

STUDI EUTROFIKASI AKIBAT AKTIVITAS PENGGUNAAN LAHAN DI DANAU BUYAN

Ida Bagus Ketut Gede Kertia^{1*)}, I Wayan Arthana²⁾, I Wayan Sandi Adnyana³⁾

¹⁾Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Udayana

²⁾Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana

³⁾Fakultas Pertanian Universitas Udayana

*Email: idabaguskertia@gmail.com

ABSTRACT

Increased in land use activity in Buyan Lake catchment area can be a threat to multifunction of the lake. Identification the impact due to land use activity is to important of lake management. This study aims to know the land use and its activities, predicted the yield of sediment and nutrient losses, and knew of trophic state for the lake. The Lake Buyan catchment area is 1,943.8 ha. This research use survey method and in situ and ex situ measurement from March to May 2017. Type of data collected were land use and its activities, C-organic and soil nutrient, and variables of trophic state for the lake. This study showed that dryland vegetables crops with bench terrace by low standard construction, shrub with grass, and coffee plantation with traditional terrace with area each of 71.9 ha (3.7%), 43.0 ha (2.2%), and 25.4 ha (1.3%) respectively has an erosion of higher than tolerable soil loss. The sediment yield and C-organic, nitrogen, phosphate and potassium losses with the amount each of 9,399.4, 266.6, 14.5, 15.8, and 58.7 ton year⁻¹ respectively, and with soil and water conservation practices is very effective to reduced the sediment yield and C-organic, nitrogen, phosphate and potassium losses with the amount each of 3,160.1, 89.6, 4.9, 5.3, and 19.7 ton year⁻¹. Average of nitrogen, phosphate, chlorophyll a, and tranparency with the value each of 3,500, 118.4, 48.2 µg L⁻¹ and 1.8 m showed that trophic state for Buyan Lake is eutrophic until hypereutrophic, and a moderate eutrophic indicated from the average TSI with the value of 64.3.

Keywords: Buyan Lake, land use, erosion, sediment yield, eutrophic

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kegiatan manusia di daerah tangkapan air (DTA) dalam banyak kasus adalah penyebab kerusakan ekosistem danau. Dalam upaya pemenuhan kebutuhan hidup yang terus meningkat cenderung mendorong terjadinya pemanfaatan sumberdaya alam yang eksploitatif terutama terhadap penggunaan lahan.

Penggunaan lahan dan aktivitasnya di DTA danau yang tidak mengikuti kaidah konservasi tanah adalah penyebab terjadinya peningkatan

erosi lahan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2008). Subehi, *et al.* (2014) menyatakan bahwa telah terjadi penurunan kualitas lingkungan DTA dan perairan Danau Buyan sebagai akibat penggunaan lahan dan kegiatan penggunaan lahan di DTA Danau Buyan. Danau Buyan adalah salah satu danau alam di Provinsi Bali yang telah mengalami pendangkalan dan pertumbuhan tumbuhan air yang sangat cepat. Aktivitas penggunaan lahan pada DTA Danau Buyan dapat diduga menjadi faktor penyebabnya. Sebagai

hasil erosi, masuknya partikel-partikel tanah dan hara yang mencapai perairan diduga sebagai pemicu peningkatan kesuburan perairan.

Dalam Gerakan Danau Bersih (Gerdasih) Lestari Tahun 2015 yang bertemakan “Satukan Langkah, Lindungi Ekosistem Danau, Demi Kelangsungan Hidup Anak Cucu Kita” Kepala Badan Lingkungan Hidup Provinsi Bali menyatakan bahwa Danau Buyan terindikasi dalam kondisi kritis. Pendangkalan perairan dan pertumbuhan tumbuhan air yang berlebih dapat menjadi ancaman serius terhadap kelestarian Danau Buyan (Biro Humas Sekretariat Provinsi Bali, 2015).

Penetapan status kritis suatu danau dan pengelolaan danau secara terpadu dan holistik merupakan strategi yang sangat diperlukan untuk menciptakan keberlanjutan sumberdaya danau. Oleh sebab itu, dipandang perlu dilakukan studi untuk menentukan penggunaan lahan dan aktivitasnya yang berkontribusi terhadap hasil sedimen dan kehilangan hara DTA, dan peningkatan kesuburan perairan Danau Buyan. Hasil studi ini diharapkan dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan dalam mendapatkan strategi pencegahan degradasi dan pemulihan ekosistem Danau Buyan yang tepat sehingga pengelolaan danau dapat lebih terencana, hasilnya dapat diperkirakan, dan berkelanjutan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei dan pengukuran *in situ* dan *ex situ* pada bulan Maret-Mei 2017. Jenis data yang dikumpulkan berupa penggunaan lahan dan aktivitasnya melalui wawancara dengan daftar pertanyaan, wawancara mendalam, dan pengamatan secara fisik;

kandungan C-organik dan hara tanah melalui uji laboratorium terhadap sampel tanah; dan kandungan variabel status trofik perairan danau melalui uji laboratorium terhadap sampel air.

Evaluasi terhadap penggunaan lahan dan aktivitasnya mempertimbangkan satuan unit lahan DTA Danau Buyan, erosi aktual sesuai hasil penelitian Adnyana (2006), hasil sedimen dihitung menurut SCS *National Engineering Handbook* (DPMA, 1984 dalam Asdak, 1995), kehilangan hara diprediksi dengan mengkonversi kandungan C-organik dan hara tanah terhadap hasil sedimen, dan status trofik danau menurut kriteria Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 tahun 2009 dan indeks status trofik (TSI) Carlson (1977).

Hasil sedimen menurut SCS *National Engineering Handbook* (DPMA, 1984 dalam Asdak, 1995) ditetapkan dengan persamaan :

$$Y = E(SDR)Ws \quad (1)$$

dimana Y=hasil sedimen per satuan luas (ton/tahun),

E= erosi total (ton/ha/tahun)

SDR=Sediment Delivery Ratio (nisbah pelepasan sedimen), dan

Ws= luas DTA (ha).

SDR diprediksi Boyce (1975) dengan menggunakan persamaan :

$$SDR = 0,14 A^{0,3} \quad (2)$$

dimana A = luas DTA (km²).

Kehilangan hara dihitung dengan mengkonversikan kandungan hara tanah hasil analisis laboratorium dengan persamaan:

$$K_h = Y \times H \quad (3)$$

dimana K_h = kehilangan C-organik dan hara tanah (ton/tahun),

Y = hasil sedimen (ton/tahun), dan

H =kandungan C-organik dan hara tanah(%).

TSI ditetapkan dengan persamaan:

$$\text{TSI-P} = 14,41 \times \text{Ln}(\text{TP}) + 4,15 \quad (4)$$

$$\text{TSI-C} = 30,6 + 9,81 \times \text{Ln}(\text{Chlor-a})$$

$$\text{TSI-S} = 60 \times 14,41 \times \text{Ln}(\text{Secchi})$$

$$\text{TSI} = (\text{TSI-P} + \text{TSI-C} + \text{TSI-S}) : 3$$

dimana TSI-P (nilai indeks total fosfat), TSI-C (nilai indeks klorofil a), TSI-S (nilai indeks kecerahan), TP (total fosfat), Chlor-a (klorofil), dan Secchi (kecerahan).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penggunaan Lahan dan Aktivitasnya

Penggunaan lahan menurut unit lahan di lokasi penelitian didominasi hutan dengan serasah sedang seluas 1.363,3 ha (70,14%) dan paling kecil adalah pertanaman kopi seluas 25,4 ha (1,3%). Penggunaan lahan lainnya

berupa budidaya sayur mayur lahan kering seluas 512,1 ha (26,4%) dan semak belukar seluas 43,0 ha (2,2%) (Adnyana, 2006 dan hasil analisis seperti Tabel 1.

Aktivitas penggunaan lahan di lokasi penelitian seperti Tabel 2. Budidaya sayur mayur lahan kering dengan pengolahan tanah yang masih konvensional (olah tanah sempurna), penanaman pada petak teras bangku searah lereng pada musim hujan, penggunaan mulsa plastik, penggunaan pupuk, pestisida, dan insektisida anorganik yang masih relatif tinggi, dan pengelolaan sisa tanaman yang belum memenuhi kaidah konservasi tanah dan air merupakan aktivitas penggunaan lahan dapat diduga berdampak penting terhadap degradasi lahan dan eutrofikasi.

Jenis tanah di lokasi penelitian adalah andosol dan regosol seperti Tabel 1 tergolong peka sampai sangat peka terhadap erosi. Tanpa tindakan konservasi yang memadai, dapat dipastikan terjadi peristiwa erosi yang berpotensi menimbulkan degradasi lahan. Pengolahan tanah di lokasi penelitian dapat diduga sebagai salah satu penyebab terjadinya percepatan degradasi lahan. Ariska *et al.* (2016) menyatakan bahwa perlakuan tanpa olah tanah dan pemakaian mulsa jagung 6 ton/ha pada pertanaman kedelai di lahan kering kebun percobaan Taman Bogo, masam Lampung Timur memiliki kemampuan meretensi air 1,3 kali lebih besar dibandingkan perlakuan olah tanah konvensional tanpa mulsa. Pori air tersedia pada perlakuan tanpa olah tanah dan pemakaian mulsa jagung 6 ton/ha sebesar 10,4% dan olah tanah konvensional tanpa mulsa sebesar 8,1%.

Tabel 1. Penggunaan Lahan di Lokasi Penelitian

No.	Unit lahan	Penggunaan lahan	Kemiringan lereng (%)	Jenis tanah	Luas	
					ha	%
1	2	Budidaya sayur mayur lahan kering	2	Regosol	171,7	8,8
2	3	Budidaya sayur mayur lahan kering	3	Andosol	5,8	0,3
3	4	Budidaya sayur mayur lahan kering	4	Regosol	243,6	12,5
4	5	Budidaya sayur mayur lahan kering	12	Andosol	19,2	1,0
5	6	Budidaya sayur mayur lahan kering	12	Regosol	28,6	1,5
6	8	Budidaya sayur mayur lahan kering	23	Regosol	19,9	1,0
7	10	Budidaya sayur mayur lahan kering	36	Regosol	23,4	1,2
8	11	Pertanaman kopi	28	Regosol	25,4	1,3
9	13	Semak belukar	6	Regosol	30,0	1,5
10	14	Semak belukar	9	Regosol	13,0	0,7
11	16	Hutan dengan serasah rendah	5	Regosol	23,6	1,2
12	19	Hutan dengan serasah rendah	23	Andosol	8,5	0,4
13	20	Hutan dengan serasah rendah	21	Regosol	82,5	4,2
14	21	Hutan dengan serasah rendah	39	Andosol	94,4	4,9
15	22	Hutan dengan serasah rendah	41	Regosol	41,2	2,1
16	23	Hutan dengan serasah rendah	58	Andosol	216,9	11,2
17	24	Hutan dengan serasah rendah	60	Regosol	36,9	1,9
18	25	Hutan dengan serasah rendah	80	Regosol	859,4	44,2
Jumlah					1.943,8	100

Sumber: Adnyana (2006) dan hasil analisis

Dilihat dari Tabel 2, penutup tanah yang digunakan di lokasi penelitian adalah mulsa plastik. Mulsa plastik kurang layak direkomendasikan sebagai salah satu teknik konservasi sumberdaya lahan dan air. Aliran permukaan pada pemakaian mulsa plastik cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa mulsa (Adnyana, 2005 dalam Adnyana, 2009 dan Faizal, *et al.*, 2013).

Efektivitas penggunaan insektisida dan pestisida anorganik dalam pengendalian hama dan penyakit di lokasi penelitian menjadi hambatan dalam upaya menekan penggunaan insektisida dan pestisida anorganik. Seperti Tabel 2, penggunaan penggunaan insektisida dan pestisida tidak dapat terelakkan, dan yang perlu dilakukan adalah upaya mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida terhadap lingkungan dan manusia. Pada penelitian pestisida klor-organik dalam air Danau Buyan Buleleng Bali, terdeteksi sebesar 5,02 ppb residu cemaran DDT dan 1,99

ppb residu cemaran klorotalonil terkandung dalam air Danau Buyan (Manuaba, 2007).

Pengelolaan bekas tanaman seperti Tabel 2 menunjukkan bahwa tindakan tersebut diyakini dapat mempertahankan kualitas sifat-sifat tanah untuk menunjang kegiatan pertanian secara berkelanjutan. Tindakan konservasi ini belum layak direkomendasikan sebagai salah satu teknik konservasi sumberdaya lahan dan air yang memadai karena keterbatasan penelitian yang berkaitan dengan efektivitas pemanfaatan sisa tanaman langsung ke tanah seperti dilakukan petani di lokasi penelitian. Penelitian yang dapat dijumpai adalah berkaitan dengan efektivitas pemanfaatan sisa tanaman sebagai mulsa. Erosi dan aliran permukaan sangat efektif ditekan dengan penggunaan sisa tanaman sebagai mulsa (Heryani *et al.*, 2013 dan Ariska *et al.*, 2016).

Tabel 2. Aktivitas penggunaan lahan di lokasi penelitian

No.	Teknik budidaya	Aktivitas responden
1	Pengolahan tanah Teknik pengolahan tanah Lama pengolahan tanah Teknik konservasi tanah	olah tanah sempurna 23,8 – 25,0 hari/ha a) teras bangku buruk sampai sedang b) pada petak teras bangku dibuat guludan disesuaikan dengan musim tanam (searah lereng pada musim hujan dan searah kontur pada musim kemarau), dan sejajar bidang lahan garapan terpanjang
2	Komoditi Metode penanaman Umur panen (hari setelah tanam)	a) budidaya sayur mayur secara monokultur, dan penanaman dalam guludan pada petak teras bangku untuk budidaya sayur mayur b) pertanaman kopi tanpa tindakan konservasi a) tomat (60-100), kubis dan brokolo (80-110), kentang (80-120), wortel (90-120), paprika (150-360), dan stroberi (150-540) b) kopi arabika (2-2,5 tahun) dan robusta (2,5-3 tahun)
3	Penutup tanah Jenis Waktu pengaplikasian	mulsa plastik, warna hitam pada musim hujan dan putih pada musim kemarau, pemberian atap dari plastik putih bening untuk beberapa komoditi, dan antar guludan berupa tanah terbuka dengan jarak 20-25 cm pemasangan mulsa dilakukan langsung setelah pembuatan guludan selesai, sedangkan pemberian atap dilakukan 7-14 hari setelah untuk tanam non cabai, paprika, dan tomat
4	Pemupukan Waktu pemberian pupuk Dosis	pengolahan tanah/pupuk dasar dan pupuk susulan sebulan setelah tanam untuk kubis, brokoli, wortel, dan kentang, dan fase pertengahan dan generatif untuk paprika dan stroberi. a) pupuk dasar : pupuk kandang (10-15 ton/ha), urea (100-150 kg/ha), TSP 200-300 kg/ha, dan KCL (100-150 kg/ha) b) pupuk susulan : campuran urea dan KCL (250-300 kg dengan perbandingan 2:1 atau 3:1), fase pertengahan (NPK seimbang 20:20:20 atau NPK 10-10-10), dan fase generatif (NPK berkadar N dan K 1:2 atau 1:3)
5	Penyiraman Frekuensi Sumber air	2-3 hari/minggu a) air danau (untuk daerah dekat danau disedot pompa, dan daerah dataran tinggi disedot pompa dan dibuatkan penampungan) b) air hujan (dibuatkan sejenis kolam sebagai penampung air hujan)
6	Waktu pengaplikasian Jenis insektisida Jenis pestisida	situasi dan kondisi pertanaman Mestafen 200 EC, Kaliandra 482 EC, Rodamec 18 EC, Meothrin 50 EC, Dupont Lannate 40 SP, Metindo 25 WP, Dobeldor 50 EC, Decis 25 EC, Pounce 20 EC, Callicron 500 EC, Regent 50 SC, Bamex 18 EC, Dursban 200 EC, Termiban 400 EC, Pegasus 500 EC, Sidamethrin 50 EC, Cronus 18 EC, dan Kontan 500 EC. Acrobat 50 WP, Score 250 EC, Trobintop 250 SC, Cabrio 250 EC, Masalgin 50 WP, Sorento 250 EC, Carino 250 EC, Nordox 56 WP, dan Amistar Top 325 SC
7	Pengelolaan bekas tanaman	a) dibiarkan mengering dan ditanam ke tanah saat pengolahan tanah b) dibiarkan mengering dan dibakar

Sumber: hasil analisis

3.2. Hasil Sedimen dan Kehilangan Hara

Erosi yang terjadi di lokasi penelitian yaitu dari 2,1 ton/ha/tahun sampai dengan 670,3 ton/ha/tahun seperti Tabel 3. Erosi terkecil sebesar 2,1 ton/ha/tahun terjadi pada unit lahan 20 (hutan dengan serasah rendah) dan erosi terbesar sebesar 670,3 ton/ha/tahun terjadi pada unit lahan 10 (budidaya sayur mayur lahan kering). Dilihat dari erosi total, erosi yang terjadi di lokasi penelitian yaitu dari 73,5 ton/tahun sampai dengan 15.672,6 ton/tahun. Erosi terbesar sebesar 15.672,6 ton/tahun

terjadi pada unit lahan 10 (budidaya sayur mayur lahan kering) dan erosi terkecil sebesar 73,5 ton/tahun terjadi pada unit lahan 16 (hutan dengan serasah rendah) seperti Tabel 5.3. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan konservasi tanah dan air aktual di lokasi penelitian kurang memadai sehingga perlu ditingkatkan terutama pada unit lahan 6, 8, 10, 11, 13, dan 14. Upaya konservasi tanah dan air dikatakan memadai bilamana erosi yang terjadi minimal sama dan/atau lebih kecil dari erosi yang dapat ditoleransikan (EDT).

Tabel 3. Erosi di lokasi penelitian

Unit lahan	Penggunaan Lahan	Erosi		EDT	
		(ton/ha/tahun)	(ton/tahun)	(ton/ha/tahun)	(ton/tahun)
2	Budidaya sayur mayur lahan kering	8,4	1.446,8	8,4	1.446,8
3	Budidaya sayur mayur lahan kering	11,4	66,6	11,4	66,6
4	Budidaya sayur mayur lahan kering	16,3	3.979,3	16,3	3.979,3
5	Budidaya sayur mayur lahan kering	28,6	547,6	28,6	547,6
6	Budidaya sayur mayur lahan kering	195,4	5.586,6	30,5	870,7
8	Budidaya sayur mayur lahan kering	297,8	5.920,4	30,8	612,2
10	Budidaya sayur mayur lahan kering	670,3	15.672,6	29,7	693,7
11	Pertanaman kopi	337,7	8.578,3	33,7	857,0
13	Semak belukar	62,9	1.888,1	31,2	935,1
14	Semak belukar	88,1	1.141,9	33,4	432,4
16	Hutan dengan serasah rendah	3,1	73,5	3,1	73,5
19	Hutan dengan serasah rendah	23,8	201,5	23,8	201,5
20	Hutan dengan serasah rendah	2,1	175,5	2,1	175,5
21	Hutan dengan serasah rendah	6,3	600,7	6,3	600,7
22	Hutan dengan serasah rendah	4,4	183,0	4,4	183,0
23	Hutan dengan serasah rendah	6,5	1.416,5	6,5	1.416,5
24	Hutan dengan serasah rendah	8,9	327,2	8,9	327,2
25	Hutan dengan serasah rendah	9,3	8.029,6	9,3	8.029,6
Jumlah			55.835,5		21.448,8

Sumber: Adnyana (2006) dan hasil analisis

Peningkatan teknik konservasi tanah dan air dari teras bangku berkonstruksi buruk menjadi penanaman menurut kontur kemiringan >20%, teras bangku konstruksi baik, dan pemberian mulsa 6 ton/ha pada unit lahan 6 berdampak positif terhadap penurunan erosi yang lebih kecil dibandingkan EDT, yaitu sebesar 297,8 ton/ta/tahun seperti Tabel 3 menjadi 17,6 ton/ha/tahun seperti

Tabel 4. Erosi sebesar 337,7 ton/ha/tahun pada unit lahan 11 seperti Tabel 3 dapat ditekan menjadi 16,9 ton/ha/tahun yang lebih kecil dibandingkan EDT melalui peningkatanteknik konservasi tanah dan air dari teras tradisional menjadi teras berkonstruksi baik yang dikombinasikan dengan pemberian mulsa 3 ton/haseperti Tabel 4.

Tabel 4. Erosi Setelah Penerapan Konservasi Tanah dan Air

Unit lahan	Penggunaan lahan dan teknik konservasi	Luas (ha)	Erosi	
			(ton/ha/tahun)	(ton/ tahun)
2	Budidaya sayur mayur lahan kering berteras bangku konstruksi sedang	171,7	8,4	1.446,8
3	Budidaya sayur mayur lahan kering berteras bangku konstruksi sedang	5,8	11,4	66,6
4	Budidaya sayur mayur lahan kering berteras bangku konstruksi sedang	243,6	16,3	3.979,3
5	Budidaya sayur mayur lahan kering berteras bangku konstruksi buruk	19,2	28,6	547,6
6	Budidaya sayur mayur lahan kering , penanaman menurut kontur kemiringan 9-20% , strip rumput, dan pemberian mulsa 6 ton/ha	28,6	17,6	502,8
8	Budidaya sayur mayur lahan kering, penanaman menurut kontur kemiringan >20% , teras bangku konstruksi baik, dan pemberian mulsa 6 ton/ha	19,9	9,2	182,7
10	Budidaya sayur mayur lahan kering, penanaman menurut kontur kemiringan >20%, teras bangku konstruksi baik, dan pemberian mulsa 6 ton/ha	23,4	20,7	483,6
11	Pertanaman kopi, teras bangku baik, dan pemberian mulsa 3 ton/ha	25,4	16,9	428,9
13	Hutan alami dengan serasah sedang (suksesi alami)	30,0	2,6	78,7
14	Hutan alami dengan serasah sedang (suksesi alami)	13,0	3,7	47,6
16	Hutan dengan serasah sedang	23,6	3,1	73,5
19	Hutan dengan serasah sedang	8,5	23,8	201,5
20	Hutan dengan serasah sedang	82,5	2,1	175,5
21	Hutan dengan serasah sedang	94,4	6,4	600,7
22	Hutan dengan serasah sedang	41,2	4,5	183,0
23	Hutan dengan serasah sedang	216,9	6,5	1.416,6
24	Hutan dengan serasah sedang	36,9	8,9	327,2
25	Hutan dengan serasah sedang	859,4	9,3	8.029,6
Jumlah		1.943,8		18.772,0

Sumber: Adnyana (2006) dan hasil analisis

Teknik konservasi tanah dan air seperti Tabel 4 sangat efektif dalam menekan hasil sedimen DTA Danau Buyan. Penggunaan lahan dengan teknik konservasi tanah dan air yang memadai secara nyata dapat menurunkan besaran erosi menjadi lebih kecil dibandingkan EDT. Penurunan besaran erosi total akan berdampak penting terhadap penurunan hasil sedimen di DTA Danau Buyan. Dilihat dari luas DTA Danau Buyan yaitu seluas 1.943,8 Ha dengan nilai SDR sebesar 16,8% (Boyce, 1975), hasil sedimen yang terjadi berturut-turut sebesar 9.399,4 ton/tahun berdasarkan erosi total aktual, 3.610,7 ton/ha berdasarkan EDT, dan 3.160,1 ton/tahun berdasarkan erosi total setelah penerapan konservasi tanah dan air yang memadai.

Sebagai interaksi antara erosi total dan SDR, penurunan hasil sedimen akan berdampak langsung terhadap jumlah kehilangan unsur hara tanah. Kehilangan C-organik dan unsur hara tanah di lokasi penelitian diprediksi dengan mengkonversikan kandungan C-organik dan unsur hara tanah hasil analisis laboratorium berdasarkan hasil sedimen per satuan luas yang terjadi di DTA Danau Buyan.

Rerata kandungan C-organik dan unsur hara tanah di lokasi penelitian berturut-turut adalah sebesar 2,84% (sedang) untuk kandungan C-organik tanah; 0,15% (rendah) untuk N-total; 168,11 ppm (sangat tinggi) untuk P-tersedia; dan 624,38 ppm (sangat tinggi) untuk K-tersedia seperti Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan C-organik dan unsur hara tanah di lokasi penelitian

No.	Sampel		C-organik (%)	N-total (%)	P-tersedia (ppm)	K-tersedia (ppm)	
	Kode	Bujur					
1	ST1	295320	9088648	2,10 S	0,15 R	16,57 S	195,43 S
2	ST2	295699	9088466	3,10 T	0,13 R	41,03 ST	242,69 T
3	ST3	296547	9086973	2,83 S	0,18 R	209,56 ST	238,72 T
4	ST4	296651	9086731	3,02 T	0,16 R	187,33 ST	197,37 S
5	ST5	296347	9086954	2,27 S	0,15 R	28,23 T	248,80 T
6	ST6	295261	9087135	2,48 S	0,15 R	455,55 ST	3.657,90 ST
7	ST7	292823	9086939	4,16 T	0,18 R	18,63 S	407,18 ST
8	ST8	294231	9087295	3,84 T	0,18 R	26,95 T	363,89 T
9	ST9	294735	9087375	2,59 S	0,15 R	242,78 ST	443,88 ST
10	ST10	294923	9087544	2,42 S	0,10 R	247,33 ST	495,16 ST
11	ST11	295183	9087410	3,18 T	0,23 S	270,84 ST	685,90 ST
12	ST12	295922	9087660	2,05 S	0,09 R	272,50 ST	315,63 T
Rerata				2,84 S	0,15 R	168,11 ST	624,38 ST

Sumber : Hasil uji laboratorium (2017)

Keterangan : Kriteria kimia tanah (S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi, dan R = rendah)

Kehilangan kandungan C-organik dan unsur hara tanah di lokasi penelitian adalah berturut-turut sebesar 266,6 ton/tahun untuk C-organik; 14,5 ton/tahun untuk N-total; 15,8 ton/tahun untuk P-tersedia; dan 58,7 ton/tahun untuk K-tersedia. Kehilangan kandungan C-organik dan unsur hara

tersebut dapat ditekan melalui penerapan konservasi tanah dan air yang memadai menjadi sebesar 89,6 ton/tahun untuk C-organik; 4,9 ton/tahun untuk N-total; 5,3 ton/tahun untuk P-tersedia; dan 19,7 ton/tahun untuk K-tersedia seperti Tabel 6.

Tabel 6. Kehilangan kandungan C-organik dan unsur hara tanah di lokasi penelitian

No.	Erosi (ton/tahun)	Hasil sedimen (ton/tahun)	Kehilangan C-organik dan unsur hara tanah (ton/tahun)			
			C-organik	N-total	P-tersedia	K-tersedia
A	Konservasi aktual					
	55.835,5	9.399,4	266,6	14,5	15,8	58,7
B	Erosi yang dapat ditoleransikan					
	21.448,8	3.610,7	102,4	5,6	6,1	22,6
C	Penerapan konservasi tanah dan air yang memadai					
	18.772,0	3.160,1	89,6	4,9	5,3	19,7

Sumber: Hasil analisis

3.3. Status Trofik Perairan Danau Buyan

Status trofik perairan Danau Buyan ditetapkan berdasarkan kriteria Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 tahun 2009 dan TSI Carlson yang ditetapkan dengan persamaan (4). Stasiun 1, 2, dan 3 adalah stasiun pengambilan sampel yang dipengaruhi langsung aliran masuk ke perairan danau, dan stasiun 4 dan 5 adalah stasiun kontrol.

Rerata total nitrogen (TN), TP, klorofil a, kecerahan, rasio TN dan TP, dan TSI perairan Danau Buyan berturut-

turut adalah sebesar 3.500 µg/L; 118,4 µg/L; 48,2 µg/L; 1,8 m; 29,6; dan 64,3 seperti Tabel 7. Kandungan variabel status trofik seperti Tabel 7 dan Gambar 1 pada semua stasiun pengambilan sampel cenderung merata dan mengindikasikan perairan Danau Buyan telah mengalami peningkatan kesuburan yang berpotensi sebagai ancaman terhadap keberlanjutan multifungsi danau. Status trofik Danau Buyan menurut kriteria Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 tahun 2009 tergolong eutrof sampai hypereutrof, hypereutrof menurut rasio

TN dan TP, dan eutrofik sedang menurut indeks status trofik Carlson.

Nilai TN dan TP yang tinggi di semua stasiun sampling seperti Tabel 7 mengindikasikan input N dan P yang relatif besar dari DTA Danau Buyan ke perairan danau. N dan P diperkirakan bersumber dari erosi dan kegiatan pertanian di DTA yang masuk ke danau melalui aliran sungai, budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA), dan dekomposisi bahan organik.

Erosi di DTA Danau Buyan berpotensi memberikan input N dan P ke perairan danau masing-masing sebesar 14,5 dan 15,8 ton/tahun seperti Tabel 6 melalui masuknya sedimen ke perairan danau. Sedimentasi yang terjadi pada sungai yang bermuara ke stasiun pengambilan sampel dapat diduga berkontribusi besar terhadap peningkatan kandungan TN dan TP perairan Danau Buyan.

Kegiatan pertanian di DTA Danau Buyan juga berkontribusi besar terhadap input N dan P ke perairan danau melalui sistem draenase. Pupuk yang digunakan pada lahan pertanian masuk ke aliran sungai dan bermuara ke perairan danau (Frame dan Mark, 2013). Agustiningih (2012) menyatakan bahwa pupuk yang terlimpas ke sungai dan waduk mencapai 70% dan hanya 30% saja yang terserap akar tanaman. Dilihat dari keterjangkaun harga dan ketersediaan pasar, petani di lokasi penelitian cenderung mengaplikasikan pupuk urea, ZA, dan SP36 dalam kegiatan budidaya sayur mayur. Kandungan N yang mencapai 46% dalam pupuk urea (Saragih *et al.*, 2013) dan 21% pada pupuk ZA (BSNI, 2005), dan kandungan P pupuk SP36 sebesar 36% (Kasno, 2009).

Budidaya ikan KJA dapat diduga berkontribusi terhadap asupan N dan P di perairan Danau Buyan. Pengkayaan nitrat (NO_3) dalam badan air dapat disebabkan input pakan pada kegiatan budidaya ikan KJA (Ginting, 2011 dalam Saputra *et al.*, 2016). Budidaya ikan KJA berkontribusi terhadap kandungan N dan P perairan dalam bentuk sisa pakan, feses ikan, dan limbah metabolik ikan berupa ammonia dan urea. N yang dilepaskan ke lingkungan dari sisa pakan ikan mencapai 68-86% dan 71,4% untuk P (Price dan Morris JA, 2013).

Sumber N dan P perairan Danau Buyan sangat dimungkinkan berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota perairan yang telah mati). Tumbuhan air kiambang (*Salvinia molesta*) yang tumbuh luas di perairan Danau Buyan memiliki kandungan N dan P yang tinggi bila membusuk (Saputra *et al.*, 2016). Kandungan N dan P kiambang pada daun sebesar 0,216 mg/L dan 0,054 mg/L, dan pada akar sebesar 0,073 mg/L dan 0,021 mg/L (Angga *et al.*, 2010 dalam Saputra *et al.*, 2016). Kecepatan arus perairan Danau Buyan yang relatif sedang (Saputra *et al.*, 2016) dan mobilisasi tumbuhan air kiambangberpotensi memberikan pengaruh yang relatif besar terhadap distribusi TN dan TP. Mobilisasi tumbuhan air kiambang yang menumpuk pada sisi timur danau pada bulan September-Desember dan sisi barat pada bulan Januari-Agustus dapat diduga berdampak penting terhadap distribusi kandungan hara di perairan Danau Buyan.

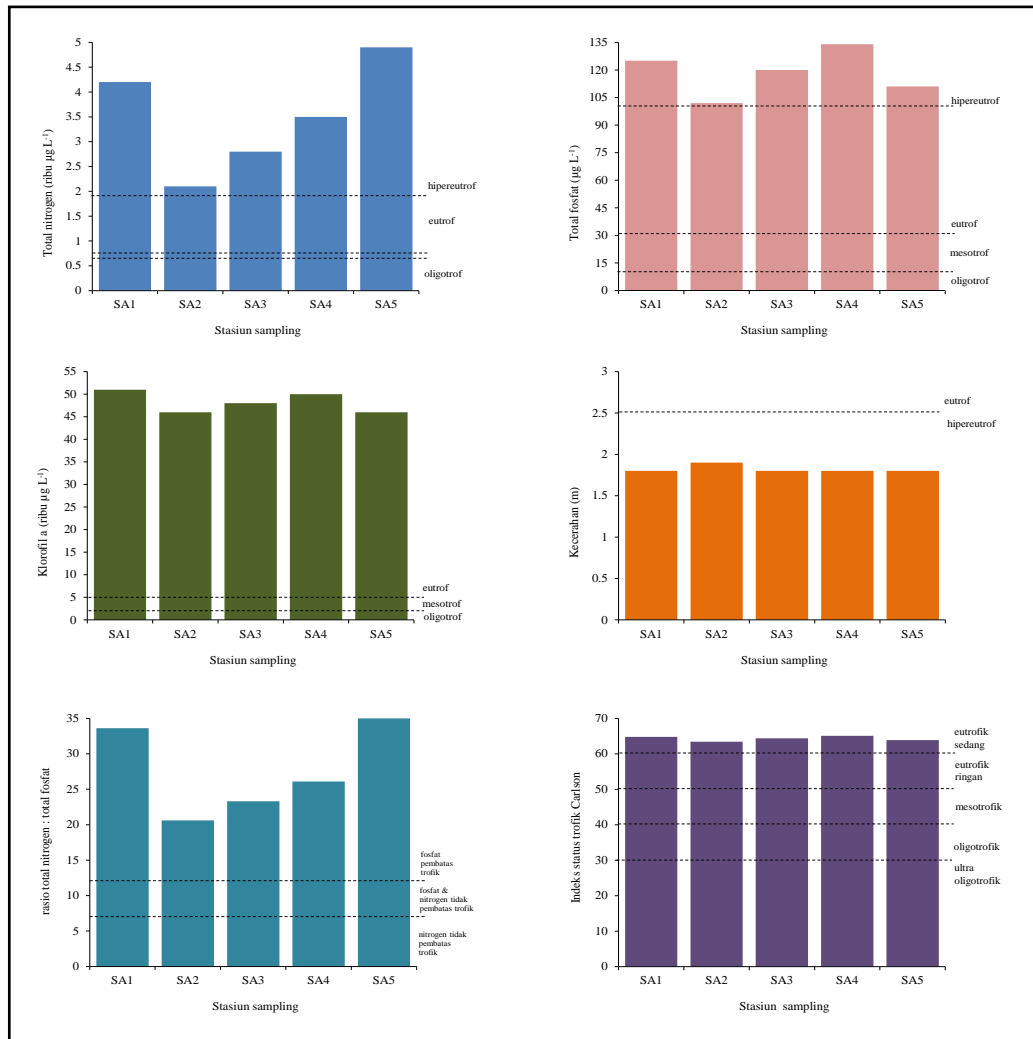
Tabel 5.7. Status Trofik Danau Buyan menurut Kriteria Status Trofik Danau, Rasio Total Nitrogen dan Total Fosfat, dan Indeks Status Danau Carlson

Kode	Sampel		Status trofik danau menurut kriteria status trofik ¹⁾							
	Lintang	Bujur	Total nitrogen (µg/L)	Total fosfat (µg/L)		Klorofil a (µg/L)		Kecerahan (m)		
SA1	294736	9088412	4.200	hiper-eutrofik	125	hiper-eutrofik	51	eutrof	1,8	hiper-eutrofik
SA2	293878	9087933	2.100	hiper-eutrofik	102	hiper-eutrofik	46	eutrof	1,9	hiper-eutrofik
SA3	292816	9087830	2.800	hiper-eutrofik	120	hiper-eutrofik	48	eutrof	1,8	hiper-eutrofik
SA4	291933	9088183	3.500	hiper-eutrofik	134	hiper-eutrofik	50	eutrof	1,8	hiper-eutrofik
SA5	293274	9088399	4.900	hiper-eutrofik	111	hiper-eutrofik	46	eutrof	1,8	hiper-eutrofik
Rerata			3.500	hiper-eutrofik	118,4	hiper-eutrofik	48,2	eutrof	1,8	hiper-eutrofik

Rasio total nitrogen dan total fosfat ²⁾		Status trofik danau menurut Carlson ³⁾				
		TSI-P	TSI-C	TSI-S	TSI	Status trofik
33,6	fosfat pembatas trofik	73,8	69,2	51,6	64,8	eutrofik sedang
20,6	fosfat pembatas trofik	70,8	68,2	51,2	63,4	eutrofik sedang
23,3	fosfat pembatas trofik	73,2	68,6	51,5	64,4	eutrofik sedang
26,1	fosfat pembatas trofik	74,8	69,0	51,6	65,1	eutrofik sedang
44,1	fosfat pembatas trofik	72,1	68,2	51,6	63,9	eutrofik sedang
29,6	fosfat pembatas trofik	73,0	68,6	51,5	64,3	eutrofik sedang

Sumber : Total nitrogen dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, total fosfat dan klorofil a dianalisis di UPT Laboratorium Analitik Universitas Udayana, dan kecerahan diukur secara *in situ* (2017)

Keterangan :
¹⁾ Kriteria status trofik danau menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk (Kementerian Lingkungan Hidup, 2009) sesuai Tabel 2.2.
²⁾ Total nitrogen : total fosfat >12 (fosfat pembatas trofik); total nitrogen : total fosfat <7 (nitrogen pembatas trofik; dan 7 < total nitrogen : total fosfat <12 (fosfat dan nitrogen tidak pembatas trofik) (Beveridge, 1984 dan Horne dan Goldman, 1994).
³⁾ TSI-P (indeks status trofik total fosfat), TSI-C (indeks status trofik klorofil a), TSI-S (indeks status trofik kecerahan), dan TSI (indeks status trofik Carlson) sesuai persamaan (2.6).



Gambar 1.
Status Trofik Danau Buyan

Dilihat dari hasil penelitian terhadap dekomposisi tumbuhan air kiambang (Angga *et al.*, 2010 dalam Saputra *et al.*, 2016) dan studi kinetis senyawa N dan P dari resuspensi sedimen skala laboratorium (Prariono dan Hasena, 2009), kegiatan pengerukan dapat juga diduga sebagai pencetus terjadinya peningkatan hara di perairan Danau Buyan. Studi kinetis senyawa N dan P dari resuspensi sedimen skala laboratorium menunjukkan bahwa dengan pengadukan sedimen dalam air laut dengan kecepatan 1 m/detik dan dalam 5 menit, peningkatan nutrisi sebagai indikasi pelepasan senyawa

dalam air menunjukkan rerata nutrisi per gram sedimen mencapai 1,8 $\mu\text{g P}$, 292 $\mu\text{g ammonia}$, 276 $\mu\text{g ammonium}$, 1,8 $\mu\text{g nitrit}$, dan 9,1 $\mu\text{g nitrat}$.

Kandungan klorofil a hasil uji berkisar 46-51 $\mu\text{g/L}$ seperti Tabel 7. Nilai klorofil a yang relatif tinggi dijumpai pada stasiun 1 dan 4. Perairan dengan nilai klorofil a di atas 15 hingga $<200 \mu\text{g/L}$ dikategorikan dalam status eutrof (Kementerian Lingkungan Hidup, 2009). Kecenderungan kandungan klorofil a yang tinggi pada stasiun 1 disebabkan pada stasiun pengambilan sampel tersebut adalah titik akumulasi masuknya hara N dan P ke perairan

Danau Buyan. Kandungan klorofil a yang tinggi pada stasiun 4 cenderung disebabkan tingginya kandungan P pada stasiun pengambilan sampel tersebut. Peningkatan kandungan P cenderung akan diikuti peningkatan kandungan klorofil a (Susanti, *et al.*, 2012).

Kecerahan pada semua stasiun pengambilan sampel seperti Tabel 7 memiliki kedalaman kurang dari 2 m. Nilai kecerahan berkisar antara 1,8 sampai 1,9 m mengindikasikan telah terjadi peningkatan kesuburan perairan Danau Buyan. Kisaran nilai kecerahan perairan 0,5 hingga 4,2 m mengindikasikan telah terjadinya penyuburan perairan Danau Limboto yang relatif cepat (Suryono *et al.*, 2008).

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

- 1) Penggunaan lahan di DTA Danau Buyan didominasi hutan alami dengan serasah sedang, diikuti budidaya sayur mayur lahan kering, dan penggunaan lahan terkecil berupa pertanaman kopi. Aktivitas penggunaan lahan di DTA Danau Buyan yang berdampak penting terhadap degradasi lahan dan eutrofikasi adalah budidaya sayur mayur lahan kering dengan pengolahan tanah yang masih konvensional (olah tanah sempurna), penanaman pada petak teras bangku searah lereng pada musim hujan, penggunaan pupuk, pestisida, dan insektisida anorganik yang masih relatif tinggi, dan pengelolaan sisa tanaman yang belum memenuhi kaidah konservasi tanah dan air.
- 2) Hasil sedimen dan kehilangan hara aktual di DTA Danau Buyan tiga kali lebih besar dibandingkan hasil

sedimen dan kehilangan hara dengan penerapan konservasi tanah dan air yang sesuai dengan kaidah keberlanjutan sumberdaya lahan dan air. Hasil sedimen dan kehilangan hara sangat berpotensi mengakibatkan terjadinya peningkatan kesuburan perairan karena Danau Buyan adalah titik akhir dari sistem aliran permukaan DTA Danau Buyan.

- 3) Pengujian parameter status trofik danau terhadap sampel air permukaan Danau Buyan menunjukkan status trofik danau tergolong eutrof sampai dengan hypereutrof menurut kriteria Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 dan tergolong eutrofik sedang menurut indeks status trofik Carlson.

4.2. Saran

- 1) Tindakan konservasi tanah dan air melalui pendekatan mekanis dan vegetatif di lokasi penelitian perlu ditingkatkan sebagai upaya menekan laju erosi yang berpotensi mempercepat terjadinya degradasi lahan.
- 2) Hasil sedimen dan besaran kehilangan hara yang terjadi di DTA Danau Buyan dapat dikelola melalui penerapan konservasi tanah dan air yang sesuai dengan kaidah keberlanjutan sumberdaya lahan dan air.
- 3) Status trofik perairan Danau Buyan yang tergolong eutrofik sampai hypereutrofik mengharuskan segera dilakukannya pengelolaan pada lahan pertanian dan ekosistem perairan yang diikuti dengan penelitian lanjutan untuk menetapkan tingkat ancaman terhadap keberlanjutan multifungsi

danau. Pengelolaan pada lahan pertanian dilakukan melalui upaya peningkatan tindakan konservasi tanah dan air, pengurangan pemakaian pupuk anorganik, dan peningkatan pemakaian pupuk organik. Pengelolaan pada ekosistem perairan dilakukan melalui pemanenan kiambang dan eceng gondok dan pembersihan sedimen melalui penyedotan, dan budidaya ikan dalam KJA yang disesuaikan daya dukung perairan danau.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I Wayan Sandi, Fumihiko Nsihio, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, dan Gede Hendrawan. 2006. *Monitoring of Land Use Changes Using Aerial Photograph and Ikonos Image in Bedugul, Bali*. International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences Volume 3 September 2006. p 51-58.
- Adnyana, I Wayan Sandi. 2009. Peranan Konservasi Tanah dan Air pada Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Orasi ilmiah Pidao Pengukuran Guru Besar Tetap dalam Bidang Konservasi Tanah dan Air pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana Sabtu, 21 Februari 2009*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Agustiningsih. 2012. Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Sungai (*tesis*). Available from URL: <https://eprint.undip.ac.id>(dikutip 15 Pebruari 2018).
- Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Ariska, Netty Dwi, Neneg Laela Nurida, dan Zaenal Kusuma. 2016. Pengaruh Olah Tanah Konservasi Terhadap Retensi Air dan Ketanahan Penetrasi Tanah pada Lahan Kering Masam di Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Volume 3 (1)*. Available from URL: <https://jtsl.ub.ac.id>(dikutip 15 Pebruari 2018).
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. SNI 02-1760-2005: *Pupuk Amonium Sulfat*. Available from URL: <http://klh.solokkota.go.id>(dikutip 10 Pebruari 2018).
- Biro Humas Sekretariat Provinsi Bali. 2015. *Gelar Gerdasih, Gubernur Pastika Ajak Masyarakat Peduli Kelestarian Danau*. Available from URL: <http://birohumas.baliprov.go.id> tanggal 14 April 2015 (dikutip 14 April 2016).
- Boyce, Robert C. 1975. *Sediment Routing With Sediment Delivery Ratios. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. United States Department of Agriculture Soil Conservation Service. Available from URL: <http://directives.sc.egov.usda.gov> (dikutip 14 Nopember 2017).
- Boyd, Claude E. dan Frank Lichtkoppler. 1979. *Water Quality Management in Pond Fish*

- Culture. Research and Development Series No. 22 Project : AID/DSAN-G 0039 April 1979.* Available from URL: <http://aurora.auburn.edu> (dikutip 22 Nopember 2017).
- Carlson, Robert E. 1977. A Trophic State Index for Lakes. Available from URL: <http://www.owrb.ok.gov> (dikutip 11 Nopember 2017).
- Faizal, Cyndi S., Meldi Sinolungan, Zetly Tamod, dan Tommy Sondakh. 2013. Erosi pada Lahan Hortikultura yang Ditanami Wortel (*Daucus carrota* L.) di Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur. Available from URL : <http://www.ejournal.unsrat.ac.id> (dikutip 14 Mei 2018).
- Frame Hunter dan Mark S Reiter. 2013. *Enhanced Efficiency Fertilizer Materials: Nitrogen Stabilizer. Publication CSES-52P.* Available from URL: <http://www.ext.vt.edu> (dikutip 10 Januari 2018).
- H, Henny, K.Murti Laksono, N. Sinukaban, dan SD Tarigan. 2011. Erosi dan Kehilangan Hara pada Pertanaman Kentang dengan Beberapa Sistem Guludan pada Andisol di Hulu DAS Merao, Kabupaten Kerinci, Jambi. *Jurnal Solum* Volume 8 (2) Juli 2011. Available from URL: <http://journalsolum.faperta.unand.ac.id> (dikutip 18 Januari 2018).
- Heryani, Nani, Budi Kartiwa, Yon Sugiarto, dan Tri Handayani. 2013. Pemberian Mulsa dalam Budidaya Cabai Rawit di Lahan Kering: Dampaknya terhadap Hasil Tanaman dan Aliran Permukaan. *Jurnal Agronomi Indonesia* Volume 41 (2). Available from URL: <http://journal.ipb.ac.id> (dikutip 13 Januari 2017).
- Jonsson, Hakan. 1997. *Assesment of Sanitation Systems and Reuse of Urine. Ecological Alternatives in Sanitation. Proceedings from Sida Sanitation Workshop Balingsholm, Sweden 6-9 August 1997. Publications on Water Resources No 9.* Available from URL: <https://www.ircwash.org> (dikutip 15 Januari 2018)
- Kasno, Antonius. 2009. Respon Tanaman Jagung terhadap Pemupukan Fosfor pada Typic Dystrudepts. *Jurnal Tanah Tropika* Volume 14 (2) Tahun 2009. Available from URL: <http://lmedia.neliti.com> (dikutip 3 Januari 2018).
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2009. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk.* Available from URL: <http://luk.staff.ugm.ac.id> (dikutip 23 September 2016).
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2008. *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau.* Available from URL: <http://www.academia.edu> (dikutip 15 Juni 2016).
- Manuaba, I B Putra. 2007. Cemarannya Pestisida Klor-Organik dalam Air Danau Buyan Buleleng Bali. *Jurnal Kimia* Volume 1 (1) Juli

2007. Available from URL: <http://ojs.unud.ac.id> (dikutip 15 Januari 2018).
- Mara, Duncan dan Sandy Cairncross. 1994. *Guidline for The Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: measures for public health protection*. Geneva: World Health Organization. Available from URL: <http://apps.who.int> (dikutip 17 Januari 2017).
- Nopiantari, Ni Putu Vivin, I Wayan Arthana, dan Ida Ayu Astarini. 2017. Dampak Kegiatan Pertanian terhadap Tingkat Eutrofikasi dan Jenis-jenis Fitoplankton di Danau Buyan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali. *Jurnal Ecotrophic* Volume 11 (1) Tahun 2017. Available from URL: <http://ojs.unud.ac.id> (dikutip 10 Pebruari 2018).
- Prariono, T dan T. Hasena. 2009. Studi Kinetis Senyawa Fosfor dan Nitrogen dari Resuspensi Sedimen. *E Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* Volume 1 (1) Juni 2009. Available from URL: <http://www.itk.fpika.ipb.ac.id> (dikutip 10 Januari 2017).
- Price, Carol Seals dan James A. Morris, Jr. 2013. *Marine Cage Culture and The Environment: Twenty-First Century Science Informing a Sustainable Industry*. Pivers Island Rd: NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS. Available from URL: <http://www.researchgate.net> (dikutip 5 Januari 2018).
- Saragih D, Hamim H, Nurmauli N. 2013. Pengaruh Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk Urea dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Jagung Pioneer 27. *Jurnal Agrotek Tropika*. Volume 1 (1) Januari 2013. Available from URL: <https://media.neliti.com> (dikutip 18 Desember 2017).
- Saputra, I Wayan Rian Riki, I Wayan Restu, dan Made Ayu Pratiwi. 2016. Analisis Kualitas Air Danau Sebagai Dasar Perbaikan Manajemen Budidaya Perikanan di Danau Buyan Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. *Ecotrophic*. Volume 11 (1) Tahun 2017. Available from URL: <https://ojs.unud.ac.id> (dikutip 11 Desember 2017).
- Subehi, Luki, Hendro Wibowo, dan Iwan Ridwansyah. 2014. Characteristics of Physical Catchment at Lake Buyan and Lake Tamblingan Bali Indonesia. *Naskah Lengkap Seminar Nasional Limnologi VII-2014: Pengelolaan Perairan Darat Berbasis Ilmu Pengetahuan untuk Menunjang Kelestarian Lingkungan dan Kesejahteraan Masyarakat*. Bogor 16 September 2014. Page 358-367. Available from URL: <http://limnologi.lipi.go.id> (dikutip 28 Mei 2016).
- Susanti, Ira Tri, Setia Budi Sasongko, dan Sudarno. 2012. Status Trofik Waduk Manggar Kota Balikpapan dan Strategi Pengelolaannya. *Jurnal Presipitasi* Volume 9 (2) September 2012. Available from URL: <http://ejournal.undip.ac.id> (dikutip 15 Januari 2018).

- Suryono, Tri, Sulung Nomosatryo, dan Endang Mulyana. 2008. Tingkat Kesuburan Danau-danau di Sumatra Barat dan Bali. *Jurnal Limnotek* Volume 15 (2) Tahun 2008. Available from URL: <http://lipi.go.id> (dikutip 15 Januari 2018).
- Vinneras Bjorn. 2001. *Faecal Separation and Urine Diversion for Nutrient Management of Household Biodegradable Waste and Wastewater* (thesis). Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. Available from URL: <http://pub.epsilon.slu.se> (dikutip 15 Oktober 2017).
- Yangxin Yu, Jin Zhao, Andrew E Bayli. 2008. *Development of surfactants and builders in detergent formulations*. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. Volume 16 (4) 4 September 2008. Available from URL: <http://doi.org> (dikutip 15 Oktober 2017).
- Zulfia, Naila dan Aisyah. 2013. Status Trofik Perairan Rawa Pening Ditinjau dari Kandungan Unsur Hara (NO_3 dan PO_4) serta Klorofil-a. *Jurnal Bawal* Volume 5 (3) Desember 2013. Available from URL: [URL://ejournal-balitbang.kkp.go.id](http://ejournal-balitbang.kkp.go.id) (dikutip 18 Desember 2017).