

## KOMUNITAS DAN BIOMASSA FITOPLANKTON DI SUNGAI KUMBE, KABUPATEN MERAUKE PAPUA

Arip Rahman, dan Hendra Satria

*Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumberdaya Ikan*

e-mail: zeta\_rif@yahoo.com

Diterima: 30 November 2015, Disetujui : 6 April 2016

### ABSTRAK

Sungai Kumbe dengan kondisi yang masih alami menjadi tempat mata pencaharian bagi penduduk yang hidup disekitarnya. Penelitian untuk mengetahui kondisi perairan Sungai Kumbe berdasarkan komunitas dan biomassa fitoplankton dilakukan di bulan Februari, Agustus dan Oktober 2012. Metodologi yang dipakai adalah survey lapangan dengan menetapkan 6 lokasi penelitian berdasarkan posisi aliran sungai. Sampel air untuk analisis fitoplankton, klorofil-a dan kualitas air diambil pada lapisan permukaan air. Ditemukan 50 genera fitoplankton yang termasuk kedalam lima kelas, yaitu: Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Dinophyceae dan Euglenophyceae. Bacillariophyceae dan Chlorophyceae menunjukkan kelimpahan yang tinggi setiap pengambilan sampel. Biomassa fitoplankton berdasarkan perhitungan langsung dari klorofil-a hasil analisa laboratorium berkisar antara 118,121- 429,537 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan biomassa fitoplankton berdasarkan klorofil-a yang dihitung secara empiris berkisar antara 119-432 mg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan analisis regresi berganda antara biomassa fitoplankton dan unsur hara diperoleh persamaan regresi  $Y = 24,9 + 164,4 NO_3 + 842,5 PO_4 + 115,9 NH_4$  ( $r = 0.49$ ), hal tersebut menyatakan bahwa hubungan antara kandungan unsur hara dengan biomassa fitoplankton di Sungai Kumbe relatif kecil.

**Kata Kunci:** komunitas, biomassa, fitoplankton, klorofil-a, Sungai Kumbe,

### ABSTRACT

**COMMUNITY OF PHYTOPLANKTON IN KUMBE RIVER MERAUKE REGION, PAPUA.** Kumbe River with natural condition is the place of livelihood for the people living around it. Research to know condition of Kumbe River based on community and phytoplankton biomass was conducted in February, August and October 2012. The methodology used is field surveys pointed out on 6 sampling sites based on the position of the river flow. Sample for analysis of phytoplankton, chlorophyll-a, and water quality was taken on surface layer of waters. There were found 50 genera of phytoplanktons consisted of five classes, those were Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chyanophyceae, Dinophyceae and Euglenophyceae, with abundance of Bacillariophyceae and Chlorophyceae was higher than others. During research phytoplankton biomass about 118,121- 429,537 mg/m<sup>3</sup> that calculated from chlorophyll-a result from laboratory analysis whereas result from empiric approach about 119 - 432 mg/m<sup>3</sup>. There were no significant relationship between phytoplankton biomass and nutrient (nitrate, phosphate and ammonium) with the regression Equation Was  $Y = 24,9 + 164,4 NO_3 + 842,5 PO_4 + 115,9 NH_4$  ( $r = 0.49$ ).

**Keywords:** phytoplankton, community, biomass, chlorophyll-a, Kumbe River

## **PENDAHULUAN**

Sungai Kumbe merupakan salah satu sungai yang terletak di wilayah Kabupaten Merauke Papua yang memiliki panjang 300,42 Km dengan luas daerah tangkapan air sebesar 3765,90 Km<sup>2</sup> (Dirjen SDA Departemen PU, 2008). Debit air normal sungai kumbe 117,23 m<sup>3</sup>/detik sedangkan debit air puncaknya 206,93 m<sup>3</sup>/detik. Debit air sungai kumbe ini tergolong lambat jika dibandingkan dengan sungai lainnya yang berada di Kabupaten Merauke yaitu sungai Maro dengan debit normal 341,61 m<sup>3</sup>/detik dan debit puncaknya 3.066,69 m<sup>3</sup>/detik dan Sungai Bian debit air normal 222,71 m<sup>3</sup>/detik dan debit air puncaknya 385 m<sup>3</sup>/detik.

Aliran sungai Kumbe cenderung termasuk kedalam ekosistem sungai berarus lambat yang memiliki tipe substrat berpasir, berlumpur, dalam, lebar, dan berlokasi di dataran rendah. Menurut Clapham (1983) pola arus merupakan faktor utama (pembatas) terhadap keberadaan jumlah dan tipe organisme autotrop, sehingga pola arus ini merupakan faktor pengontrol produktivitas dari ekosistem perairan sungai.

Sungai Kumbe dengan kondisi yang masih alami, menjadi tempat mata pencaharian penduduk setempat. Kegiatan perikanan yang terdapat di sepanjang Sungai Kumbe dilakukan secara tradisional. Penduduk setempat menangkap ikan dengan menggunakan jaring insang dan tombak. Ikan hasil tangkapan dikonsumsi sendiri dan sisanya untuk dijual. Rencana pembukaan lahan dan pembuatan pabrik gula di sekitar kawasan Sungai Kumbe dikhawatirkan akan merusak lingkungan dan kondisi perairan Sungai Kumbe itu sendiri.

Penelitian mengenai biomassa fitoplankton (klorofil-a) dilakukan untuk melihat sejauh mana keadaan kualitas suatu perairan. Menurut Reynolds (1990), komposisi dan kelimpahan fitoplankton terus menerus berubah pada berbagai tingkatan

sebagai respon terhadap perubahan kondisi lingkungan baik secara fisik, kimia maupun biologi.

Klorofil-a digunakan sebagai indikator dari kelimpahan fitoplankton dan juga potensi organik di suatu perairan (Arinardi, 1996), sementara itu kelimpahan fitoplankton berhubungan dengan siklus alami dari ketersediaan nutrien, diantaranya input nitrat dan fosfat. Nitrat dan fosfat merupakan unsur hara anorganik utama yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh. Sementara unsur hara lainnya diperlukan dalam jumlah relatif kecil dan pengaruhnya terhadap produktivitas tidak sebesar nitrat dan fosfat. Kandungan klorofil-a fitoplankton itu sendiri juga dapat dijadikan indikator tinggi rendahnya produktivitas suatu perairan (Ardiwijaya, 2002).

Fitoplankton merupakan salah satu produsen primer di perairan, dan sangat berperan sebagai makanan alami pada tropik level di atasnya, juga berperan sebagai penyedia oksigen dalam perairan (Abida, 2010). Menurut Ogleby (1977), potensi produksi ikan sangat bervariasi antara satu perairan dengan perairan lainnya dan sangat bergantung pada komposisi jenis fitoplankton, zooplankton dan struktur komunitas ikan lainnya.

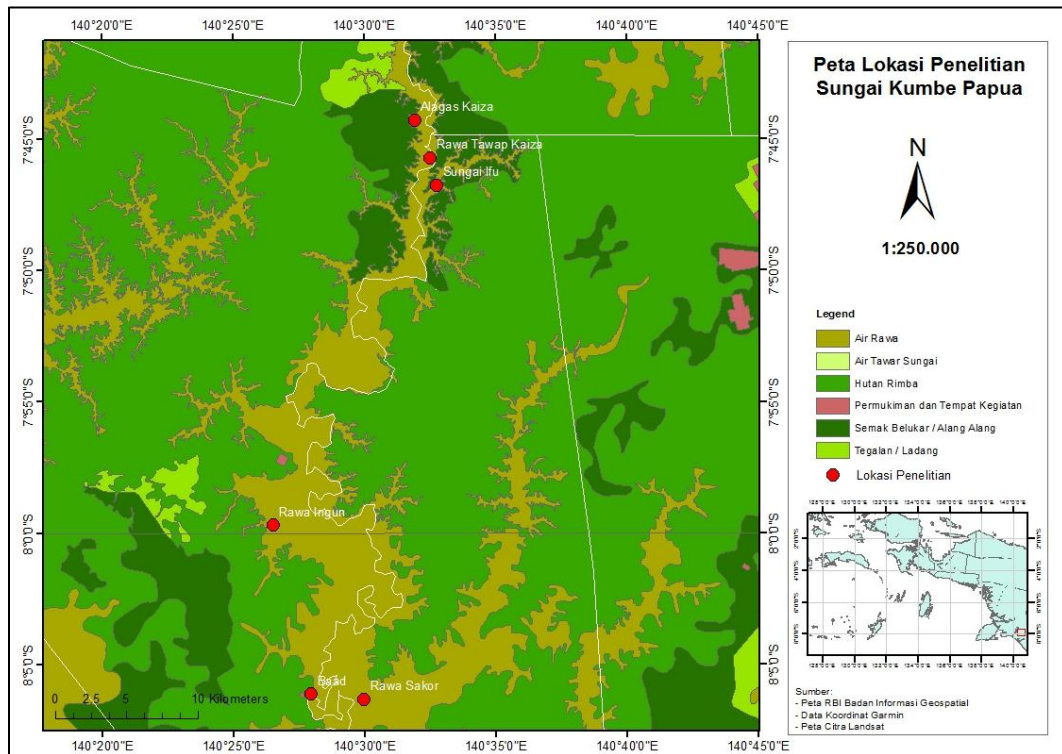
Informasi mengenai kondisi perairan sungai-sungai yang berada di wilayah Papua termasuk sungai Kumbe sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi kualitas perairan sungai kumbe berdasarkan komunitas dan biomassa fitoplankton serta hubungannya dengan unsur hara.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian telah dilakukan di bulan Februari, Agustus, dan Oktober 2012. Pengambilan sampel dilakukan di 6 lokasi di sekitar Sungai Kumbe yang dianggap mewakili daerah aliran Sungai Kumbe (Tabel 1). Peta pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Posisi dan lokasi penelitian

Lokasi	Titik Koordinat		Karakteristik Lokasi
	Lintang	Bujur	
Rawa Tawap Kaiza	7°08'57.27" LS	140°32'31.20" BT	Limpasan dari sungai utama, di pinggiran tumbuh rerumputan dan semak belukar.
Alagas Kaiza	7°44'16.80" LS	140°31'55.20" BT	Cabang Sungai Kumbe, daerah rawa banjir, semak belukar dan pohon yang terendam (pohon bus)
Sungai Ifu	7°46'45.3" LS	140°32'45.3" BT	Di pinggiran sungai banyak ditumbuhi rerumputan.
Rawa Ingun	7°59'41.8" LS	140°26'30.7" BT	Di pinggiran rawa banyak ditumbuhi rerumputan dan di badan airnya banyak tumbuhan air.
Rawa Sakor	8°06'19.5" LS	140°29'57.4" BT	Di pinggiran Rawa Sakor banyak tumbuh semak belukar dan banyak pohon tumbang yang terendam air.
Baad	8°06'7.9" LS	140°27'57.4" BT	Di pinggiran sungai banyak ditumbuhi rerumputan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Sungai Kumbe

Sampel air untuk analisis plankton diambil pada lapisan permukaan sebanyak 5 liter, kemudian disaring dengan plankton net no. 25 (*mesh size* 40  $\mu\text{m}$ ). Sampel yang tersaring kemudian disimpan dalam botol sampel sebanyak 25 ml dan diberi pengawet lugol 3-4 tetes. Sampel plankton kemudian diidentifikasi di Laboratorium Plankton Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumberdaya Ikan. Identifikasi

jenis fitoplankton dilakukan berdasarkan Edmonson (1959) dan Needham & Needham (1963). Penentuan kelimpahan fitoplankton dilakukan dengan menggunakan metode *Lackey drop microtransect counting chamber* (APHA, 2005) dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = n \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times \frac{1}{E}$$

keterangan :

- N = Jumlah total fitoplankton (sel/L)
- n = Jumlah rata-rata total individu per lapang pandang (sel/lapang pandang)
- A = Luas gelas penutup ( $\text{mm}^2$ )
- B = Luas satu lapang pandang ( $\text{mm}^2$ )
- C = volume air terkonsentrasi (ml)
- D = Volume air satu tetes di bawah gelas penutup (ml)
- E = Volume air yang disaring (l)

Sampel air untuk analisis klorofil-a diambil pada lapisan permukaan sebanyak 250 ml dan diawetkan dengan  $\text{MgCO}_3$  sebanyak 1 ml. Sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Kimia Air Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumberdaya Ikan untuk dianalisis. Analisis kandungan klorofil-a dilakukan dengan menggunakan metode trichromatik (determinasi spektrofotometrik klorofil-a). Sampel air dengan volume 250 ml disaring menggunakan kertas saring *Whatman* dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Kertas saring kemudian diekstraksi dengan menggunakan Aseton 90 %, setelah itu di *centrifuge* selama 15 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Perhitungan klorofil-a mengikuti persamaan APHA (2005) sebagai berikut:

$$C_a = 11.85 (\text{OD}_{664}) - 1.54 (\text{OD}_{647}) - 0.08 (\text{OD}_{630})$$

$$\text{Klorofil-a (mg chlorofil-a/m}^3) = \frac{C_a \times \text{Volume ekstrak}}{\text{Volume air contoh} \times d}$$

keterangan:

- $C_a$  = Konsentrasi klorofil-a dalam ekstrak ( $\text{mg/m}^3$ )
- Volume = Volume sample setelah ekstrak dilarutkan dalam aseton
- Volume = Volume air yang disaring sampel (liter)
- d = diameter atau celah kuvet yang digunakan (cm)

$\text{OD}_{664}, \text{OD}_{647}, \text{OD}_{630}$  = Nilai absorban pada setiap panjang gelombang (664 nm, 647 nm dan 630 nm) setelah dikurangi dengan absorban pada panjang gelombang 750 nm.

Penentuan biomassa fitoplankton dilakukan dengan pendekatan klorofil-a, hal tersebut didasarkan karena klorofil-a adalah pigmen fotosintesis utama dari semua tumbuhan, paling banyak dan paling besar pengaruhnya (Asriana & Yuliana, 2012). Sampel fitoplankton dan klorofil-a diambil dari 6 titik sampling di Sungai Kumbe yang mewakili daerah hulu, tengah dan hilir.

Perhitungan biomassa fitoplankton dilakukan dari kandungan klorofil-a dan berdasarkan pendekatan hubungan empiris antara kandungan klorofil-a dengan kelimpahan fitoplankton. Biomassa fitoplankton diperoleh dari konversi kandungan klorofil-a dengan menggunakan rumus yang dirujuk (Marker *et al.*, 1980) seperti berikut:

$$B = 67 \times Cha$$

Dimana:

- B = biomassa fitoplankton ( $\text{mgm}^{-3}$ )
- Cha = kandungan klorofil-a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )

Unsur hara yang dianalisis selama penelitian yaitu: nitrat dianalisis dengan metode spektrofotometri (Brucine sulphate), fosfat dianalisis dengan metode spektrofotometri ( $\text{SnCl}_2$ ) dan ammonium dianalisis dengan metode spektrofotometri (Nessler). Untuk mengetahui pengaruh unsur hara terhadap biomassa fitoplankton digunakan analisis regresi berganda yang perhitungannya menggunakan *software computer SPSS 14*.

## HASIL

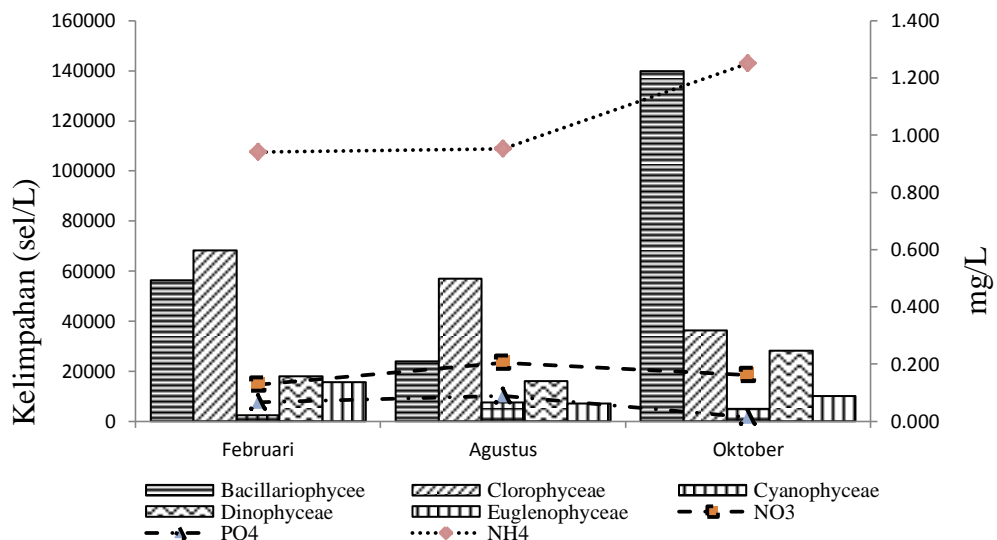
Hasil analisis ditemukan 50 genera fitoplankton yang termasuk dalam 5 kelas yaitu, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae, dan Euglenophyceae (Tabel 2). Genera fitoplankton yang paling banyak ditemukan di Sungai Kumbe adalah dari kelas Chlorophyceae sebanyak 32 genera sementara itu Bacillariophyceae 10 genera, Cyanophyceae 3 genera, Dinophyceae 2 genera dan Euglenophyceae 3 genera. Bacillariophyceae dan Chlorophyceae menunjukkan kelimpahan yang tinggi pada setiap pengamatan.

Tabel 2. Jumlah kelas dan genera fitoplankton di Sungai Kumbe

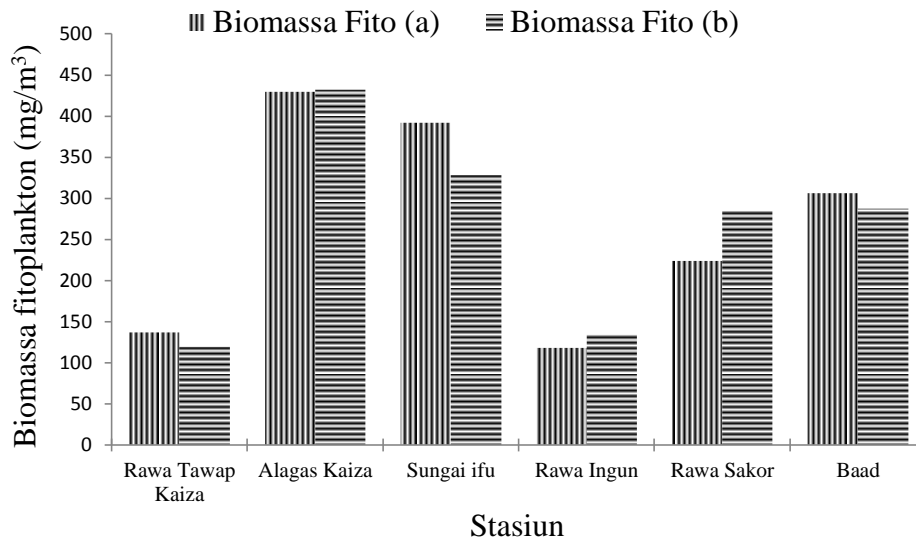
Kelas	Genera				
<b>Bacillariophyceae</b>	<i>Coconeis</i>	<i>Melosira</i>	<i>Stauroneis</i>		
	<i>Coscinidiscus</i>	<i>Navicula</i>	<i>Tabellaria</i>		
	<i>Cyclotella</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Synedra s</i>		
	<i>Frustylia</i>				
<b>Clorophyceae</b>	<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Microspora</i>	<i>Euastrum</i>	<i>Zygnema</i>	
	<i>Arthrodesmus</i>	<i>Mougeotia</i>	<i>Pearsoniella</i>	<i>Xanthidium .</i>	
	<i>Scenedesmus</i>	<i>Neprocytium</i>	<i>Selenastrum</i>		
	<i>Pandorina</i>	<i>Spondylosium</i>	<i>Tribonema</i>		
	<i>Raphidiopsis</i>	<i>Scenedesmus</i>	<i>Sphaerozhomea</i>		
	<i>Crucigenia</i>	<i>Cladophora</i>	<i>Spyrogira</i>		
	<i>Chlorella</i>	<i>Closterium</i>	<i>Staurastrum</i>		
	<i>Chrococcus</i>	<i>Cosmarium</i>	<i>Staurodesmus</i>		
	<i>Chodatella</i>	<i>Dictyosphaerium</i>	<i>Tetraedron</i>		
	<i>Kirchneriella</i>	<i>Eudorina</i>	<i>Ulothrix</i>		
	<b>Cyanophyceae</b>	<i>Aphanocapsa</i>			
		<i>Anabaena</i>			
<i>Oscillatoria</i>					
<b>Dinophyceae</b>	<i>Peridinium</i>				
	<i>Ceratium</i>				
<b>Euglenophyceae</b>	<i>Euglena</i>				
	<i>Phacus</i>				
	<i>Trachelomonas</i>				

Pengamatan yang dilakukan bulan Februari dan Agustus menunjukkan kelimpahan fitoplankton tertinggi dari kelas Chlorophyceae (Gambar 2). Sedangkan pada bulan Oktober terjadi pergeseran fitoplankton yang melimpah yaitu dari Chlorophyceae menjadi Bacillariophyceae.

Biomassa fitoplankton berdasarkan perhitungan langsung dari klorofil-a hasil analisa laboratorium berkisar antara 118,121 - 429,537 mg/m<sup>3</sup> sedangkan biomassa fitoplankton berdasarkan klorofil-a yang dihitung secara empiris berkisar antara 119,12 - 432,14 mg/m<sup>3</sup> (Gambar 3).



Gambar 2. Komposisi kelimpahan kelas fitoplankton dan unsur hara



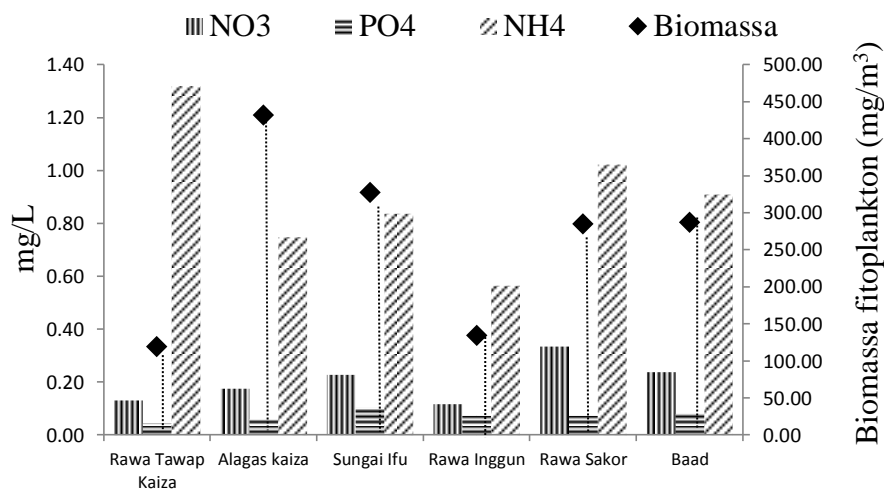
Gambar 3. Distribusi biomassa fitoplankton di Sungai Kumbe.

Hubungan antara biomassa fitoplankton dengan beberapa unsur hara yang dianalisis disajikan pada Gambar 4. Hubungan antara data curah hujan dan beberapa kandungan unsur hara disajikan pada Gambar 5.

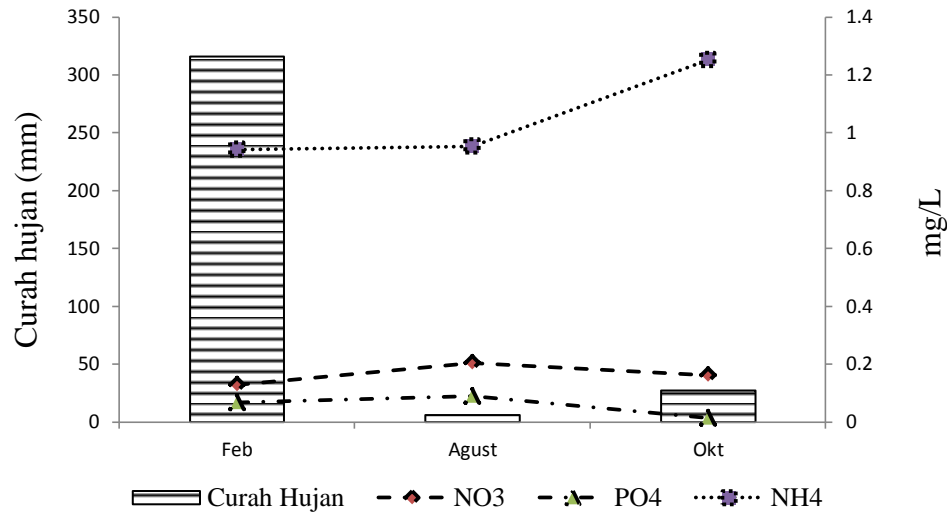
Hubungan empiris antara kandungan klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton ditunjukkan pada grafik Gambar 6. Dari grafik tersebut diperoleh persamaan  $y = 0,347x - 0,8183$  ( $R^2 = 0,91$ ). Dilihat dari hasil perhitungan biomassa fitoplankton, baik secara langsung maupun secara empiris kisarannya tidak begitu besar. Sehingga persamaan  $y = 0,347x - 0,8183$  yang

diperoleh dari hubungan antara kandungan klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton di Sungai Kumbe dapat digunakan untuk pendugaan biomassa fitoplankton selanjutnya di Sungai Kumbe.

Kandungan klorofil-a untuk perhitungan empiris, diperoleh dari persamaan  $y = 0,347x - 0,8183$  dengan  $y = \log$  klorofil-a ( $\mu\text{g/l}$ ) dan  $x = \log$  kelimpahan fitoplankton ( $\text{sel/l}$ ). Biomassa fitoplankton di Sungai Kumbe diperoleh dari konversi kandungan klorofil-a dengan menggunakan rumus  $B = 67 \cdot Cha$ , dengan  $B =$  biomassa fitoplankton ( $\text{mg/m}^3$ ) dan  $Cha =$  kandungan klorofil-a (Marker *et.al.*, 1980).

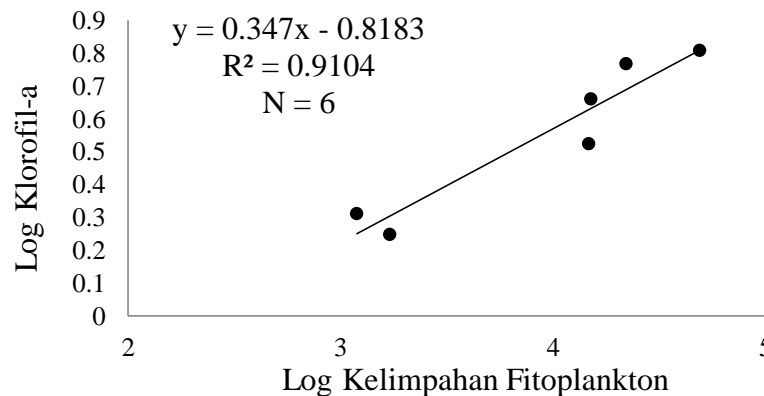


Gambar 4. Distribusi biomassa fitoplankton dan unsur hara di Sungai Kumbe.



Sumber: Stasiun Meteorologi Mopah Kelas III, 2012

Gambar 5. Hubungan curah hujan kandungan unsur hara di Sungai Kumbe



Gambar 6. Hubungan antara kandungan klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton di Sungai Kumbe.

## PEMBAHASAN

Genera fitoplankton yang ditemukan di Sungai Kumbe jumlahnya lebih banyak dibandingkan di Sungai Maro Papua yang hanya ditemukan sekitar 30 genera fitoplankton (Astuti & Satria, 2009). Hal tersebut mengindikasikan bahwa keragaman fitoplankton di Sungai Kumbe lebih beragam daripada di Sungai Maro. Berdasarkan persentase jenis fitoplankton yang ditemukan di Sungai Kumbe tidak ada jenis plankton yang pre-dominan (kelimpahannya >10% dari kelimpahan total).

Kelimpahan genera fitoplankton yang tercatat selama penelitian mengalami pergeseran dari kelas Chlorophyceae pada

bulan Februari dan Agustus menjadi kelas Bacillariophyceae pada bulan Oktober. Hal tersebut diduga terjadi karena kenaikan kandungan ammonium di perairan sekitar bulan Oktober. Wetzel (1983) menyebutkan bahwa kelas Bacillariophyceae merupakan kelas fitoplankton yang memiliki laju pertumbuhan cepat, toleransi yang tinggi serta mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan dan mampu memanfaatkan unsur hara lebih baik dibandingkan dengan kelas-kelas lainnya. Perubahan komunitas fitoplankton juga dapat terjadi akibat proses adaptasi plankton pada kondisi perairan dan tekanan predator.

Keberadaan unsur hara di suatu perairan sangat diperlukan untuk pertumbuhan fitoplankton (Reynold, 1990).

Menurut Welch & Lindell (1992) unsur hara berupa N dan P biasanya sering menjadi faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton di perairan alami dan bisa menjadi penentu *blooming* apabila di perairan jumlahnya berlebih. Besarnya jumlah unsur hara dalam aliran sungai bergantung pada curah hujan, luas daerah aliran sungai dan intensitas penduduk pada daerah aliran sungai (Davies, 2004).

Berdasarkan hasil analisis, kandungan nitrat, fosfat yang tinggi terjadi pada bulan Agustus sementara kandungan ammonium meningkat pada bulan Oktober. Tingginya kandungan unsur hara pada bulan Agustus kemungkinan diakibatkan adanya aliran (*runoff*) dari daratan yang membawa unsur hara ke perairan, karena pada bulan Agustus di sekitar Kabupaten Merauke sudah memasuki awal musim penghujan namun intensitasnya belum tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Lihan & Suitoih (2008) yang menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi besaran suplai bahan organik ke perairan diantaranya adalah kondisi musim.

Berdasarkan hasil analisis, biomassa fitoplankton tertinggi berada di daerah Alagas Kaiza dan Sungai Ifu. Tingginya biomassa fitoplankton di suatu lokasi memiliki hubungan yang positif dengan kelimpahan fitoplankton di lokasi tersebut. Hal tersebut di perkuat dengan hasil analisis korelasi antara biomassa fitoplankton dan kelimpahan fitoplankton nilai korelasinya mencapai 0,91 (Gambar 6).

Jika dibandingkan dengan biomassa hasil penelitian di Waduk Djuanda yang telah mengalami penyuburan perairan yaitu sebesar 462-52.025 mg/m<sup>3</sup> (Kartamihardja, 2007), biomassa fitoplankton di Sungai Kumbe relatif rendah. Hal tersebut disebabkan kondisi perairan Sungai Kumbe jauh dari aktivitas manusia, sehingga tidak terjadi pengayaan nutrien di perairan.

Hasil analisis regresi berganda dengan variabel terikat biomassa fitoplankton dan variabel tidak terikatnya nitrat, ortofosfat dan ammonium diperoleh persamaan regresi linier berganda hasil

analisis adalah  $Y = 24,9 + 164,4 \text{ NO}_3 + 842,5 \text{ PO}_4 + 115,9 \text{ NH}_4$  dengan koefisien determinasi ( $r = 0.49$ ). Hal tersebut berarti bahwa pengaruh nitrat, ortofosfat dan ammonium terhadap biomassa fitoplankton adalah 49%, sedangkan 51% lainnya dipengaruhi oleh faktor lainnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan persentase jenis fitoplankton yang ditemukan di Sungai Kumbe tidak ada jenis plankton yang predominan. Biomassa fitoplankton tertinggi terdapat di Alagas Kaiza (432,14 mg/m<sup>3</sup>) dan terendah di Rawa Tawaf Kaiza (119,12 mg/m<sup>3</sup>). Hubungan antara biomassa fitoplankton dan kelimpahan fitoplankton di lokasi penelitian sangat nyata dengan nilai korelasi 0,91. Berdasarkan analisis regresi, pengaruh unsur hara terhadap biomassa fitoplankton relatif kecil ( $r=0.49$ ).

## PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan hasil kajian stok dan karakteristik habitat ikan arwana irian (*Scleropages jardinii*) di sungai kumbe, merauke, T. A. 2012-2013 di Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan Jatiluhur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abida, I. W. 2010. Struktur komunitas dan kelimpahan fitoplankton di perairan Muara Sungai Porong Sidoarjo. *Jurnal Kelautan*. (3/1): 36-40
- American Public Health Association (APHA). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21<sup>st</sup> edition. Washington. DC.. Am. Public Health Ass.. Am. Water Works Ass. 1193p.
- Ardiwijaya, R.R. 2002. Distribusi horizontal klorofil-a dan hubungannya dengan kandungan unsur hara serta kelimpahan fitoplankton di Teluk



- Semangka, Lampung. Skripsi (tidak dipublikasikan). Program Studi MSP.FPIK.IPB. Bogor. 64p.
- Arinardi, O.H. 1996. Kisaran kelimpahan dan komposisi plankton predominan di perairan kawasan tengah Indonesia. LIPI. Bogor. 94p.
- Asriyana & Yuliana. 2012. Produktivitas Perairan. Bumi Aksara. Bogor. 278 p.
- Astuti LP & H Satria. 2009. Kondisi perairan pada musim pemijahan ikan arwana irian (*Sclerophages jardinii*) di Sungai Maro Bagian Tengah, Kabupaten Merauke. *Bawal*. (2/4): 155-161
- Clapham, W.B. 1983. Natural Ecosystem. Macmillan Publishing Co., Inc. New York. 256 p.
- Davies, P. 2004. Nutrient Processes and Chlorophyll in The Estuary and Plume of the Gulf of Papua. *Continental Shelf Research* 24, 2317-2341.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Profil Balai Wilayah Sungai Papua. [http://www.pu.go.id/satminkal/dit\\_sda/profil%20balai/bws/profilebalaipapua\\_baru.pdf](http://www.pu.go.id/satminkal/dit_sda/profil%20balai/bws/profilebalaipapua_baru.pdf). Diakses tanggal 23 Februari 2011.
- Edmonson, W.T. 1959. Freshwater biology. 2<sup>nd</sup> Ed. John Wiley & Sonc. Inc. New York. 1248p.
- Kartamihardja, E.S. 2007. Spektra Ukuran Biomassa Plankton dan Potensi Pemanfaatannya Bagi Komunitas Ikan di Zona Limnetik Waduk Ir. H. Djuanda, Jawa Barat. [Disertasi]. Bogor. Sekolah Pascasarjana IPB. 137p.
- Lihan, T., S.I. Suitoih. 2008. Satellite-measured temporal and spatial variability of the Tokachi River plume. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78 (2): 237-249.
- Marker, A.F.H., E.A. Nusch, H. Rai, and B. Riemann. 1980. The measurement of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of method: *Conclusion and recommendation*. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 14: 91-106.
- Needham, J.G. and P. R. Needham. 1963. *A Guide to the Study of Freshwater Biology*. Fifth Edition. Revised and Enlarged. Holden Day. Inc. San Fransisco. 180p.
- Ogleby, R.T. 1977. Relationship of fish yield to lake phytoplankton standing crop, production, and morphoedaphic factors. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34: 2271-2279.
- Reynolds, C.S. 1990. *The ecology of fresh water phytoplankton*. Cambridge University Press. Cambridge. 384 hal.
- Welch, E.B. and Lindell. T. 1992. Ecological Effect of Freshwater: Applied Limnology and Pollution Effects. Cambridge University Press. 425 p.
- Wetzel, R. G. 1983. *Limnology*. W. B. Second Edition, W.B. Saunders Company. Philadelphia. 767p.