



## Hubungan kandungan P dalam air dan sedimen diperairan Danau *Crown Golf*, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara

### *Correlation of P concentration in water and sediment at Crown Golf, Pantai Indah Kapuk, North Jakarta*

Niken Tunjung Murti Pratiwi<sup>1</sup>, Rica Sumaryani<sup>1</sup>, Rahmat Kurnia<sup>1</sup>, Dwi Yuni Wulandari<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan, IPB University. Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

Received 20 November 2020

Received in revised 12 Desember 2020

Accepted 28 Januari 2021

#### ABSTRAK

*Crown Golf* merupakan danau hias dangkal yang berlokasi di Perumahan *Cluster Crown Golf*, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara. Telah terjadinya eutrofikasi pada perairan tersebut menyebabkan berkurangnya fungsi danau hias. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan kandungan P yang terdapat di air dan sedimen di Danau *Crown Golf*. Analisis contoh air dan sedimen dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK IPB University. Aplikasi STELLA 9.0.2 digunakan untuk simulasi pengelolaan pada Danau Hias *Crown Golf*. Berdasarkan hasil, terdapat 5 dari 13 parameter kualitas air yang tidak sesuai dengan baku mutu kelas II pada PP No. 82 Tahun 2001. Kandungan P di air selama pengamatan cenderung naik, sedangkan pada sedimen hasilnya cenderung turun. Berdasarkan hasil simulasi, jika dilakukan skenario pengelolaan dengan penggunaan empat buah kincir air selama enam jam pengoperasian menyebabkan kondisi P di air danau cenderung stabil. Keberadaan P di air tidak berkaitan erat dengan keberadaan P di sedimen, keberadaan P di sedimen dipengaruhi oleh DO dan suhu kolom air bawah.

**Kata kunci:** danau, eutrofikasi, kandungan P, STELLA

#### ABSTRACT

*Crown Golf Lake* is a shallow ornamental lake located in *Cluster Crown Golf Housing*, *Pantai Indah Kapuk*, North Jakarta. The eutrophication was occurred in these waters which will reduce its function as an ornamental lake. The aim of this research is to analyse the correlation between P concentration found in water and sediment at *Crown Golf Lake*. Analysis of water and sediment samples was conducted at the Laboratory of Aquatic Productivity and Environment, Department of Aquatic Resources Management, FPIK IPB University. STELLA 9.0.2 is used for management simulation of *Crown Golf Ornamental Lake*. Based on result, there were 5 out of 13 water quality parameters that not correspond with class II quality standard in PP No. 82 of 2001. The P concentration in water during observation tends to increase, while for the sediments, the results tend to decrease. The result of simulation scenario, if a management scenario is carried out with the use of four waterwheels during the six hours of operation, the P condition in the lake water will tends to be stable. The presence of P in water is not closely related to the presence of P in the sediment, the presence of P in the sediment is influenced by DO and the temperature of the lower water column.

**Keywords:** eutrophication, lake, P concentration, STELLA

\*Corresponding author  
mail address: [nudede@apps.ipb.ac.id](mailto:nudede@apps.ipb.ac.id)



## 1. Pendahuluan

Danau *Crown Golf* merupakan danau hias yang berada di Perumahan *Cluster Crown Golf*, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara. Perairan ini memiliki kedalaman antara 0,7–1,2 m serta memiliki luas 11069 m<sup>2</sup>. Perairan yang dibangun pada tahun 2010 ini selain memiliki fungsi sebagai danau hias, juga memiliki fungsi dan peran untuk pengatur keseimbangan hidrologi dan penampung air hujan (Megawati 2016). Sistem tertutup dari Danau *Crown Golf* juga menyebabkan air hujan dan limbah domestik tidak tersirkulasi dengan baik. Hal tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi bahan organik dan anorganik ke sedimen. Akumulasi bahan organik di dasar perairan terjadi karena proses pengendapan secara terus-menerus (Mardiana 2007).

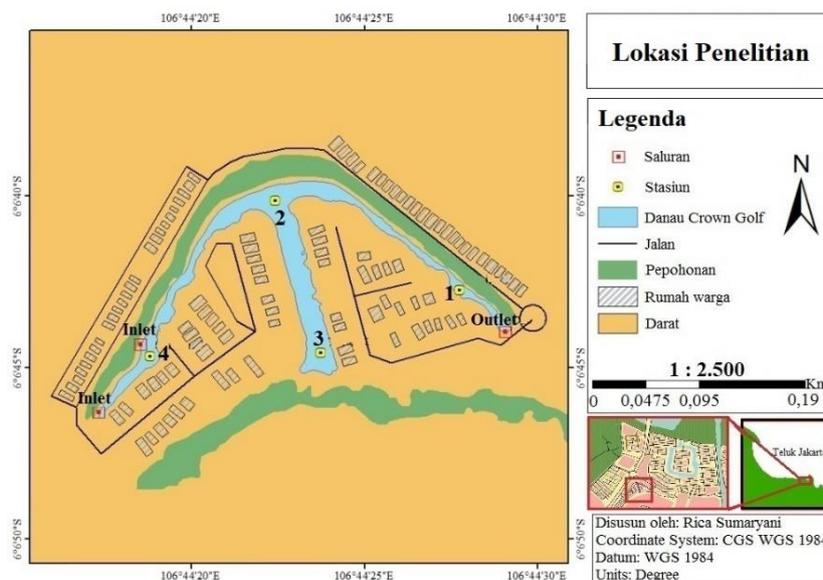
Limbah domestik berupa limbah organik dan anorganik yang masuk ke dalam danau berasal dari kegiatan warga yang tinggal di perumahan *Cluster Crown Golf*. Limbah yang masuk ke perairan tersebut akan menyumbang bahan organik ke dalam perairan yang selanjutnya akan meningkatkan kesuburan perairan (Megawati 2016) dan dapat menyebabkan eutrofikasi.

Dampak dari eutrofikasi yaitu meningkatkan kekeruhan (Garno 2012), menimbulkan bau, pendangkalan perairan (Purnomo *et al.* 2013), dan terjadinya deplesi oksigen (Aisyah dan Nomosatryo 2016). Eutrofikasi akan menurunkan kandungan

oksigen terlarut karena digunakan untuk mendekomposisi bahan organik yang ada di perairan. Hal tersebut dapat mengurangi nilai estetika sebagai danau hias.

Unsur yang sangat berpengaruh terhadap eutrofikasi ialah Nitrogen (N) dan Fosfor (P). Patty (2014) menyatakan bahwa P di perairan dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan kesuburan perairan. Tingginya masukan P yang ke dalam perairan dapat mempercepat pertumbuhan alga dan tumbuhan air yang tidak diinginkan, serta menimbulkan masalah kualitas air. Perairan Danau *Crown Golf* telah mengalami penurunan kualitas perairan, seperti timbulnya bau dan busa, berminyak, air yang berwarna hijau hingga coklat kehitaman (Aldilasari 2017).

Pengelolaan pada Danau *Crown Golf* saat ini masih belum efektif. Fluktuasi kualitas air di Danau *Crown Golf* belum dapat dikendalikan untuk mendapatkan kualitas air yang baik. Diperlukan perancangan pengelolaan untuk dapat menentukan skenario yang tepat dan efektif, sehingga mampu meningkatkan nilai estetika Danau *Crown Golf*. Salah satu pendekatan yang bisa digunakan yaitu model dinamis pendugaan P di air dan sedimen. Oleh karena itu, perlu adanya pendugaan perilaku P melalui perangkat lunak STELLA 9.0.2 untuk mengetahui hubungan kandungan P yang terdapat di air dan sedimen di Danau *Crown Golf*.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan titik pengambilan contoh di Danau *Crown Golf*.

## 2. Metodologi

### 2.1. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2017 sampai Mei 2018 mewakili musim hujan dan kemarau. Pengambilan contoh dan pengukuran kualitas air dilakukan di Danau *Crown Golf* (Gambar 1). Stasiun 1 mewakili daerah outlet, Stasiun 2 dan 3 mewakili tengah perairan, serta Stasiun 4 mewakili daerah inlet. Analisis contoh air dan sedimen dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

### 2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data primer kandungan P di air dan sedimen di 4 stasiun. Pengambilan contoh air menggunakan van Dorn water sampler di bagian permukaan dan lapisan dekat dasar perairan kemudian disimpan dalam botol poliethylen ukuran 1 L dan 100 mL. Kandungan P yang diukur berupa Ortofosfat dan Total fosfat dianalisis menggunakan metode Ascorbic acid dan menggunakan alat spektrofotometer (APHA 2017). Contoh air yang dianalisis di laboratorium merupakan hasil komposit dari dua kedalaman (permukaan dan lapisan dekat dasar perairan) untuk mewakili kondisi perairan. Contoh sedimen diambil menggunakan Ekman Grab hanya di Stasiun 2 dan 4. Contoh disimpan di dalam botol sedimen untuk selanjutnya dilakukan analisis Fosfat total dengan metode Ekstrak HCL 25% (APHA 2017). Contoh air dan sedimen dianalisis di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, IPB University.

### 2.3. Analisis Data

#### 2.3.1. Hubungan P Air dan Sedimen dengan Parameter Kualitas Air dan Kimia Sedimen

Keterkaitan P di air dan sedimen diamati dengan menghubungkan data variabel fosfat total di air dan sedimen dengan variabel kualitas air dan sedimen menggunakan analisis Korelasi Pearson. Analisis dilakukan menggunakan *software* IBM SPSS Statistics 20. Rumus Korelasi Pearson yang disajikan Walpole (1993) sebagai berikut.

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}, -1 \leq r \leq 1$$

Keterangan:

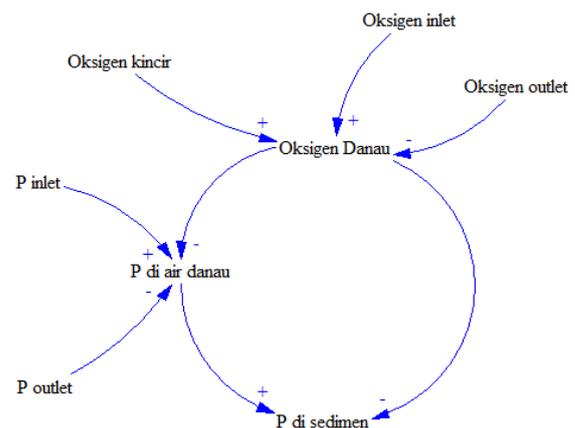
X = fosfat total dan nitrogen total di air dan sedimen

Y = kualitas air dan sedimen

N = jumlah parameter

#### 2.3.2. Pendugaan Perilaku Dinamika P di Danau

Pendugaan perilaku dinamika P di Danau *Crown Golf* disimulasikan menggunakan perangkat lunak STELLA 9.0.2. STELLA merupakan perangkat lunak yang ideal untuk membuat model sistem dinamik. Teegavarapu *et al.* (2005) menyatakan bahwa STELLA menunjukkan prinsip-prinsip sistem dinamika yang sangat sesuai untuk pemodelan. Pemasangan kincir adalah skenario untuk mendapatkan P dan oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) yang stabil. *Causal loop* hubungan antara P dan oksigen terlarut di Danau *Crown Golf* disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. *Causal loop* hubungan P dan oksigen terlarut di Danau *Crown Golf*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil

#### 3.1.1. Kualitas air dan sedimen Danau *Crown Golf*

Danau *Crown Golf* merupakan danau hias dangkal. Danau ini memiliki sistem tertutup dan cenderung tenang. Kedalaman Danau *Crown Golf* berkisar antara 0,8–1,2 m. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) pada kolom air atas lebih tinggi dibandingkan dengan DO kolom air bawah. Konsentrasi DO pada kolom air atas yang tidak sesuai dengan baku mutu kelas II, yaitu bulan Juli dan September 2017. Nilai suhu pada kolom air atas dan bawah

perairan Danau *Crown Golf* selama bulan pengamatan memiliki kisaran 28–31°C. Suhu tertinggi terdapat pada bulan September dan Oktober 2017, sedangkan suhu terendah pada bulan Januari 2018. Nilai suhu yang berbeda diduga karena ada perbedaan waktu pengukuran dan perbedaan musim. Kolom air atas dan bawah, serta sedimen menunjukkan nilai pH yang normal hingga basa berkisar antara 6,98–7,96. Nilai pH kolom air atas dan bawah perairan tertinggi pada bulan Januari dan Februari 2018, sedangkan pH tertinggi sedimen pada bulan Oktober 2017.

Konsentrasi amonia memiliki kisaran 0,39–5,70 mg/L. Nitrat memiliki kisaran konsentrasi 0,13–2,43 mg/L, sedangkan untuk nitrit memiliki kisaran 0,10–1,87 mg/L. Nilai nitrogen total air cenderung stabil setiap bulan pengamatan. Kondisi berkebalikan antara fosfat total dan ortofosfat terjadi pada bulan Juni–November 2017. Selanjutnya, terdapat kemiripan pola dari bulan Desember 2017–Mei 2018.

### 3.1.2. Perbandingan Kandungan Fosfat Total Air (PT) dan Fosfat Total Sedimen (PTs)

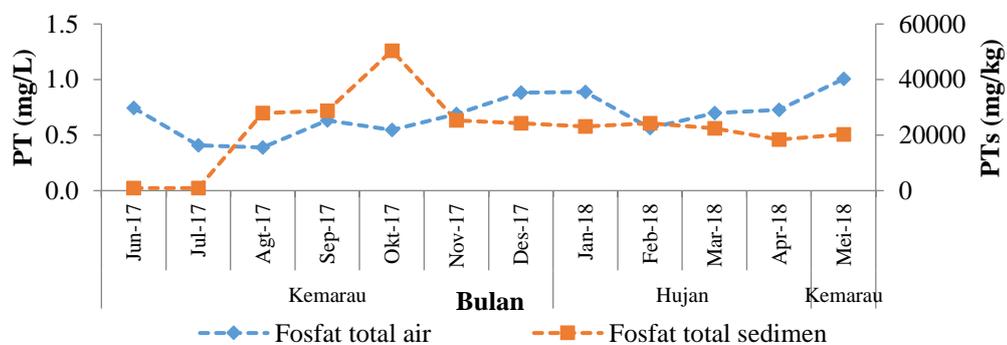
Kandungan fosfat total air dan sedimen dibandingkan untuk menduga adanya peningkatan maupun penurunan fosfat di air

dan sedimen. Konsentrasi fosfat total sedimen memiliki nilai yang lebih tinggi dari fosfat total air (Gambar 3). Konsentrasi fosfat total sedimen tertinggi pada bulan Oktober 2017 sebesar 50400 mg/kg.

### 3.1.3. Hubungan P di Air dan Sedimen Terhadap Parameter Kualitas Air dan Sedimen

Hasil uji Korelasi Pearson menunjukkan adanya korelasi P di air dan sedimen terhadap kualitas air dan kimia sedimen pada musim yang berbeda. Pada musim kemarau fosfat total air (PT) tidak memiliki korelasi yang signifikan terhadap kualitas air (Tabel 1). Fosfat total sedimen (PTs) memiliki korelasi signifikan terhadap kualitas air (Tabel 2). Korelasi signifikan terdapat pada fosfat total sedimen dengan suhu kolom air bawah sebesar 0,76.

Korelasi signifikan terdapat pada fosfat total sedimen (PTs) dengan oksigen terlarut kolom air bawah (*dissolved oxygen* kolom air bawah/DO<sub>b</sub>). Korelasi negatif signifikan tersebut sebesar -0,99 (Tabel 3). Korelasi negatif menunjukkan jika fosfat total sedimen berkurang, maka DO<sub>b</sub> semakin meningkat.



Gambar 3. Kandungan fosfat total air (PT) dan fosfat total sedimen (PTs) Danau *Crown Golf*.

Tabel 1. Korelasi Pearson fosfat total air (PT) dan parameter kualitas air pada musim kemarau Danau *Crown Golf*.

Stasiun	Parameter	Ortofosfat	DO	Suhu	pH
St.2	PT	0,49	0,52	0,29	0,34
St. 4	PT	0,55	-0,37	0,54	0,28

Tabel 2. Korelasi Pearson fosfat total sedimen (PTs) dan parameter kualitas air dan kimia sedimen pada musim kemarau Danau *Crown Golf*.

Stasiun	Parameter	PT	Ortofosfat	DO <sup>b</sup>	Suhu <sup>b</sup>	pH <sup>s</sup>
St. 2	PTs	-0,01	0,26	-0,02	0,76*	0,02
St. 4	PTs	0,12	0,36	0,39	0,70	-0,04

\*korelasi signifikan ( $p < 0,05$ ); <sup>b</sup>kolom air bawah; <sup>s</sup>sedimen.

3.1.4. Pendugaan Perilaku Dinamika P di Danau dan Skenario Pengelolaan

Dinamika P di air pada Danau Crown Golf berdasarkan simulasi menggunakan STELLA 9.0.2 tanpa penggunaan kincir air, menunjukkan bahwa nilai P di air yang melebihi baku mutu kelas II PP No. 82 tahun 2001 (Gambar 4). Berdasarkan simulasi

dengan penggunaan kincir air, dinamika P diatur untuk stabil sampai dua tahun berikutnya (Gambar 5). Model simulasi dibuat berdasarkan faktor yang memengaruhi dinamika P di Danau Crown Golf, yaitu kandungan oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*).

Tabel 3. Korelasi Pearson fosfat total air (PT) dan kualitas air pada musim hujan Danau.

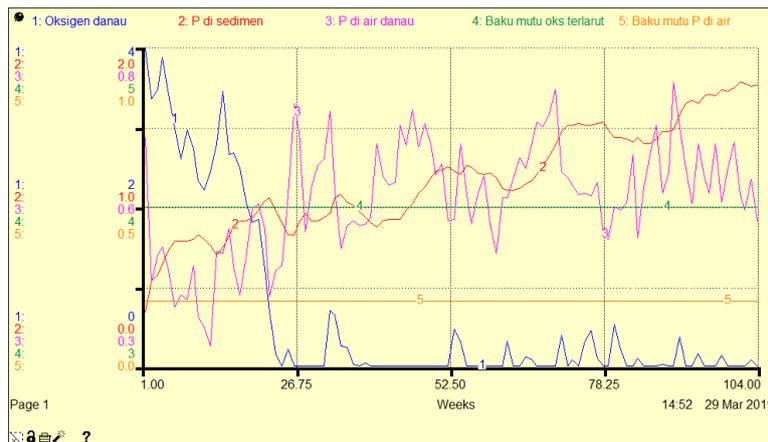
Stasiun	Parameter	Ortofosfat	DO	Suhu	pH
St.2	PT	0,62	0,28	-0,21	0,34
St. 4	PT	0,84	-0,40	-0,50	0,16

\*korelasi signifikan ( $p < 0,05$ ).

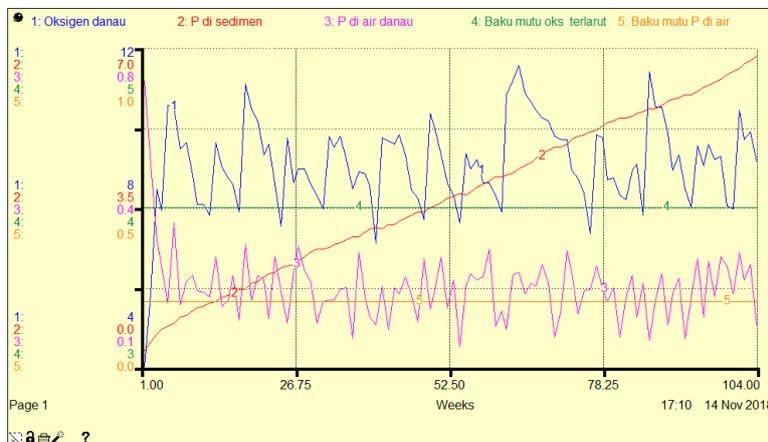
Tabel 4. Korelasi Pearson fosfat total sedimen (PT<sub>s</sub>) terhadap kualitas air dan sedimen pada musim hujan Danau Crown Golf.

Stasiun	Parameter	PT	Ortofosfat	DO <sup>b</sup>	Suhu <sup>b</sup>	pH <sup>s</sup>
St. 2	PT <sub>s</sub>	-0,71	-0,29	0,75	0,09	0,04
St. 4	PT <sub>s</sub>	0,25	0,66	-0,99**	-0,95	0,94

\*\*korelasi signifikan ( $p < 0,01$ ); <sup>b</sup>kolom air bawah; <sup>s</sup>sedimen.



Gambar 4. Dinamika oksigen terlarut dan P di air danau serta P di sedimen tanpa penggunaan kincir air.



Gambar 5. Dinamika oksigen terlarut dan P di air danau serta P di sedimen dengan penggunaan kincir air.

### 3.2. Pembahasan

Danau *Crown Golf* adalah danau hias buatan yang terdapat di perumahan Cluster *Crown Golf*, Pantai Indah Kapuk. Danau *Crown Golf* memiliki luas sebesar 11069 m<sup>2</sup> (Megawati 2016). Danau ini memiliki sistem tertutup dan cenderung tenang. Kedalaman Danau *Crown Golf* berkisar antara 0,8–1,2 m. Pada Stasiun 4 memiliki kisaran yang lebih bervariasi, sedangkan untuk Stasiun 1 memiliki variasi yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan kedalaman air di Stasiun 4 lebih dinamis dibandingkan dengan Stasiun lainnya.

Perairan Danau *Crown Golf* cenderung tenang serta relatif dangkal (Megawati 2016). Kisaran kedalaman Danau *Crown Golf* antara 0,7–1,2 m. Kedalaman maksimum selama bulan pengamatan adalah 1,2 m. Perairan yang dangkal mudah mengalami perubahan karakteristik, salah satunya suhu (Aldilasari 2017). Suhu kolom di Danau *Crown Golf* berkisar antara 28,3–31,1°C, sedangkan untuk suhu dasar antara 28,1–30,7°C. Selain suhu, dangkalnya perairan juga mempengaruhi parameter kualitas air lainnya, baik secara kimia maupun fisika.

Perairan Danau *Crown Golf* memiliki kisaran pH netral sampai basa antara 7,4–8,0. Kondisi pH perairan tersebut sesuai dengan baku mutu kelas II PP No. 82 tahun 2001 sebesar 6–9. Effendi (2003) menyatakan bahwa pH basa menyebabkan senyawa amonia tidak terionisasi, sehingga dapat menimbulkan bau yang kurang sedap.

Buruknya kondisi kualitas air pada Danau *Crown Golf* dipengaruhi oleh aktivitas rumah tangga yang berasal dari perumahan di sekitar danau. Aktivitas masyarakat tersebut menghasilkan buangan berupa limbah organik maupun anorganik. Limbah tersebut jika masuk ke dalam perairan danau secara langsung akan menyebabkan penurunan kualitas air danau. Upaya yang diperlukan dalam memperbaiki kualitas perairan Danau *Crown Golf* tersebut adalah dengan mengolah terlebih dahulu limbah buangan rumah tangga. Namun pada saat ini pada Danau *Crown Golf* belum terdapat instalasi pengolahan air limbah rumah tangga. Selain itu, ada beberapa saluran pembuangan dari rumah tangga yang langsung masuk ke danau. Hal tersebut akan meningkatkan masukan organik maupun

anorganik.

Nilai oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) kolom air bawah Danau *Crown Golf* lebih rendah dibandingkan dengan DO kolom air atas karena adanya pemanfaatan oksigen oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik yang terdapat di sedimen. Selain itu, rendahnya DO kolom air bawah karena menurunnya proses fotosintesis dan difusi. DO kolom air atas pada bulan Juli dan September 2017 tidak sesuai dengan baku mutu kelas II karena nilainya yang kurang dari 4 mg/L.

Salah satu indikator adanya eutrofikasi di perairan Danau *Crown Golf* adalah muncul warna air hijau karena adanya pertumbuhan fitoplankton yang melimpah. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton salah satunya adalah fosfor (P). Kandungan fosfat di perairan dapat menjadi salah satu indikator untuk menentukan kesuburan suatu perairan (Patty 2014). Konsentrasi fosfat total di air memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan ortofosfat. Hal tersebut karena fosfat total air merupakan jumlah dari fosfat yang terlarut dan partikulat, serta fosfat organik dan anorganik (Effendi 2003). Nilai fosfat total air kurang dari fosfat total sedimen. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Aisyah dan Nomosatryo (2016) bahwa ortofosfat bersifat terlarut, sedangkan fosfat bersifat tidak terlarut dan mengendap di sedimen. Adanya hubungan yang berbanding terbalik antara kandungan fosfat total air dan fosfat total sedimen mengindikasikan bahwa P di sedimen berkurang, sedangkan P di air meningkat.

Jin et al. (2006) menyatakan bahwa P akan lepas dari sedimen dalam kondisi pH asam dan basa, namun pada kondisi basa lebih optimal. Pengaruh pH pada pelepasan tersebut dapat membuat berikatan dengan logam Fe, Al, dan Ca. Ortofosfat dan besi (II) yang lepas dari permukaan sedimen anaerob kemudian bercampur ke dalam air yang aerob pada pH tinggi, maka hanya bagian dari P yang lepas terikat pada senyawa besi (III) lalu diendapkan kembali.

Nilai nitrogen total air cenderung stabil setiap bulan pengamatan. Definisi dari nitrogen total ialah jumlah dari nitrogen anorganik, berupa nitrat, nitrit, amonia yang

bersifat larut dan nitrogen organik yang berupa partikel yang tidak larut dalam air (Mackereth *et al.* in Effendi 2003). Amonia pada bulan Agustus 2017 memiliki nilai tertinggi selama bulan pengamatan. Tingginya nilai amonia tersebut disebabkan karena adanya proses amonifikasi (Afriansyah *et al.* 2016). Hal ini dapat terlihat dari nilai nitrat dan nitrit yang rendah pada bulan yang sama.

Konsentrasi nitrat sesuai dengan baku mutu. Nitrat di perairan alami merupakan bentuk utama dari nitrogen menjadi sumber nutrisi bagi pertumbuhan fitoplankton serta tumbuhan air (Tatangindatu *et al.* 2013). Fitoplankton membutuhkan kandungan nitrat yang berkisar antara 0,9–3,5 mg/l untuk pertumbuhan yang optimal (Astuti *et al.* 2009). Menurut Septianingsih (2018), pada Danau *Crown Golf* telah mengalami ledakan populasi fitolankton.

Nitrit umumnya memiliki konsentrasi yang sedikit di perairan, bahkan lebih sedikit dari kandungan nitrat. Konsentrasi nitrit yang lebih sedikit tersebut karena dipengaruhi oleh faktor keberadaan oksigen terlarut. Nitrit merupakan bentuk antara amonia dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dengan gas nitrogen (Rangka dan Paena 2012). Wantasen *et al.* (2012) menyatakan bahwa suhu, pH, dan konsentrasi oksigen terlarut merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi keseimbangan nitrit dan nitrat.

Hasil uji Korelasi Pearson antara fosfat total air (PT) di musim kemarau dengan parameter kualitas air adanya hubungan korelasi namun tidak signifikan. Korelasi positif signifikan terjadi antara PTs dengan suhu kolom air bawah, dapat diartikan bahwa semakin meningkatnya suhu maka semakin tinggi pula nilai PTs. Namun hal tersebut berbeda dengan Li *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa semakin meningkatnya suhu maka semakin banyak pula P yang lepas dari sedimen. Peningkatan suhu akan mempengaruhi tingginya P yang lepas dari sedimen (Kelton dan Fraser 2005). Pada danau dangkal, suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi lepasnya P dari sedimen (Kleeberg dan Dudel 1997). Namun hasil di Danau *Crown Golf* tidak sesuai dengan teori lepasnya P di danau dangkal.

Hasil uji Korelasi Pearson fosfat total

sedimen tidak memiliki korelasi yang erat dengan fosfat total air (PT). Hal tersebut diduga karena keberadaan P di air bukan hanya dari P di sedimen, namun juga berasal dari P yang masuk di inlet. Fosfat total sedimen (PTs) juga memiliki korelasi negatif yang signifikan dengan oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) kolom air bawah. Hasil pada Danau *Crown Golf* tidak sesuai dengan pernyataan Li *et al.* (2013) bahwa penurunan DO akan meningkatkan total fosfat air. Kleeberg dan Dudel (1997) menyatakan bahwa DO merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi lepasnya P dari sedimen selain suhu, reaksi redoks, pH, dan sulfat. Pada kondisi yang anaerob akan meningkatkan konsentrasi P yang lepas (Kelton dan Fraser 2005). Diduga hal tersebut tidak sesuai karena karakteristik perairan Danau *Crown Golf* yang sangat dangkal.

Danau *Crown Golf* yang dangkal memiliki sedimen yang cukup tebal. Sedimen tersebut berpotensi untuk melepaskan P ke kolom perairan. Oleh karena itu, pengelolaan awal yang baik adalah dilakukan penyedotan sedimen untuk menjaga kondisi P di air agar stabil.

Dinamika P di air pada Danau *Crown Golf* berdasarkan simulasi menggunakan STELLA 9.0.2 tanpa penggunaan kincir air, menunjukkan nilai P di air yang melebihi baku mutu kelas II. Selain nilai P yang tidak sesuai dengan baku mutu, konsentrasi oksigen terlarut pada Danau *Crown Golf* juga sangat rendah. Oleh sebab itu, konsentrasi oksigen terlarut harus ditingkatkan agar semakin banyak P yang mengendap di sedimen. Berkaitan dengan hal tersebut, dirancang satu skenario pada STELLA.

Model dinamis oksigen dan P di Danau *Crown Golf* yang tersaji pada Lampiran 5 dibuat untuk mengurangi P di air. Hal yang mempengaruhi P mengendap adalah oksigen terlarut sehingga perlu meningkatkan kandungan oksigen terlarut dengan penggunaan kincir air. Jumlah dan waktu pengoperasian kincir air mampu untuk meningkatkan oksigen terlarut di air.

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan STELLA 9.0.2, jika dilakukan skenario pengelolaan dengan penggunaan empat buah kincir air selama enam jam pengoperasian

menyebabkan kondisi P di air danau yang cenderung stabil. Kondisi tersebut dikarenakan konsentrasi oksigen terlarut di perairan yang mencukupi untuk pengendapan P di sedimen. Konsentrasi rata-rata P dan oksigen terlarut di air danau dalam model masih sesuai dengan baku mutu kelas II PP No. 82 tahun 2001 untuk rekreasi, yaitu sebesar 0,2 mg/L dan 4 mg/L. Konsentrasi P di sedimen semakin meningkat karena tidak adanya penyedotan sedimen di danau.

Penggunaan empat buah kincir dan enam jam waktu pengoperasian merupakan pilihan yang paling efektif. Penggunaan jumlah kincir yang lebih dari empat menyebabkan semakin banyak P yang mengendap akan tetapi memerlukan biaya yang lebih mahal. Kincir air dalam model ini sangat diperlukan untuk menyuplai oksigen agar tidak terjadinya kondisi anoksik. Oksigen terlarut sangat mempengaruhi proses pengendapan P di sedimen. Perlu dilakukan pemasangan alat penambah oksigen terlarut berupa kincir serta perlu dilakukan penyedotan sedimen untuk mengurangi P sedimen dan untuk mengurangi pendangkalan.

#### 4. Kesimpulan

Keberadaan P di air tidak berkaitan erat dengan keberadaan P di sedimen, keberadaan P di sedimen dipengaruhi oleh DO dan suhu kolom air bawah.

#### Daftar Pustaka

- Afriansyah, Dewiyanti I, Hasri I. 2016. Keragaan nitrogen dan t-phosfat pada pemanfaatan limbah budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) oleh ikan peres (*Osteochilus kappeni*) dengan sistem resirkulasi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 1(2):252–261.
- Aisyah S, Nomosatryo S. 2016. Distribusi spasial dan temporal nutrien di Danau Tempe, Sulawesi Selatan. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 1(2):31–45.
- Aldilasari D. 2017. Dinamika bahan organik dan status kualitas air Danau Crown Golf, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Astuti LP, Warsa A, Satria H. 2009. Kualitas air dan kelimpahan plankton di Danau Sentani, Kabupaten Jayapura. *Jurnal Perikanan*. 11(1):66–77.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kansius.
- Garno YS. 2012. Dampak eutrofikasi terhadap struktur komunitas dan evaluasi metode penentuan kelimpahan fitoplankton. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 13(1):67–74.
- Jin X, Wang S, Pang Y, Wu FC. 2006. Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediment from different trophic areas in Taihu Lake, China. *Environmental Pollution*. 139:288–295.
- Kelton N, Fraser PC. 2005. A simplified assessment of factors controlling phosphorus loading from oxygenated sediments in a very shallow eutrophic lake. *Lake and Reservoir Management*. 21(3):223–230.
- Kleeberg A, Dudel GE. 1997. Changes in extent of phosphorus release in a shallow lake (Lake Grober Muggelsee; Germany, Berlin) due to climatic factors and load. *Marine Geology*. 139:61–75
- Li H, Liu L, Li M, Zhang X. 2013. Effects of pH, temperature, dissolved oxygen, and flow rate on phosphorus release processes at the sediment and water interface in storm sewer. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 1–7.
- Mardiana L. 2007. Studi kandungan fosfor di air dan sedimen yang dipegaruhi aktivitas jaring apung di Waduk Cirata, Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Megawati. 2016. Kualitas air perairan danau hias *Crown Golf*, Bukit Golf Mediterania, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Patty SI. 2014. Karakteristik fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di perairan Pulau Gangga dan Pulau Siladen, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 2(2):74–84.

- PP RI. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Purnomo PW, Soedarsono P, Putri MN. 2013. Profil vertikal bahan organik dasar perairan dengan latar belakang pemanfaatan berbeda di Rawa Pening. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 2(3):27–36.
- Rangka NA, Paena M. 2012. Potensi dan kesesuaian lahan budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di sekitar perairan Kabupaten Wakatobi Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(2):151–159.
- Septianingsih RS. 2018. Keterkaitan antara kelimpahan fitoplankton dan kualitas air di Danau Crown Golf dan Danau Garden House, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tatangindatu F, Kalesaran O, Rompas R. 2013. Studi parameter fisika kimia air pada areal budidaya ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Budidaya Perairan*. 1(2):8–19.
- Teegavarapu RSV, Tangirala AK, Ormsbee L. 2005. Modeling water quality management alternatives for a nutrient impaired stream using system dynamics simulation. *Journal of Environmental Informatics*. 5(2):73–81.
- Walpole R. 1993. Pengantar Statistika Edisi Ke-2, Introduction to Statistics 2<sup>nd</sup> Edition. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Umum.
- Wantasen S, Sudarmadji, Sugiharto E, Suprayogi S. 2012. Dampak transformasi nitrogen terhadap lingkungan biotik di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 19(2):143–149.