

Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Danau Batur, Kintamani, Bangli

I Made Hendy Wesha Suryawan ^{a*}, Pande Gde Sasmita Julyantoro ^a, Gde Raka Angga Kartika ^a

^a Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62-896-777-106-16
Alamat e-mail: hendywesha46@gmail.com

Diterima (received) 30 Juni 2019; disetujui (accepted) 18 Desember 2020; tersedia secara online (available online) 18 Desember 2020

Abstract

Batur lake is an aquatic natural resource that has a very important value in terms of ecological functions and economic functions. Batur lake gets pressure due to discharges of various types of waste generated from plantation activities, community settlements, cultivated feed residues in floating net cages, tourism activities and water transportation waste. It can cause ecosystems disruption in Batur lake, especially on the aquatic vegetation. This study aims to determine the species diversity and the influence of community activities on aquatic vegetation in Batur lake. This research was conducted from February to March 2017 at Batur Lake using quantitative descriptive method. Sampling was conducted at five stations by taking data and samples of aquatic vegetation, measuring water quality (temperature, pH, DO, clarity and turbidity) and water samples for testing nitrate, phosphate and sulfide acid content. The aquatic vegetation species that found were seven types, namely *Alternanthera philoxeroides*, *Persicaria decipiens*, *Phragmites australis*, *Eicchornia crassipes*, *Ceratophyllum demersum*, *Pistia stratiotes* and *Azolla pinnata*. The value of diversity is in the low category. Uniformity of aquatic vegetation in Lake Batur waters ranged from 0.62257 - 0.874. The dominant value ranges from 0.22435 - 0.61563. The highest density values were found in species of *Alternanthera philoxeroides* at station II with 880 ind/m² and 40 ind/m² of *Persicaria decipiens* as the lowest density species. The water quality parameters give a significant influence on the growth of aquatic vegetation in Batur lake waters.

Keywords: Batur lake; aquatic vegetation; diversity; water quality

Abstrak

Danau Batur merupakan sumberdaya alam akuatik yang mempunyai nilai yang sangat penting ditinjau dari fungsi ekologi serta fungsi ekonomis. Danau Batur mendapat tekanan akibat buangan berbagai jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan perkebunan, pemukiman masyarakat, sisa pakan budidaya dalam keramba jaring apung, aktivitas pariwisata maupun limbah transportasi air. Dari hal tersebut dapat menyebabkan terganggunya ekosistem di Danau Batur, khususnya vegetasi akuatik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman jenis dan pengaruh aktivitas masyarakat terhadap vegetasi akuatik di Perairan Danau Batur. Penelitian ini dilaksanakan bulan Pebruari sampai Maret 2017 di Danau Batur menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel dilakukan di lima stasiun dengan mengambil data dan sampel vegetasi akuatik, pengukuran kualitas perairan (suhu, pH, DO, kecerahan dan kekeruhan) dan sampel air untuk diuji kandungan nitrat, fosfat dan asam sulfida. Spesies vegetasi akuatik yang ditemukan ada tujuh jenis, yaitu *Alternanthera philoxeroides*, *Persicaria decipiens*, *Phragmites australis*, *Eicchornia crassipes*, *Ceratophyllum demersum*, *Pistia stratiotes* dan *Azolla pinnata*. Nilai keanekaragaman dalam kategori rendah. Keanekaragaman vegetasi akuatik di Perairan Danau Batur berkisar 0,62257 – 0,874. Nilai dominansi berkisar pada nilai 0,22435 – 0,61563. Nilai kerapatan tertinggi ditemukan pada spesies jenis *Alternanthera philoxeroides* pada stasiun II dengan jumlah 880 ind/m² dan *Persicaria decipiens* dengan jumlah 40 ind/m² sebagai spesies dengan kerapatan terendah. Parameter kualitas air memberikan pengaruh yang cukup tinggi terhadap pertumbuhan vegetasi akuatik di Perairan Danau Batur.

Kata Kunci: Danau Batur; vegetasi akuatik; keanekaragaman; kualitas perairan

1. Pendahuluan

Danau Batur merupakan sumberdaya alam akuatik yang mempunyai nilai yang sangat penting ditinjau dari fungsi ekologi serta fungsi ekonomis. Danau Batur mendapat tekanan akibat buangan berbagai jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan di sekitar Danau Batur, limbah domestik, limbah nutrisi, limbah aktivitas pariwisata maupun limbah transportasi air. Danau Batur memiliki sistem perairan tertutup (*enclosed lake*) yaitu danau yang hanya memiliki aliran air sungai yang masuk ke danau tetapi tidak memiliki sungai yang mengalirkan air keluar danau menuju ke laut. Danau Batur memiliki keanekaragaman biota air yang tinggi, salah satunya adalah tumbuhan air.

Terdapat berbagai jenis tumbuhan air di beberapa kawasan Danau Batur, seperti ganggang (*Hydrilla verticillata* dan *Myriophyllum brasiliense*), kangkung (*Ipomoea aquatic*), kapu-kapu (*Pistia stratiotes*), puggug (*Humenachne pseudointerrupta*), rumput jarum (*Najas indica*), rumput simpul (*Chara vulgaris*), toke-toke (*Lemna perpusila*), bintang-bintang (*Azolla pinnata*) dan terutama eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Secara kasat mata, di beberapa kawasan Danau Batur ditumbuhi berbagai jenis tumbuhan air terutama eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang menutupi permukaan danau. Hal ini terjadi akibat proses eutrofikasi yang merupakan suatu gejala peningkatan unsur hara terutama nitrogen dan fosfor dari berbagai aktivitas manusia sehingga terjadi ledakan populasi vegetasi air atau *blomming*.

Beberapa aktivitas manusia menyebabkan terjadinya eutrofikasi dalam perairan yang disebabkan oleh adanya masukan nitrat dan fosfat yang berlebih dari aktivitas pertanian, aktivitas perikanan, aktivitas pemukiman masyarakat dan aktivitas pariwisata. Pemanfaatan Danau Batur yang dilakukan tanpa adanya upaya pengelolaan menyebabkan timbulnya permasalahan lingkungan di Danau Batur. Maka dari itu perlu dilakukannya suatu manajemen pengelolaan Danau Batur yang baik.

Kawasan Danau Batur telah ditetapkan sebagai taman bumi pertama di Indonesia secara resmi oleh UNESCO, maka potensi dari keanekaragaman tumbuhan di sekitar Danau Batur sangat penting untuk dijaga kelestariannya. Maka perlu adanya penelitian untuk mengetahui bagaimana manajemen pengelolaan Danau Batur dilihat dari

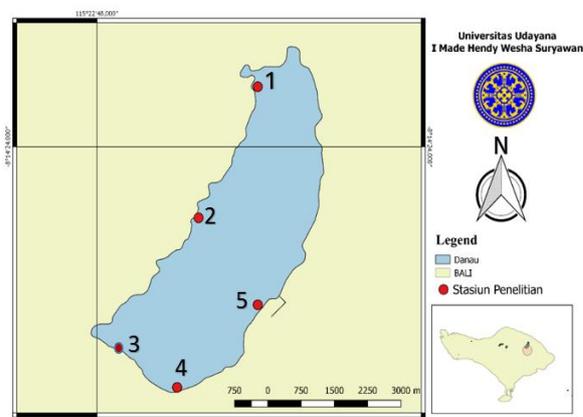
keanekaragaman vegetasi akuatik demi terciptanya keseimbangan ekologi di Danau Batur.

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui keanekaragaman vegetasi akuatik di perairan Danau Batur dan mengetahui hubungan antara aktivitas masyarakat terhadap kondisi perairan danau dilihat dari keanekaragaman vegetasi akuatik di perairan Danau Batur, Kintamani, Bangli guna menjaga kelestarian ekosistem Danau Batur

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di perairan Danau Batur, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali. Penelitian ini berlangsung dari bulan Pebruari sampai Maret 2017. Penelitian dilakukan di 5 stasiun penelitian yaitu Desa Songan B, Desa Batur, Desa Buah, Desa Kedisan dan Desa Trunyan dengan lima titik pengambilan sampel pada tiap stasiun (Gambar 1). Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Kelautan Dan Perikanan Universitas Udayana dan UPT. Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada 5 stasiun yaitu Stasiun 1 (Desa Songan B) yang mewakili lokasi yang terdapat banyak kegiatan perikanan, Stasiun 2 (Desa Batur) yang mewakili lokasi yang terdapat banyak kegiatan pariwisata, Stasiun 3 (Desa Kedisan) yang mewakili lokasi kegiatan pelabuhan, Stasiun 4 (Desa Buah) yang mewakili lokasi yang terdapat banyak kegiatan permukiman dan Stasiun 5 (Desa Trunyan) yang mewakili lokasi dengan banyak kegiatan perkebunan.

2.2 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat penelitian yang digunakan adalah: pH meter, DO Meter, spektrofotometri, thermometer, sechii disk, GPS, alat tulis, meteran, lastic, label, gunting, transek 1x1m, cold box, botol sample dan buku identifikasi mengacu pada buku *Easy Identification of Aquatic Plants* oleh Annelise Gerber, Carina J Cilliers, Carin van Ginkel, René Glen tahun 2004 dan buku *Recognising Water Weeds Plants Identification Guide* oleh Jessica Grantlry, Fiona McPherson, Andrew Petroeschewsky tahun 2009. Bahan-bahan penelitian yang digunakan adalah: sampel air, tumbuhan dan es batu.

2.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode pengambilan data yang digunakan adalah metode observasi. Metode penentuan stasiun penelitian menggunakan metode Purposive. Tahapan penelitian meliputi tahap persiapan, penentuan lokasi penelitian, pengambilan data vegetasi akuatik danau, pengukuran data parameter kualitas air dan pengolahan data.

a. Persiapan

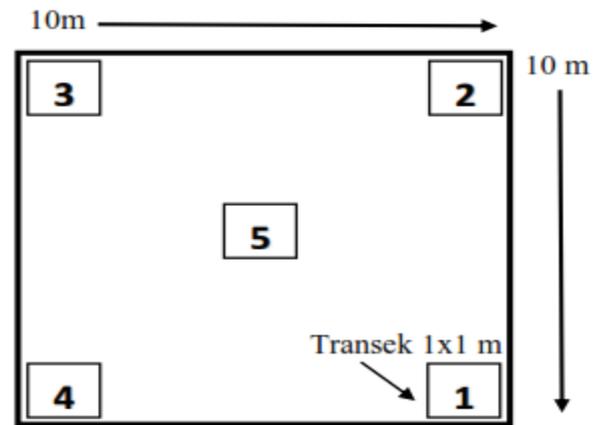
Melakukan identifikasi terhadap permasalahan tumbuhan danau yang terdapat di perairan Danau Batur, mengumpulkan, mempelajari dan mengkaji pustaka-pustaka yang berkaitan dengan penelitian, kemudian dilakukan penentuan lokasi-lokasi pengamatan vegetasi akuatik danau.

b. Penentuan Stasiun Penelitian

Penentuan stasiun disesuaikan dengan rona lingkungan yang berbeda berdasarkan kegiatan masyarakat setempat. Terdapat 5 stasiun pengamatan di masing-masing stasiun penelitian, setiap stasiun dibagi menjadi 5 titik di dalam luasan 100 m².

c. Pengambilan Data Vegetasi Akuatik Danau

Pengambilan data keanekaragaman jenis vegetasi dilakukan dengan menggunakan metode transek kuadran dengan ukuran 1x1 dan dilakukan setiap dua (2) minggu sekali sebanyak tiga (3) kali periode di dalam danau dengan luasan 100 m² pada setiap stasiunnya. Pada setiap stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali mengikuti alur transek kuadran (Gambar 2).



Gambar 2. Sampling Vegetasi Akuatik

d. Pengukuran Data Parameter Kualitas Air

Pengukuran kualitas air seperti pH, Suhu, DO, turbiditas dan kecerahan dilakukan secara *in situ* di lokasi penelitian sedangkan untuk pengukuran Nitrat (NO₃), Fosfat (PO₄) dan Sulfur (H₂S) dilakukan secara *ex situ* di UPT. Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali. Pengukuran dilakukan bersamaan saat sampling tumbuhan air sebanyak 3 kali periode dengan jarak waktu selama 2 minggu.

2.4 Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data fisika-kimia air dan data vegetasi akuatik yang terdapat di perairan Danau Batur. Analisis antara faktor fisika-kimia perairan dengan keanekaragaman vegetasi akuatik dilakukan dengan menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) pada *software* PAST untuk mengetahui faktor-faktor dominan dari parameter lingkungan yang diukur yang mempengaruhi kerapatan dari tumbuhan air pada masing-masing stasiun pengamatan. Dari data-data biologi yang diperoleh (vegetasi akuatik) selanjutnya dihitung indeks nilai penting (INP), indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, indeks dominansi dan indeks kerapatan.

Nilai analisis korelasi pada penelitian ini mengacu pada kriteria yaitu 0,00 - 0,199 (korelasi sangat rendah), 0,20 - 0,399 (korelasi rendah), 0,40 - 0,599 (korelasi sedang), 0,60 - 0,799 (korelasi kuat) dan 0,80 - 1,00 (korelasi sangat kuat)

1. Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks nilai penting tiap spesies tumbuhan yang terdapat di perairan Danau Batur dihitung melalui pendekatan sebagai berikut (Parmadi dkk., 2016):

$$INP = KR + FR \quad (1)$$

dimana *INP* adalah Indeks Nilai Penting; *KR* adalah Kerapatan Relatif; *FR* adalah Frekuensi Relatif.

a. Kerapatan Populasi (KP)

$$KP(\text{ind} / \text{m}^2) = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas areal / plot}} \quad (2)$$

b. Kerapatan Relatif (KR)

$$KR(\%) = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Jumlah kerapatan seluruh jenis}} \times 100\% \quad (3)$$

c. Frekuensi Kehadiran (FK)

$$FK = \frac{\text{Jumlah plot yang ditempati suatu jenis}}{\text{Jumlah total plot}} \quad (4)$$

d. Frekuensi Relatif (FR)

$$FR = \frac{FK \text{ suatu jenis}}{FK \text{ seluruh jenis}} \times 100\% \quad (5)$$

Kriteria FR dengan nilai 0-25 % berarti sangat jarang; 25-50 % berarti jarang; 50-75 % berarti sering; >75% berarti sangat sering.

Nilai penting ini untuk memberikan suatu gambaran mengenai pengaruh atau peranan suatu jenis tumbuhan dalam ekosistem tersebut. Indeks nilai penting memiliki kisaran antara 0-300. Kriteria INP menurut Pasaribu dkk. (2013), bahwa INP dengan nilai 201% - 300% berarti tinggi; 101% - 200% berarti sedang; 0% - 100% berarti rendah.

2. Indeks Keanekaragaman

Untuk mengukur indeks diversitas tumbuhan air yang terdapat pada perairan Danau Batur menggunakan rumus sebagai-berikut (Latuconsina, 2011):

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (6)$$

dimana H' adalah indeks diversitas Shannon - Winner; P_i adalah perbandingan jumlah individu suatu jenis dengan keseluruhan jenis (n_i / N); \ln adalah logaritma natural.

Jika nilai $H' = 0 - 2,302$ berarti keanekaragaman rendah; $H' = 2,302 - 6,907$ berarti keanekaragaman sedang; $H' \geq 6,907$ berarti keanekaragaman tinggi (Katili, 2011).

3. Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman diukur dengan menggunakan rumus berikut ini (Odum, 1975):

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \quad (7)$$

dimana H' adalah indeks keanekaragaman Shannon-Winner; H_{max} adalah indeks keanekaragaman max ($\ln S$); S adalah jumlah spesies.

Nilai E berkisar 0 - 1. Semakin kecil nilai E , maka semakin kecil keseragaman suatu populasi, sebaliknya semakin besar nilai E , maka populasi akan menunjukkan keseragaman artinya pada komunitas tersebut tidak dijumpai kelompok organisme yang terlalu dominan (Zar, 1999).

4. Indeks Kerapatan Jenis

Kerapatan masing-masing jenis pada setiap stasiun dihitung dengan menggunakan rumus Fajar dkk. (2013), sebagai berikut:

$$D_i = \frac{n_i}{A} \quad (8)$$

dimana D_i adalah kerapatan jenis (tegakan/m²); n_i adalah jumlah individu (tegakan) ke- i dalam transek kuadrat; A adalah luas transek kuadrat (m²).

5. Dominansi

Untuk melihat dominansi vegetasi akuatik pada setiap stasiun yang berbeda dipergunakan rumus (Latuconsina, 2011):

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (9)$$

dimana C adalah indek dominansi; n_i adalah jumlah individu dalam satu spesies; N adalah jumlah total individu spesies yang ditemukan.

Odum (1975) menyatakan bahwa kriteria dominansi jika nilai C mendekati 0 (< 0.5), maka tidak ada spesies yang mendominasi. Jika nilai C mendekati 1 ($= 0.5$), maka ada spesies yang mendominasi.

3. Hasil dan Pembahasan

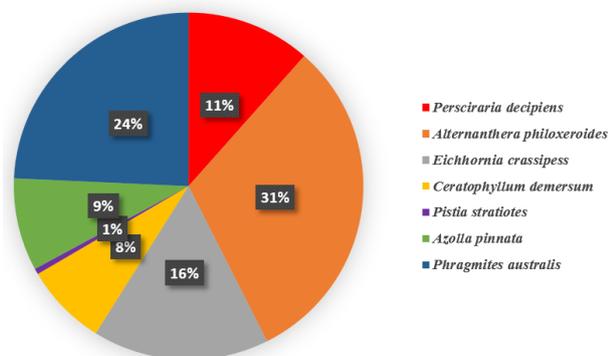
3.1 Hasil

3.1.1. Keanekaragaman Vegetasi Akuatik

Keanekaragaman tingkat jenis dari vegetasi akuatik yang diperoleh di Perairan Danau Batur selama penelitian pada 5 stasiun pengamatan yang berbeda selama 3 periode yaitu, *Persicaria decipiens*, *Alternanthera philoxeroides*, *Eichhornia crassipes*,

Ceratophyllum demersum, *Pistia stratiotes*, *Azolla pinnata* dan *Phragmites australis*.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa vegetasi akuatik di Danau Batur memiliki nilai kerapatan yang bervariasi, yaitu jenis *Alternanthera philoxeroides* sebesar 31%, *Phragmites australis* sebesar 24%, *Eichhornia crassipes* sebesar 16%, *Persicaria decipiens* sebesar 11%, *Pistia stratiotes* sebesar 1%, *Ceratophyllum demersum* sebesar 8% dan *Azolla pinnata* sebesar 9%. Jadi, vegetasi akuatik yang memiliki kerapatan tertinggi dalam luasan 1 m² adalah *Alternanthera philoxeroides* dan terendah *Pistia stratiotes*. Persentase dari seluruh jenis vegetasi akuatik di 5 stasiun pengamatan selama 3 periode dapat dilihat di Gambar 3.



Gambar 3. Persentase Seluruh Jenis Vegetasi Akuatik di Danau Batur

3.1.2. Nilai Kerapatan Populasi (KP), Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR) dan Nilai Penting (INP)

Vegetasi akuatik dengan Indeks Nilai Penting tertinggi adalah spesies *Alternanthera philoxeroides* (INP 26 – 87) sedangkan terendah adalah spesies *Pistia stratiotes* (5,00) yang hanya ditemukan di dua stasiun, yaitu Stasiun 1 dan 3. Kepadatan populasi (KP) tertinggi adalah spesies *Eichhornia crassipes* (KP 5 – 58) dan terendah adalah spesies *Pistia stratiotes* (1,00) yang hanya ditemukan di 2 stasiun, yaitu Stasiun 1 dan 3. Kerapatan relatif (KR) tertinggi adalah spesies *Alternanthera philoxeroides* (KR 12 – 46) sedangkan terendah adalah spesies *Pistia stratiotes* (1,00) yang hanya ditemukan di dua stasiun, yaitu Stasiun 1 dan 3. Frekuensi relatif tertinggi adalah spesies *Alternanthera philoxeroides* (FR 4 – 41) sedangkan terendah adalah spesies *Pistia stratiotes* (4,00) yang hanya ditemukan di dua stasiun, yaitu Stasiun 1 dan 3.

3.1.3. Pengukuran Parameter Lingkungan Fisik-Kimia Air

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Perairan Danau Batur, Kintamani, Kabupaten Bangli didapatkan nilai rata-rata faktor fisik-kimia air yang disajikan pada Tabel 3. Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa suhu tertinggi terdapat di Stasiun 2 sebesar 27,4°C, DO tertinggi terdapat di Stasiun 5 sebesar 7,32 mg/l, turbiditas (kekeruhan) tertinggi terdapat di stasiun 1 sebesar 11,58 NTU, stasiun 1 memiliki nilai Nitrat tertinggi sebesar 1,685 mg/l, nilai Fosfat tertinggi terdapat di Stasiun 3 sebesar 0,1026 mg/l, stasiun 5 memiliki nilai pH tertinggi sebesar 8,96, hidrogran sulfida ditemukan dengan nilai merata sebesar 0,01 diseluruh stasiun penelitian.

Tabel 1.

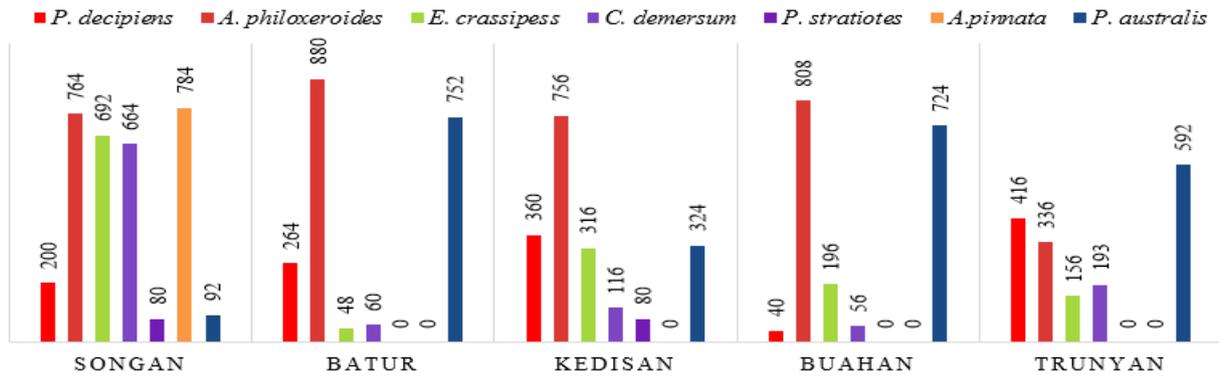
Nilai rata-rata Parameter Fisik-Kimia Lingkungan pada Lima Stasiun Pengambilan Sampel Pengamatan

Parameter	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Suhu	27,3	27,4	25,1	24,9	25,5
DO	7,03	7,10	6,82	7,17	7,32
Turbiditas	11,58	7,52	4,46	4,96	11,44
NO ₂	1,685	1,372	1,605	0,964	1,445
PO ₄	0,208	0,019	0,103	0,096	0,013
pH	8,82	8,82	8,51	8,60	8,96
Kecerahan	75,6	55,1	83,4	83,1	109,1
H ₂ S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

3.1.4. Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (E), Indeks Kerapatan Jenis (Di) dan Indeks Dominansi (C)

Nilai indeks keanekaragaman pada Tabel 2 didapatkan dengan menggunakan metode Shannon – Winner. Nilai keanekaragaman vegetasi akuatik di Danau Batur berkisar antara 1,01143 – 1,61071. Dilihat dari indeks keseragaman, nilai keseragaman vegetasi akuatik di Danau Batur berkisar antara 0,62257 – 0,874. Ditinjau dari indeks dominansi, nilai dominansi vegetasi akuatik di Danau Batur berkisar antara 0,22435 - 0,61563.

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa jenis vegetasi akuatik di Danau Batur dengan nilai kerapatan jenis tertinggi, yaitu *Alternanthera philoxeroides* pada Stasiun 2 dengan jumlah 880 ind/m² dan pada Stasiun 4 dengan jumlah 808



Gambar 4. Nilai Indeks Kerapatan Jenis (Di) vegetasi akuatik pada kelima stasiun pengamatan

ind/m². Vegetasi jenis *Azolla pinnata* di Stasiun 1 dengan jumlah 784 ind/m² dan *Phragmites australis* pada Stasiun 2 dengan jumlah 752 ind/m². Vegetasi akuatik dengan nilai kerapatan jenis terendah terdapat pada Stasiun 4, yaitu jenis *Ceratophyllum demersum* dengan jumlah 56 ind/m² dan *Persicaria decipiens* dengan jumlah 40 ind/m².

Tabel 2

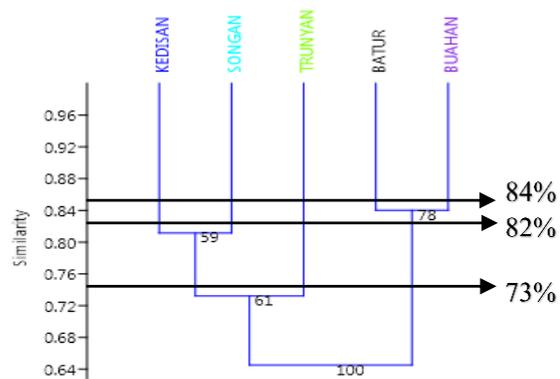
Nilai Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (E) dan Indeks Dominansi (C) vegetasi akuatik pada kelima stasiun pengamatan.

Stasiun	Indeks		
	H'	E	C
1	1,61071	0,82774	0,22435
2	1,01808	0,62257	0,61563
3	1,40671	0,874	0,28659
4	1,01143	0,65844	0,41802
5	1,32466	0,82306	0,27731

3.1.5. Principal Component Analysis

Kemiripan antar stasiun penelitian di Danau Batur dilihat dari tegakan dan jenis vegetasi akuatik yang didapatkan di setiap stasiun. Untuk mengetahui nilai kemiripan antar stasiun penelitian berdasarkan jumlah tegakan dan jenis spesies tumbuhan air dilakukan uji menggunakan software PAST dengan metode classical berdasarkan index Bray-Curtis. Hasilnya didapatkan bahwa Stasiun Kedisan membentuk kelompok yang sama dengan Stasiun Songan dengan nilai kemiripan sebesar 82%. Stasiun Buahian membentuk kelompok yang sama dengan Stasiun Batur memiliki kemiripan sebesar 84%. Stasiun Songan memiliki kemiripan dengan

kelompok Stasiun Kedisan dan Stasiun Songan tetapi dengan nilai cukup kecil sebesar 73%. Hasil uji dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Dendrogram kemiripan antar stasiun penelitian

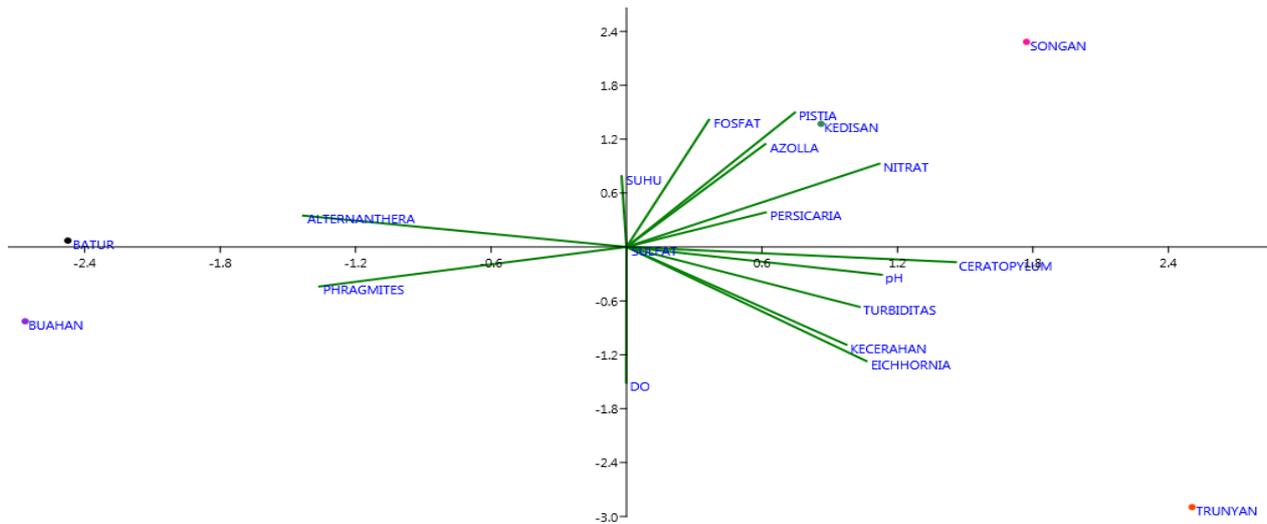
Selanjutnya untuk melihat lebih jelas lagi faktor yang mempengaruhi pengelompokan antar stasiun penelitian pada analisis cluster dapat dilihat dari faktor-faktor yang mempengaruhi yang dapat dilihat dari analisis PCA (*Principal Component Analysis*) pada Gambar 6.

Hasil penelitian ditemukan sebanyak 7 spesies vegetasi akuatik di Danau Batur yang dipengaruhi oleh berbagai faktor kualitas air. Untuk mengetahui faktor fisika-kimia perairan yang mempengaruhi masing-masing spesies tumbuhan air di Danau Batur dilakukan uji korelasi.

3.2 Pembahasan

3.2.1. Keanekaragaman Vegetasi Akuatik

Berdasarkan klasifikasi setiap jenis vegetasi akuatik dapat dijelaskan bahwa di Perairan Danau Batur



Gambar 6. Analisis PCA

ditemukan tujuh spesies vegetasi akuatik yang didalamnya terdiri dari 4 Divisi (Angiospermae, Spermatophyta, Magnoliophyta dan Pteridophyta), 7 Ordo (Caryophyllales, Amaranthaceales, Commelinales, Ceratophyllales, Arales, Salviniaceales dan Cyperales) dan 7 Famili (Poligonaceae, Amaranthaceae, Pontederiaceae, Ceratophyllaceae, Araceae, Azollaceae dan Poaceae).

Jenis vegetasi akuatik yang ditemukan di perairan Danau Batur dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdapat di kawasan tersebut seperti faktor kualitas air baik faktor fisika maupun kimianya (nitrat, fosfat, turbiditas, kecerahan, pH dan DO) dan faktor jangkauan vegetasi akuatik didasar danau yang sulit dijangkau serta tak lepas dari faktor alami tumbuhan dengan tumbuhan lainnya seperti terjadi kompetisi nutrisi yang terkandung di perairan Danau Batur.

3.2.2. Indeks Nilai Penting

Indeks nilai penting pada Danau Batur memiliki nilai berkisar 2–87% dan *Alternanthera philoxeroides* merupakan jenis vegetasi akuatik yang memiliki nilai INP tertinggi di Danau Batur dengan rentang nilai 26–87% dan nilai kerapatan tertinggi terdapat di stasiun 2 sebesar 880 ind/m² dan terendah di stasiun 5 sebesar 336 ind/m². Tingginya nilai INP *Alternanthera philoxeroides* di Danau Batur diakibatkan oleh sifat vegetasi ini yang dapat hidup secara amfibi, memiliki kemampuan bertahan hidup yang tinggi walaupun hanya sedikit terendam air, mengingat sifat danau yang volume airnya dapat berubah-ubah seiring waktu. Selain

itu, jenis vegetasi ini memiliki toleransi suhu yang baik, *Alternanthera philoxeroides* dapat hidup dalam suhu 4°C selama 72 jam (3 hari) dan dapat mentolerir suhu tahunan rata-rata antara 10–20°C disamping suhu optimum untuk melakukan fotosintesis, yaitu 30 - 37°C. Vegetasi ini juga mampu bertahan hidup dalam air yang berkondisi tercemar bahan kimia dan dapat mengubah siklus nutrisi dari badan air (Bassett et al., 2012).

Spesies ini memiliki peran penting di Danau Batur sebagai pencegah adanya erosi pada danau karena memiliki akar serabut dan batang yang cukup kuat untuk bertahan pada arus yang kuat. Cronk dan Fennessey (2001), mengatakan bahwa akar hidrofita mudah beradaptasi, sehingga mampu tumbuh pada substrat dengan kondisi anaerobik dalam jangka waktu yang lama.

3.2.3. Pengukuran Kualitas Air

Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa suhu tertinggi terdapat di Stasiun 2 sebesar 27,4°C, hal tersebut dikarenakan akibat pengambilan sampel air dilakukan saat sinar matahari maksimum dan tidak ada penghalang. *Dissolved Oxygen* tertinggi terdapat di Stasiun 5 sebesar 7,32 mg/l, hal ini disebabkan oleh aktivitas fotosintesis berlangsung secara maksimal, karena sinar matahari bersinar maksimum, sehingga pembentukan oksigen terlarut di dalam perairan menjadi tinggi. Turbiditas (kekeruhan) tertinggi terdapat di Stasiun 1 sebesar 11,58 NTU, hal ini disebabkan oleh masukan bahan organik dan anorganik tersuspensi dan terlarut, seperti lumpur dan pasir halus.

Stasiun 1 memiliki nilai Nitrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan keempat stasiun penelitian lainnya. Nitrat tersebut mungkin berasal dari proses kimiawi sisa pakan ikan yang tidak terpakai dan terlepas ke badan perairan danau.

Nilai Fosfat tertinggi terdapat di Stasiun 3 sebesar 0,1026 mg/l yang disebabkan oleh limbah rumah tangga yang langsung masuk kedalam perairan danau. Stasiun 5 memiliki nilai pH tertinggi sebesar 8,96 yang diakibatkan oleh nilai DO yang tinggi di Stasiun 5 seperti yang disebutkan oleh Susana (2009), bahwa rendahnya konsentrasi oksigen seiring dengan rendahnya pH. Kecerahan tertinggi sebesar 109,1 di Stasiun 5, hal ini dikarenakan tingginya populasi spesies *Eichhornia crassipes* di stasiun tersebut dan memiliki fungsi mengurangi kekeruhan dalam perairan. Hidrogen Sulfida ditemukan dengan nilai merata sebesar 0,01 diseluruh stasiun penelitian, rendahnya nilai Hidrogen Sulfida ini dikarenakan aktivitas biologis ketika bakteri mengurai bahan organik dalam keadaan anaerob kecil, dibuktikan dari nilai DO yang cukup tinggi di seluruh stasiun penelitian. Berdasarkan klasifikasi mutu air menurut PP 82 Tahun 2001, seluruh stasiun penelitian berada pada kelas kedua yang berarti bahwa status air pada seluruh stasiun dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3.2.4. Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (E), Indeks Kerapatan Jenis (Di) dan Indeks Dominansi (C)

Berdasarkan Tabel 4, Stasiun 1 memiliki nilai tertinggi (1,61071) dan nilai terendah terdapat di Stasiun 4 (1,01143). Apabila dikaitkan dengan kriteria Krebs (1985), maka Danau Batur memiliki keanekaragaman yang rendah karena memiliki nilai $H' 0 - 2,302$

Stasiun 3 memiliki nilai tertinggi (0,874) dan nilai terendah terdapat di Stasiun 2 (0,62257). Hal ini memberi gambaran bahwa dominansi takson tertentu dari vegetasi akuatik di Stasiun 3 lebih rendah dibandingkan dengan yang terdapat di stasiun lainnya. Pada stasiun 2 memiliki nilai E terendah dari seluruh stasiun penelitian, maka keseragaman suatu populasi pada stasiun penelitian tersebut rendah dan diindikasikan

terdapat suatu kelompok organisme atau jenis vegetasi yang dominan.

Stasiun 1, 3, 4 dan 5 memiliki nilai $< 0,5$ yang dimana pada penelitian ini mengacu pada kriteria Odum tahun 1975. Jadi, dapat dikatakan bahwa tidak ada spesies yang sangat mendominasi, tetapi pada Stasiun II memiliki nilai $> 0,5$ (0,61563) yang berarti terdapat indikasi vegetasi akuatik yang akan mendominasi suatu lingkungan perairan di sekitar stasiun 2, yaitu vegetasi jenis *Alternanthera philoxeroides* dan *Pesciraria decipiens*.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa jenis vegetasi akuatik di Danau Batur yang memiliki nilai kerapatan jenis tertinggi, yaitu *Alternanthera philoxeroides* pada Stasiun 2 dengan jumlah 880 ind/m² dan pada Stasiun 4 dengan jumlah 808 ind/m². Kemudian vegetasi jenis *Azolla pinnata* yang hanya terdapat di Stasiun 1 dengan jumlah 784 ind/m² dan *Phragmites australis* pada Stasiun 2 dengan jumlah 752 ind/m². Vegetasi akuatik yang memiliki nilai kerapatan jenis terendah terdapat pada Stasiun 4, yaitu jenis *Ceratophyllum demersum* dengan jumlah 56 ind/m² dan *Pesciraria decipiens* dengan jumlah 40 ind/m².

3.2.5. Principal Component Analysis

Hasil uji PCA dengan software PAST pengelompokan Stasiun Kedisan dan Songan diakibatkan karena adanya kemiripan jumlah tegakan spesies yang ditemukan, yaitu *Pistia stratiotes*, selain itu juga ditunjukkan dengan kemiripan dari faktor fisika-kimia perairan, yaitu nilai Nitrat dan Fosfat. Dari Gambar 6 dapat ditunjukkan bahwa nilai Nitrat berbanding lurus dengan pertumbuhan spesies *Pesciraria decipiens* dan nilai Fosfat berbanding lurus dengan pertumbuhan spesies *Pistia stratiotes*. Lalu, pengelompokan Stasiun Buah dan Batur diakibatkan oleh kemiripan jumlah tegakan spesies *Alternanthera philoxeroides* dan *Phragmites australis*. Stasiun Songan tidak memiliki kemiripan dengan stasiun manapun dikarenakan jumlah tegakan dan pengaruh faktor fisika-kimia perairan yang tidak ditemukan di stasiun lainnya, yaitu *Ceratophyllum demersum* yang dipengaruhi oleh pH, *Eichhornia crassipes* yang dipengaruhi oleh kecerahan dan turbiditas.

1. *Pesciraria decipiens*

Vegetasi akuatik jenis *Pesciraria decipiens* ditemukan di semua stasiun penelitian dengan jumlah kerapatan tertinggi di stasiun lima (5) sebesar 416

ind/m² dan terendah sebesar 40 ind/m² di stasiun empat (4). Hasil korelasi, kandungan nitrat berbanding lurus dengan jenis *Persicaria decipiens*, tetapi dengan nilai korelasi yang rendah sebesar 54% (sedang) dan berbanding terbalik dengan kandungan DO sebesar 65% (kuat). Hal tersebut juga dikatakan oleh Sultan et al. (2013), bahwa *Persicaria decipiens* mampu bertahan hidup di lingkungan yang kaya akan nutrisi nitrat dan daun pada spesies ini memiliki kemampuan yang baik dalam menyimpan nitrat untuk mempertahankan hidup dalam keadaan kemarau. Tingginya nilai kandungan nitrat diakibatkan oleh waktu penelitian yang bertepatan pada musim kemarau dan hal ini juga disebutkan oleh Lukash (2016) bahwa nilai nitrat tertinggi akan ditemui saat musim panas (kemarau). Kebutuhan oksigen untuk tumbuhan dalam keadaan diam relative lebih sedikit apabila dibandingkan dengan tumbuhan bergerak (Salmin, 2005). Jadi dapat diduga bahwa besar kandungan DO dalam perairan sangat berperan dalam pertumbuhan spesies ini.

Nilai kerapatan *Persicaria decipiens* tertinggi terdapat di stasiun 5 selain diakibatkan oleh kandungan nitrat yang tinggi, aktivitas perkebunan masyarakat yang banyak memberi masukan unsur hara dari pemakaian pupuk juga memicu pertumbuhan vegetasi akuatik (Sinuraya dkk., 2013).

2. *Alternanthera philoxeroides*

Hasil analisis korelasi ditemukan bahwa suhu berbanding lurus dengan pertumbuhan spesies *Alternanthera philoxeroides* dengan nilai korelasi yang rendah sebesar 29% (rendah) dan berbanding terbalik terhadap kecerahan sebesar 82% (kuat).

Dari hal tersebut belum dapat dipastikan bahwa nilai suhu berbanding lurus dengan spesies *Alternanthera philoxeroides*, karena pertumbuhan spesies *Alternanthera philoxeroides* dipengaruhi oleh nilai nitrogen ammonia perairan, seperti yang dinyatakan oleh Suwitnyo dkk. (2017), bahwa keberadaan spesies *Alternanthera philoxeroides* dapat menyebabkan kompetisi nutrisi terutama nitrogen ammonia yang diperlukan dalam proses pertumbuhannya. Gulma cenderung tumbuh lebih subur di daerah hulu sungai (karena daerah pertanian) dibandingkan daerah hilir (karena daerah industri), hal ini dimungkinkan karena sebagian besar unsur hara yang berasal dari pupuk organik dan anorganik akan terakumulasi di bagian

hulu sungai dan perairan menjadi keruh, sehingga dapat merangsang laju pertumbuhan beberapa jenis gulma air seperti *Alternanthera philoxeroides* (Kurniadie dkk., 2016). Maka dari itu kecerahan perairan sangat berperan dalam pertumbuhannya.

3. *Eicchornia crassipes*

Vegetasi akuatik ini ditemukan di semua stasiun penelitian dengan nilai kerapatan tertinggi sebesar 692 ind/m² di stasiun 1 dan terendah sebesar 48 ind/m² di stasiun 2. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa turbiditas mempengaruhi Eceng Gondok sebesar 72% (kuat) dan kecerahan sebesar 91% (sangat kuat), tetapi berbanding terbalik dengan suhu sebesar 37% (rendah)

Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes*) merupakan vegetasi jenis rhizofiltration yang dapat digunakan sebagai agen pembersih pada perairan yang telah tercemar oleh logam-logam berat, limbah organik-anorganik dan dapat mengurangi tingkat kekeruhan perairan dengan mengabsorpsi dan mengurangi pergerakan sehingga memudahkan terjadinya sedimentasi. Akar dari *Eicchornia crassipes* memiliki sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia (Valentina dkk., 2013).

Kecerahan yang tinggi pada stasiun penelitian diakibatkan oleh akar-akar Eceng Gondok yang menyerap material-material tersuspensi. Menurut Urbasa dkk. (2015), padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan, yaitu semakin tinggi nilai kekeruhan maka semakin tinggi pula nilai padatan tersuspensi. Jadi, dapat dikatakan bahwa apabila kekeruhan perairan meningkat, maka pertumbuhan dari spesies *Eicchornia crassipes* meningkat akibat daya absorpsinya. Lalu, apabila pertumbuhan dari spesies *Eicchornia crassipes* meningkat, maka kecerahan dari suatu perairan akan meningkat. Eceng gondok memiliki hubungan berbanding terbalik dengan suhu dikarenakan suhu mempengaruhi kandungan nitrat dan fosfat dalam perairan. Lalu fosfat merupakan salah satu kandungan penting terhadap keberadaan eceng gondok di suatu perairan. Menurut Arizona dkk. (2014), bahwa semakin tinggi suhu, maka semakin rendah kandungan nitrat dan fosfatnya.

4. *Ceratophyllum demersum*

Ceratophyllum demersum ditemukan di semua stasiun penelitian dengan nilai kerapatan tertinggi sebesar 664 ind/m² di stasiun 1 dan terendah 56 ind/m² di stasiun 4. Analisis korelasi *Ceratophyllum demersum* di Danau Batur berbanding lurus dengan

pH sebesar 71% (kuat) dan turbiditas sebesar 82% (kuat). pH sangat erat kaitannya dengan unsur Nitrat sebagai zat hara yang diserap oleh ganggang untuk proses pertumbuhan (Indaryanto dkk., 2017). pH dapat mempengaruhi nitrat karena dapat membantu proses nitrifikasi yang merupakan oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat yang dilakukan oleh bakteri aerob, nitrifikasi akan berjalan secara optimum pada saat kondisi pH 8 dan akan menurun pada pH < 7.

Ganggang air (*Ceratophyllum demersum*) memiliki kemampuan dalam menyerap toksik pada air dan tanah sehingga dimanfaatkan dalam membersihkan lingkungan yang tercemar. Menurut Kastratović et al. (2014), spesies ini dapat menyerap beberapa jenis logam seperti Mn, Cd, Cr, Zn dan Cu. Kemampuan Ganggang tersebut dapat mengurangi tingkat kekeruhan perairan dengan cara mengabsorpsi seperti halnya *Eichhornia crassipes*. Ganggang air banyak ditemukan di stasiun 1 karena memiliki sifat yang dapat tumbuh dengan cepat yang diakibatkan oleh kandungan nitrat yang cukup tinggi dari aktivitas perikanan dan nilai pH yang tinggi serta stasiun cukup dekat dengan lahan perkebunan masyarakat setempat (Lansdown dan Beentje, 2018).

5. *Pistia stratiotes*

Kapu-kapu (*Pistia stratiotes*) hanya ditemukan di 2 stasiun dengan jumlah kerapatan 80 ind/m². Hal ini terjadi akibat pengaruh kandungan fosfat pada stasiun 1 dan stasiun 3 yang tinggi seperti hasil uji korelasi yang menunjukkan bahwa kandungan fosfat berbanding lurus dengan pertumbuhannya sebesar 77% (kuat) tetapi memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kandungan DO sebesar 18% (rendah). Kandungan fosfat yang tinggi pada perairan dapat dipicu oleh limbah aktivitas masyarakat setempat. Masukan air dalam Danau Batur berasal dari aliran sungai setempat yang mengandung banyak zat organik maupun anorganik didalamnya yang apabila tidak terkontrol akan mengakibatkan adanya blooming akibat adanya eutrofikasi. Fosfat sangat berguna dalam membentuk protein dan metabolisme tumbuhan.

Kapu-kapu memiliki hubungan berbanding terbalik dengan DO dikarenakan kandungan DO dipengaruhi oleh kedalaman suatu perairan, hal ini juga disebutkan oleh Siregar dkk. (2015), bahwa semakin meningkatkan kedalaman dapat menyebabkan semakin meningkatkan kandungan

fosfat dan menurut Salmin (2005), bahwa bertambahnya kedalaman akan menyebabkan penurunan DO karena proses fotosintesis semakin berkurang. Lalu dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kandungan DO maka semakin rendah kandungan fosfat dalam perairan.

6. *Azolla pinnata*

Azolla pinnata ditemukan hanya di stasiun 1 dengan jumlah kerapatan sebesar 784 ind/m² yang dipengaruhi oleh kandungan fosfat di stasiun 1. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa kandungan fosfat Danau Batur berbanding lurus dengan pertumbuhan *Azolla pinnata* sebesar 85% (kuat), tetapi memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kandungan DO sebesar 18% (rendah). *Azolla pinnata* memiliki kemampuan yang dapat menghasilkan kandungan nitrogen serta tumbuh dengan cepat pada kondisi perairan yang optimum. Pertumbuhan *Azolla pinnata* diduga dapat tumbuh dengan baik bila didukung dengan ketersediaan unsur P dalam bentuk bahan organik yang sesuai (Utama dkk., 2015). Kandungan fosfor yang optimum dapat meningkatkan pertumbuhan *Azolla pinnata* (Nam dan Yoon, 2008)

Azolla pinnata memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kandungan DO disebabkan karena apabila DO semakin tinggi maka kandungan fosfat dalam perairan akan semakin rendah. Hal tersebut juga dikatakan oleh Siregar dkk. (2015), bahwa semakin meningkatkan kedalaman dapat menyebabkan semakin meningkatkan kandungan fosfat dan menurut Salmin (2005), bahwa bertambahnya kedalaman akan menyebabkan penurunan DO karena proses fotosintesis semakin berkurang.

7. *Phragmites australis*

Phragmites australis ditemukan di seluruh stasiun dengan jumlah kerapatan tertinggi sebesar 752 ind/m² di stasiun 2 dan terendah sebesar 92 ind/m² pada stasiun 1. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa *Dissolved Oxygen* berbanding lurus terhadap *Phragmites australis* sebesar 22% (sangat rendah) dan memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kandungan fosfat sebesar 57% (sedang). Jadi, belum dapat dikatakan secara pasti bahwa nilai DO berbanding lurus terhadap pertumbuhan *Phragmites australis* dan kemungkinan terdapat faktor lain yang nilainya berbanding lurus dengan pertumbuhan spesies ini yang tidak diukur pada penelitian ini. Menurut Rane et al. (2015), dan Parasara dkk. (2015), nilai konsentrasi COD

(Chemical Oxygen Demand) memiliki korelasi yang kuat terhadap kelangsungan hidup spesies ini. Lalu spesies ini memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kandungan fosfat dan hal ini disebabkan oleh hubungan kandungan COD yang dipengaruhi oleh kandungan pH dalam perairan, seperti yang dikatakan oleh Rahajeng dkk. (2010), bahwa kandungan COD akan semakin rendah seiring dengan meningkatnya pH dan menurut Letari dkk. (2015), bahwa meningkatkan pH akan meningkatkan kandungan fosfat dalam perairan.

Kualitas perairan Danau Batur akan dilihat dari kategori invasive atau native spesies dari jenis-jenis vegetasi yang didapatkan melalui pencarian pada internet di website resmi penelitian vegetasi akuatik, yaitu website Centre of Agriculture and Bioscience International.org. Adapun hasilnya yaitu spesies *Persicaria decipiens* merupakan kategori Native Spesies yang berasal dari Eropa, Afrika, Arab, Asia dan Australia. Spesies *Alternanthera philoxeroides* merupakan kategori Invasive Spesies yang berasal dari Eropa dan Cina. Spesies *Eicchornia crassipes* merupakan kategori Invasive Spesies yang berasal dari Amerika Selatan, Afrika, Australia dan India. Spesies *Ceratophyllum demersum* merupakan kategori Invasive Spesies yang berasal dari Amerika Utara. Spesies *Pistia stratiotes* merupakan kategori Invasive Spesies yang berasal dari Amerika Selatan, Afrika, Amerika Serikat. Spesies *Azolla pinnata* merupakan kategori Invasive Spesies yang berasal dari Afrika, Madagascar, India, Asia Selatan, Cina, Jepang, Malaysia, Filipina dan Australia. Spesies *Phragmites australis* merupakan kategori Invasive Spesies yang berasal dari Amerika Serikat dan Eropa.

Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa spesies invasive lebih banyak dibandingkan spesies native, hal ini disebabkan oleh tipe Danau Batur yang *enclosed lake* yang membuat dengan mudahnya vegetasi-vegetasi akuatik yang masuk dan terperangkap di Danau Batur seperti yang dinyatakan oleh Dinauer dan Mucci (2007), bahwa vegetasi akan terperangkap pada danau *enclosed lake* akibat terbawa arus masuk air danau dari hulu menuju hilir dan bermuara di dalam danau. Terdapat 6 spesies invasive, yaitu *Phragmites australis*, *Azolla pinnata*, *Pistia stratiotes*, *Ceratophyllum demersum*, *Eicchornia crassipes* dan *Alternanthera philoxeroides* serta 1 Native spesies, yaitu *Persicaria decipiens*. Jadi, menurut buku Grand Design Penyelamatan Ekosistem Danau Indonesia dapat disimpulkan bahwa, status akuatik

Danau Batur adalah terancam karena berkurangnya jenis flora/fauna endemik Danau Batur.

4. Simpulan

Ditemukan 7 jenis spesies vegetasi akuatik yang ditemukan di Perairan Danau Batur, yaitu *Alternanthera philoxeroides*, *Phragmites australis*, *Eicchornia crassipes*, *Persicaria decipiens*, *Pistia stratiotes*, *Ceratophyllum demersum* dan *Azolla pinnata*. Terdapat enam (6) Invasive spesies dan satu (1) Native spesies pada perairan Danau Batur. Aktivitas masyarakat sekitar memberi pengaruh terhadap keanekaragaman vegetasi akuatik di Perairan Danau Batur.

Daftar Pustaka

- Arizuna, M., Suprpto, D., & Muskanonfolo, M. R. (2014). Kandungan Nitrat dan Fosfat Dalam Air Pori Sedimen di Sungai dan Muara Sungai Wedung Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, *3*(1), 7-16.
- Bassett, I. E., Paynter, Q., & Beggs, J. R. (2012). Invertebrate community composition differs between invasive herb alligator weed and native sedges. *Acta oecologica*, *41*, 65-73.
- Centre of Agriculture and Bioscience International. (2018). *Invasive Species Compendium*. [online] Tersedia di (<https://www.invasive-species.org/isc/>), [diakses: 30 Maret 2018].
- Cronk, J. K., & Fennessy, M. S. (2001). *Wetland Plants: Biology and Ecology*. (1st ed). Boca Raton, Finland: Lewis Publisher.
- Dinauer, A., & Mucci, A. (2007). Spatial Variability in Surface-Water pCO₂ and Gas Exchange in The World's Largest Semi-Enclosed Estuarine System: St. Lawrence Estuary (Canada). *Biogeosciences*, *14*, 3221-3237.
- Fajar, A., Oetama, D., & Afu, A. (2013). Studi Kesesuaian Jenis untuk Perencanaan Rehabilitasi Ekosistem Mangrovedi Desa Wawatu Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, *03*(12), 164-176.
- Indaryanto, F. R., Melisah, M., & Trimulya, D. (2017). Water Quality of Situ Rampones, Serang Regency. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, *7*(2), 136-141.
- Kastratović, V., Krivokapić, S., Bigović, M., Đurović, D., & Blagojević, N. (2014). Bioaccumulation and Translocation of Heavy Metals by *Ceratophyllum demersum* From the Skadar Lake, Montenegro. *Journal of the Serbian Chemical Society*, *79*(11), 1445-1460.
- Katili, A. S. (2011). Struktur komunitas Echinodermata Pada Zona Intertidal di Gorontalo. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan*, *8*(1), 51-61.

- Krebs, C. J. (1985). *Ecology: the Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. (3rd ed). New York, USA: Harper & Row Publishers Inc.
- Lansdown, R. V., & Beentje, H. J. (2018). *Ceratophyllum demersum*. [online] The IUCN Red List of Threatened Species 2018, (<https://www.iucnredlist.org/species/164459/120143653>), [diakses: 25 Maret 2018].
- Latuconsina, H. (2011). Komposisi Jenis dan Struktur Komunitas Ikan Padang Lamun di Perairan Pantai Lateri Teluk Ambon Dalam. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, **4**(1), 30-36.
- Lukash, O., Kupchyk, O., Karpenko, Y., Sliuta, A., & Kyrienko, S. (2016). Dynamics of Riverbank Ephemeral Plant Communities in the Stryzhen' River Estuary (Chernihiv, Ukraine). *Ecological Questions*, **24**, 27-35.
- Nam, K. W., & Yoon, D. H. (2008). Usage of *Azolla* spp. as a Biofertilizer on the Environmental-Friendly Agriculture. *Korean Journal of Plant Resources*, **21**(3), 230-235.
- Odum, E. P. (1975). *Ecology, The Link Between the Natural and The Social Sciences* (2nd edition). Dalam Samingan, J., & Srigandono, B. (Terj.), *Dasar-Dasar Ekologi*. (3rd ed). Jogjakarta: Gajah mada University Press. (Buku asli diterbitkan 1963).
- Parasara, I. G. N. B., Suyasa, I. W. B., & Andhika, I. M. (2015). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biosistem Tanaman Basah (*Constructed Wetland*) di Bandara Ngurah Rai. *ECOTROPIC; Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, **9**(2), 1-5
- Parmadi, E. H., Dewiyanti, I., & Karina, S. (2016). Indeks Nilai Penting Vegetasi Mangrove di Kawasan Kuala Idi, Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*, **1**(1), 82-95.
- Pasaribu, P. O., Sofyan, M. Z., & Pasaribu, N. (2013). Komposisi dan Struktur Rerumputan di Kawasan Danau Toba Desa Togu Domu Nauli Kecamatan Dolok Pardamean Kabupaten Simalungun Sumatera Utara. *Saintia Biologi*, **1**(2), 21-27.
- Rahajeng, E. M., Sumiyati, S., & Samudro, G. (2015). Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Terhadap Kinerja Granular Activated Carbon Dual Chamber Microbial Fuel Cells (GAC-DCMFCs). *Jurnal Teknik Lingkungan*, **4**(2), 1-8.
- Raissa, D. G., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, **6**(2), 232-236.
- Rane, N. R., Chandanshive, V. V., Watharkar, A. D., Khandare, R. V., Patil, T. S., Pawar, P. K., & Govindwar, S. P. (2015). Phytoremediation of Sulfonated Remazol Red Dye and Textile Effluents by *Alternanthera philoxeroides*: an Anatomical, Enzymatic and Pilot Scale Study. *Water research*, **83**(2015), 271-281.
- Salmin. (2005). Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, **30**(3), 21-26.
- Sinuraya, M. A., Barus, A., & Hasanah, Y. (2015). Respons Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max* (L.) Meriil) Terhadap Konsentrasi dan Cara Pemberian Pupuk Organik Cair. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, **4**(1), 1721-1725.
- Siregar, A. M., Simarmata, A. H., & Siagian, M. (2014). The Vertical Profile of Phosphate on the Baru Lake in Buluh Cina Village Siak Hulu Subdistrict Kampar District. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, **1**(1), 1-13.
- Susana, T. (2009). Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisdane. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, **5**(2), 33-39.
- Suwitnyo, H., Widaryanto, E., & Herlina, N. (2017). Kompetisi Gulma Kremah (*Alternanthera sessilis*) dengan Tanaman Kubis Bunga (*Brassica oleracea* var. botrytis L.) Pada Berbagai Tingkat Pemupukan Nitrogen. *Jurnal Produksi Tanaman*, **5**(2), 316-325.
- Urbasa, P. A., Undap, S. L., & Rompas, R. J. (2015). Dampak Kualitas Air Pada Budi Daya Ikan Dengan Jaring Tancap di Desa Toulimembet Danau Tondano. *Journal Budidaya Perairan*, **3**(10), 59-67.
- Utama, P., Firnia, D., & Natanael, G. (2015). Pertumbuhan Dan Serapan Nitrogen *Azolla microphylla* Akibat Pemberian fosfat dan Ketinggian Air yang Berbeda. *Agrologia*, **4**(1), 41-52.
- Valentina, A. E., Miswadi, S. S., & Latifah, L. (2013). Pemanfaatan Arang Eceng Gondok Dalam Menurunkan Kekeuhan, COD, BOD Pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, **2**(2), 84-89
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. (1st ed). New Jersey, USA: Prentice Hall, Inc.