat SO_4 sebesar 40 mg/L.

SO_4 tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Alfrida & Nazir (2016) mengatakan, SO_4 secara luas terdistribusi di dalam air, dan umumnya konsentrasinya dalam jumlah yang sangat besar. Peningkatan kadar SO_4 dapat ditentukan dengan timbulnya bau dan rasa tidak enak dari air. Berdasarkan SNI 06-2426-1991, batas kadar SO_4 terlarut yang terdapat dalam air adalah 1-40 mg/L.

Konsentrasi deterjen termasuk salah satu parameter kimia air danau yang

dianalisis karena merupakan salah satu pencemar yang secara alamiah sulit terurai di dalam air. Deterjen merupakan salah satu produk yang banyak digunakan di dalam kehidupan manusia, sebagai bahan pencuci atau pembersih. Namun deterjen sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan (Sari et al., 2016). Deterjen mengandung surfaktan (*surface active agent*) yang berfungsi sebagai bahan pembasah (*wetting agents*) yang menyebabkan turunnya tegangan permukaan air (Aji & Eddy, 2017).

Hasil analisis menyatakan bahwa jumlah deterjen di Danau Ranu Pane sebesar 0,541 mg/L dan di Ranu Regulo 0,360 mg/L (Tabel 3). Metode MBAS menyatakan air minum yang bisa dikonsumsi tidak boleh melebihi dari 0,2 mg/L. Hal ini berarti air pada kedua danau tersebut tidak bisa dikonsumsi. Tingginya konsentrasi deterjen menunjukkan bahwa kedua danau tersebut telah tercemar oleh limbah domestik seperti deterjen. Air yang tercemar limbah deterjen dapat menyebabkan kematian bagi organisme yang hidup di danau. Menurut Yuniningsih, Soedaryono & Anggoro (2014), zat yang terdapat dalam limbah deterjen dapat memacu pertumbuhan eceng gondok dan gulma air. Peningkatan jumlah tanaman tersebut akan mengakibatkan pendangkalan dan menyumbat aliran air danau. Di sisi lain, tanaman yang menutupi permukaan air akan menghambat masuknya sinar matahari dan oksigen ke air sehingga akan berdampak pada kualitas air dan ikan-ikan menjadi sulit untuk bertahan hidup.

3. Sifat Mikrobiologi

Kualitas air danau berupa sifat mikrobiologi yang dianalisis adalah *fecal coliform* dan *chlorofill-a*. Nilai *fecal coliform* di Danau Ranu Pane adalah sebesar 1100 MPN per 100 ml sedangkan di Danau Ranu Regulo adalah sebesar 240

MPN per 100 ml (Tabel 3). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang diizinkan dengan kadar *fecal coliform* maksimum sebesar 0 MPN per 100 ml. Hal ini berarti bahwa bakteri *fecal coliform* yang terdapat pada perairan kedua danau memiliki nilai yang besar sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Keberadaan bakteri *fecal coliform* di lingkungan akuatik menunjukkan bahwa air pada kedua danau tersebut telah terkontaminasi oleh limbah dari kegiatan antropogenik. Air yang mengandung bakteri *coli* akan menyebabkan penyakit pada saluran pencernaan dan penyakit kulit (Faisal et al., 2016).

Chlorofill-a terdapat pada semua organisme autotrof, seperti tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Tabel 3 menunjukkan kandungan *chlorofill-a* di Danau Ranu Pane (128 mg/m³) lebih tinggi dibandingkan dengan Danau Ranu Regulo (24,0 mg/m³). Tingginya kandungan *chlorofill-a* disebabkan oleh adanya aktivitas fotosintesa yang berasal dari tumbuhan air tanaman di kedua danau tersebut. Yuniningsih et al., (2014) mengatakan bahwa tingginya kandungan *chlorofill-a* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti cahaya matahari, oksigen, karbohidrat, nitrogen, pH dan temperatur.

IV. IMPLIKASI MANAJEMEN

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) adalah satu dari empat prioritas kawasan konservasi yang menjadi destinasi wisata. Dampak kunjungan wisatawan ke kawasan konservasi TNBTS harus dapat ditekan karena akan mengakibatkan penurunan kualitas air danau, dan menurunnya daya tarik wisata. Di samping itu, masyarakat yang menggarp lahan di sekitar danau harus menggunakan *terasering* dan menanaminya dengan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) untuk menghambat terjadinya erosi, dan

masuknya sedimentasi tanah serta sisa pupuk organik dan anorganik ke dalam badan danau.

Secara biologi, pengendalian ki ambang (*S. molesta*) di Danau Ranu Pane dapat dilakukan dengan cara membudidayakan ikan pemakan tumbuhan air, menyebarkan kumbang jenis *Cyrtobagous salvinia* Calder dan Sands yang mampu memotong bagian daun ki ambang, dan memanfaatkan ki ambang sebagai sumber pakan ternak atau pupuk organik. Pengendalian secara fisik dapat dilakukan secara periodik melalui pemungutan manual dan pemasangan jaring atau net. Namun pengendalian dengan cara pemungutan manual kurang efektif karena masih menyisakan bagian akarnya (Gambar 3).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Ekosistem Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo telah mengalami perubahan

tutupan vegetasi di daerah tangkapan air, yaitu dari hutan hujan tropis pegunungan menjadi lahan garapan atau perladangan dan pemukiman. Perubahan tutupan vegetasi disertai meningkatnya aktivitas manusia (pertanian, pemukiman dan kegiatan wisata) telah berdampak pada penurunan kualitas perairan danau. Hasil analisis terhadap air Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo membuktikan telah terjadi penurunan kualitas baik secara fisika, kimia, dan biologi. Bukti lain, penurunan kualitas perairan Danau Ranu Pane adalah berkembangbiaknya secara invasif tumbuhan air ki ambang (*Salvinia molesta* Mitchell) yang mampu menutupi badan danau sekitar 80%. Upaya konservasi terhadap kondisi kedua danau dapat dilakukan dengan cara melakukan pengayaan ekosistem alami hutan hujan tropis pegunungan di sekitar Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo, sistem pertanian dengan metode *terracing*, dan penggunaan pupuk yang tidak berlebihan, serta pengendalian tumbuhan invasif di dalam danau.



Gambar (Figure) 3. Pembersihan Danau Ranu Pane (*The cleaning of Ranu Pane Lakes*)

B. Saran

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) sebagai pengelola perlu melakukan mitigasi untuk mengendalikan pencemaran dan pengendalian ki ambang (*S. molesta*) di dalam Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo dengan menggunakan pemasangan net pada badan danau. Bagi masyarakat, pedagang dan wisatawan atau pengunjung yang memanfaatkan Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo diharapkan dapat meningkatkan kesadaran untuk menjaga kebersihan danau dan tidak membuang sampah ke dalam danau. Pihak pengelola diharapkan melakukan sosialisasi, pemasangan peringatan dan penegakan hukum secara berkala untuk memaksimalkan upaya konservasi dan mengurangi penurunan kualitas air danau. Pihak pengelola bersama *stakeholder* lainnya perlu melakukan pengawasan, pemantauan, dan evaluasi kualitas air danau secara rutin selama setahun sekali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan sampel. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada *Seameo Biotrop Services Laboratory* yang telah membantu menganalisis kualitas air secara fisik, kimia dan mikrobiologi. Penelitian ini didukung dan dibiayai sepenuhnya oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Badan Penelitian Pengembangan dan Inovasi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, DIPA Tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, W.W & Eddy, S.S. (2017). Penurunan COD dan deterjen pada saluran Kalidami Kota Surabaya sebagai oksidator H₂O₂ dan KMnO₄. *Jurnal Teknik ITS, ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)*, 6(2), 445–450.

Alfrida, E.S & Nazir, E. (2016). Karakteristik air limbah rumah

tangga (grey water) pada salah satu perumahan menengah ke atas yang berada di Tangerang Selatan. *Ecolab*, 10(2), 47–102.

- Artaka, T & Sulistyowati, T. (2017). Pengendalian Jenis Asing Invasif Ranu Darungan. Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) pada Salah Satu Perumahan Menengah ke atas yang berada di Tangerang Selatan. (hal. 47–102).
- Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. (2014). Rencana Pengelolaan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru 2015-2021, Kabupaten Malang, Pasuruan, Probolinggo dan Lumajang Propinsi Jawa Timur.
- Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. (2015). Buku Informasi, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru.
- Effendi, H. (2007). Telaah Kualitas Air. Yogyakarta. PT. Kanisius.
- Ernaeni, Y., Supriadi, A & Rinto. (2012). Pengaruh jenis pelarut terhadap klorofil dan senyawa fitokimia daun ki ambang (*Salvinia molesta* Mitchell) dari perairan rawa. *Journal of Fitech*, 1(1).
- Faisal, R., Bambang, A.N & Kismartini. (2016). Tingkat pencemaran lingkungan perairan ditinjau dari aspek fisika, kimia dan logam di perairan Kartini Jepara. *Indonesian Journal of Conservation*, 4(1), 52–60.
- Farida, W. (2008). Hubungan kualitas air dengan indeks keragaman dan kelimpahan zooplankton danau Ranu Pani dan danau Ranu Regulo, Kabupaten Lumajang (Skripsi Sarjana). Universitas Muhammadiyah Malang.
- Fitri, I. (2015). Kajian Karakteristik Fisis, Kimia, dan Biologis Ranu Kumbolo, Taman Nasional Bromo Tengger.
- Hardiyanto, S. & Hakim, L. (2014). Pengetahuan masyarakat desa Ranu

- Pani terhadap pohon di hutan tropis pegunungan tengger-Ranu Pani. *Biotropika*, 2(1), 1–7.
- Hariyati, J. & Hakim, L. (2012). Vegetation diversity quality in mountainous forest of Ranu Regulo Lake Area, Bromo Tengger Semeru National Park, East Java. *Jtrop.Life.Science*, 2(1), 21–24.
- Indira, A.R., Sari, D.P., Maghfiroh, R & Aulia, A. (2013). Laporan resmi: Praktek Konservasi Sumberdaya Hutan Resort Ranu Pane, Seksi Pengelolaan Taman Nasional III, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Bagian Konservasi Sumberdaya Hutan. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kartono, N. (2002). Studi perbandingan struktur komunitas zooplankton di Ranu Pani dan Ranu Regulo, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (Skripsi Sarjana). Universitas Brawijaya. Malang.
- Kenedie, J. (2016). Potensi dan Permasalahan Pengelolaan Wisata Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Malang.
- Lee CD, Wang SB dan Kuo CL. 1978. Benthic Macroinvertebrate and Fish as Biological Indicators of Water Quality, With Reference of Community Diversity Index. Bangkok. International Conference on Water Pollution Control in Development Countries.
- Miefthawati, P.N. (2014). Analisa Penentuan Kualitas Air Tasik Bera di Pahang Malaysia Berdasarkan Pengukuran Parameter Fisika-Kimia. *Sains, Teknologi Dan Industri*, 12(1), 32–40. Retrieved from ISSN: 1693-2390 print/ISSN 2407-0939
- Nugroho, A.S., Tanjung, S.D & Hendrarto, B. (2014). Distribusi serta kandungan nitrat dan fosfat di perairan Danau Rawa Pening. *Bioma*, 3(1), 27–41.
- Patty, I.S., Arfah, H & Abdul, M.S (2015). Zat Hara (Fosfat, Nitrat), Oksigen Terlarut dan pH Kaitannya dengan Kesuburan di Perairan Jikumerasa, Pulau Buru. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 1(1), 43–50.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 (2001). Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2010). Persyaratan Kualitas Air Minum (Permen Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010).
- Pramono, Y. (2011). Studi kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton perairan Ranu Pani dan Ranu Regulo, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (Skripsi Sarjana). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Pribadi, R.N., Zaman, B & Purnomo. (2016). Pengaruh luas penutupan ki ambang (*Salvinia molesta*) terhadap penurunan COD, Amonia, Nitrit dan Nitrat pada limbah cair domestik (grey water) dengan sistem kontinyu. *Teknik Lingkungan*, 5(5), 1–10.
- Pujiastuti P., Ismail, B & Pranoto. (2013). Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains*, 5(1), 59–75.
- Purnomo, S.S. & Hakim, L. (2012). Analisis potensi longsor pada daerah Ranu Pani menggunakan metode geolistik resistivitas, Kecamatan Senduro, Kabupaten Lumajang. *Neutrino*, 4(1), 79–84.
- Rachmi, E., Nugrahalia, M & Karim, A. (2016). Pemeriksaan kualitas air sungai Sei Kera Medan dengan metode spektrofotometri. *BioLink, Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*, 3(1), 44–55.
- Reed, J.S & Rose, K. (2013). Physical responses of small temperate lakes to variation in dissolved organic carbon concentrations. *Limnology and Oceanography*, 50(3), 921–931.

- Retnaningsih, T.S & Widodo, A.S.S. (2010). Status Trofik Danau Rawapening dan Solusi Pengelolaannya. *Jurnal Sains & Matematika (JSM)*, ISSN 0854-0675, 18(4), 158–169.
- Roedjinandari, N., Balquni, M., Fandely, C & Nopirin. (2016). Tourist perception and preference to the tourism attractions ini Ranu Pani Villages Bromo Tengger Semeru National Park. *IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS)*, 21(2), 39–45.
- Rukminasari, N., Nadiarti & Awaluddin, K. (2014). Pengaruh Derajat Keasaman (Ph) Air Laut terhadap Konsentrasi Kalsium dan Laju Pertumbuhan *Halimeda Sp.* Torani. *Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 24(1), 28–34. Retrieved from ISSN:0853-4489
- Sari, D.A., Haeruddin & Rudiyaniti, S. (2016). Analisis bebas pencemaran deterjen dan indeks kualitas air di sungai banjir kanal Barat, Semarang dan hubungannya dengan kelimpahan fitoplankton. *Diponegoro Journal of Maquares*, 5(4), 353–362.
- Wibowo, M. (2017). Kajian kualitas air dan sedimen dasar sungai Kutai Lama-Kabupaten Kutai Kartanegara sebagai pertimbangan awal rencana pengerukan. *Jurnal Presipitasi*, P.ISSN 1907-187X. E.ISSN 2550-0023, 14(1), 24–29.
- Widyastuti, E., Sukanto & Setyaningrum, N. (2015). Pengaruh limbah organik terhadap status tropik, ratio N/P serta kelimpahan fitoplankton di Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara. *Biosfera*, 32(1), 30–41.
- Wirosarjono, S. (1974). Masalah-masalah yang dihadapi dalam penyusunan kriteria kualitas air guna berbagai peruntukan. PPMKL-DKI Jaya, Seminar Pengelolaan Sumber Daya Air, eds. Lembaga Ekologi UNPAD. Bandung, 27 - 29 Maret 1974, hal 9 - 15
- Yogendra, K. & Puttaiah, E. (2008). Determination of Water Quality Index an Suitability of an Urban Waterbody in Shimoga Town Karnataka. The 12th World lake. Conference, 342–346.
- Yuliani, DS., Sitorus, S & Wirawan, T. (2013). Analisis kemampuan ki ambang (*Salvinia molesta*) untuk menurunkan konsentrasi ion logam Cu (11) pada media tumbuh air. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 10(2), 68–73.
- Yuniningsih, H.D., Soedaryono, P & Anggoro. (2014). Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada kawasan tutupan eceng gondok, perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Diakses dari: <http://ejournal-Sl.undip.ac.id/index.php/maquares>, 3(1), 37–43.