

Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Plakton dan Nutrien Serta Kualitas Air di Perairan Laut Merauke Provinsi Papua.

Basa T. Rumahorbo^{1*}, Janpiter Manalu², Kristoper A. A. Manalu¹

¹ Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Cenderawasih. Jln. Kamp. Wolker, Waena. Jayapura.

² Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Program Pasca Sarjana Universitas Cenderawasih.

*E-mail korespondensi: basarumahorbo3454C@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRACT
Diterima : 10 April 2021	The abundance of plankton plays a very important role in determining the fertility of waters as a primary producer in waters. The abundance of plankton in water is generally related to the nutrient content in the water. This study aims to analyze the fertility level of Merauke sea waters based on the abundance of plankton and physical-chemical conditions in Merauke sea waters. Water samples were taken at 25 stations using water samples. showed that the abundance of plankton in Merauke seawater was high. The abundance of phytoplankton varied from 4,047,547 – 1,053.078 ind/m ³ /station. The dominating group is the <i>Bacilliophyceae</i> , the diversity index (H') is low <1, the uniformity is almost 0, the dominance index is low, while zooplankton is also classified as high with an abundance ranging from 5,500 – 460,281 ind/m ³ / station Physical and chemical conditions of sea water such as temperature including homogeneous, namely between 25.950 – 27.580 C, low brightness 0 – 2 m, high turbidity 2.89 – 730 NTU, pH is homogeneous between 7.06 – 8.11, very high DO is between 8.00 – 9.55 mg/L . while the nutrient in the form of phosphate is quite high.
Disetujui : 14 Juni 2021	
Terbit Online : 30 Juli 2021	
Key Words: <i>Plankton</i> <i>Nutriens</i> <i>Merauke</i> <i>Seawater quality</i>	

PENDAHULUAN

Perairan di sekitar Marauke merupakan lumbung ikan di Papua. Potensi sumberdaya ikan yang tinggi tersebut mengindikasikan bahwa perairan ini adalah perairan yang subur (Anonimus, 2017). Tingginya kesuburan perairan disebabkan masukan nutrien baik dari darat melalui sungai maupun juga nutrien meningkat pada saat terjadi proses upwelling saat musim timur.

Pengukuran kualitas perairan diperlukan sebagai data pendukung yang dapat memberikan informasi tentang kesuburan suatu perairan, meliputi kadar senyawa nutrien yang mendukung kehidupan organisme laut. Kemelimpahan plankton memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan kesuburan perairan. Plankton sebagai produsen primer di suatu perairan sangat tergantung pada keberadaan zat hara dan intensitas cahaya

matahari (Aryawati dan Thoha, 2011). Bila hara dan intensitas cahaya matahari tinggi maka kemelimpahan plankton akan tinggi, begitu pula sebaliknya. Sejauh ini kajian tentang kemelimpahan plankton dan kandungan hara di perairan laut Merauke masih belum diketahui, sehingga perlu dilakukan penelitian ini. Kajian ini bertujuan untuk memperoleh data kualitas air hasil pengukuran secara *in situ* berupa data suhu, salinitas, kekeruhan, pH, DO, nutrien (N dan P), plankton di perairan Kabupaten Merauke. Oleh karena itu kajian ini bermanfaat untuk mendapatkan informasi tentang kondisi kesuburan perairan yang didekati dengan kemelimpahan plankton berdasarkan musim yang dapat digunakan untuk memprediksi potensi sumberdaya ikan di wilayah perairan Kabupaten Merauke.

METODE PENGUKURAN DAN ANALISA DATA

Suhu, Keketuhan, Kecerahan, Do, pH, dan Nutrien

Pengambilan data dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat, seperti Termometer untuk mengukur suhu, *dissolved oxygen* (DO) meter (alat pengukur kandungan oksigen terlarut), pH meter (alat ukur pH/derajat keasaman), *turbidity meter*, dan *Secchi disk*. Pengambilan sampel dilakukan pada 25 titik. Survey lapangan disekitar perairan Merauke yang dilaksanakan pada bulan September 2015.

Plankton

Pengambilan sampel plankton dilakukan dengan menggunakan plankton net dengan cara menyaring air sebanyak 70,65 liter untuk sampel fitoplankton dan sebanyak 141,3 liter untuk sampel zooplankton. Sampel diidentifikasi menggunakan mikroskop untuk memperoleh data jenis, jumlah jenis, dan kelimpahan plankton. Selanjutnya analisis data plankton (fitoplankton dan zooplankton) dilakukan untuk mengetahui nilai indikator ekologi, yang meliputi indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan juga indeks dominasi yang dapat dihitung dengan adanya data kelimpahan masing-masing jenis.

Kelimpahan Plankton

Kelimpahan fitoplankton adalah jumlah sel per satuan volume. Jumlah sel fitoplankton dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Eaton et al., 2005):

$$K = \frac{1}{A} \times \frac{B}{C} \times \frac{V}{v} \times n$$

dimana, K = Kelimpahan fitoplankton (sel/m³), B = Total area/luasan wadah *Sedgwick-Rafter Counting Cell* (mm²), A = Volume contoh air yang disaring (70.65 L), C = Luas pengamatan (mm²), V = Volume air tersaring (225 mL), v = Volume konsentrat pada *Sedgwick-Rafter Counting Cell* (mL), dan n = Jumlah fitoplankton yang diamati.

Kelimpahan Zooplankton

Kelimpahan zooplankton adalah jumlah individu per satuan volume. Kelimpahan jenis

zooplankton dihitung berdasarkan persamaan menurut Eaton et al. (2005), sebagai berikut :

$$N = \frac{O_i}{O_p} \times \frac{V_r}{V_o} \times \frac{1}{V_s} \times \frac{n}{p}$$

dimana, N = Kelimpahan zooplankton (ind/m³), O_i = Luas gelas penutup, preparat (mm²), O_p = Luas satu lapangan pandang (mm²), V_r = Volume air tersaring (225 mL), V_o = Volume air yang diamati (mL), V_s = Volume air yang disaring (141.3 L), n = Jumlah zooplankton pada seluruh lapangan pandang, dan p = Jumlah lapangan pandang yang yang teramati.

Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman yang digunakan adalah indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$N = \sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

dimana, H' = Indeks keanekaragaman, n_i = Jumlah individu taksa ke- i , dan N = Jumlah total individu.

Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman menggambarkan komposisi individu tiap jenis yang terdapat dalam suatu komunitas. Indeks keseragaman ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Odum, 1971):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

dimana, E = Indeks keseragaman, H' = indeks keanekaragaman, S = jumlah taksa (jenis), dan $\ln S$ = H' maksimum.

Indeks keseragaman (E) berkisar antara 0 - 1. Nilai E mendekati 0 mengindikasikan bahwa penyebaran jumlah individu tiap spesies tidak sama dan ada kecenderungan bahwa komunitas tidak stabil. Sebaliknya jika nilai E mendekati 1 berarti penyebaran organisme merata dan kestabilan komunitas lebih tinggi (Odum, 1971).

Indeks Dominansi

Indeks dominansi menggambarkan komposisi kelimpahan tiap jenis yang terdapat dalam suatu komunitas ada yang dominan. Kondisi ini mengakibatkan komunitas tidak mantap dan juga rentan terhadap perubahan

ekosistem. Indeks dominansi ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Odum, 1971):

$$E = \sum \left[\frac{ni}{N} \right]^2$$

dimana, D = indeks dominansi Simpson, ni = jumlah individu ke i, dan N = jumlah total individu.

Indeks dominansi berkisar antara 0 -1, dimana:

D = 0 : tidak terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas dalam keadaan stabil

D = 1 : terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya, atau struktur

Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran CTD suhu bulan September 2019 di Kabupaten Merauke.

Stasiun	Suhu [°C]			Kedalaman [m]
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	
St 1	26,074	26,268	26,204	5,1
St 2	25,95	26,102	26,034	6,7
St 3	26,304	26,389	26,337	8,5
St 4	26,384	26,401	26,393	4,5
St 5	26,448	26,736	26,550	5,8
St 6	26,15	26,26	26,194	9
St 7	26,511	26,529	26,516	5
St 8	26,641	26,681	26,670	7,9
St 9	26,62	26,857	26,638	19,4
St 10	26,597	26,633	26,604	20,4
St 11	27,506	27,581	27,536	4,9
St 12	26,698	26,743	26,714	11,4
St 13	26,532	26,641	26,566	15,3
St 14	27,348	27,374	27,354	1,3
St 15	26,717	26,868	26,798	5,7
St 16	26,822	26,909	26,863	6,1
St 17	27,173	27,202	27,185	4,5
St 18	26,95	27,096	27,007	6,1
St 19	26,849	26,889	26,880	5,2
St 20	26,693	26,72	26,717	7,3
St 21	26,54	26,563	26,557	4,4
St 22	26,49	26,507	26,499	3,1
St 23	26,234	26,303	26,273	4,5
St 24	26,658	26,962	26,798	5,6

komunitas labil, karena terjadi tekanan ekologis (*ecological stress*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

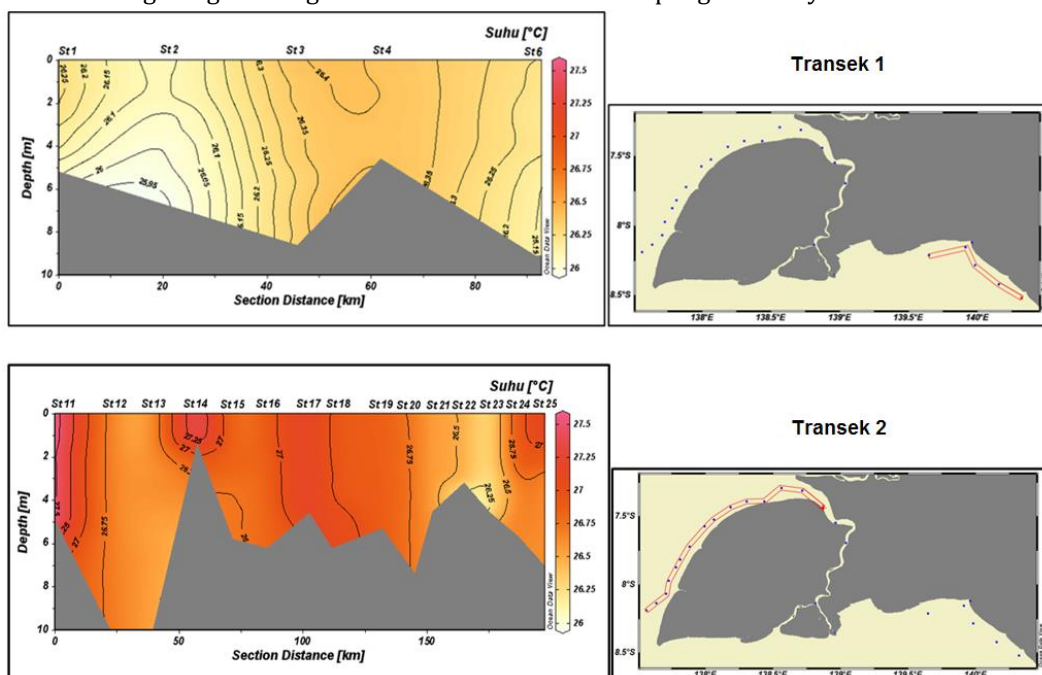
Kondisi Fisika, Kimia, dan Biologi Perairan Suhu

Pengukuran suhu dilakukan bersamaan dengan pengukuran parameter kualitas air lainnya seperti kekeruhan, kecerahan, salinitas, pH dan kandungan oksigen terlarut. Parameter suhu diukur dengan menggunakan alat CTD (*Conductivity Temperature Depth*) pada 25 titik stasiun CTD dari permukaan sampai dasar. Secara umum mengikuti pola dimana di lapisan permukaan suhu lebih tinggi dari pada di lapisan yang lebih dalam. Hasil pengukuran CTD suhu bulan September 2019 di Kabupaten Merauke disajikan pada

Stasiun	Suhu [°C]			Kedalaman [m]
	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	
St 25	26,617	27,166	26,778	6,9

Profil melintang suhu disajikan pada Gambar , dimana Transek 1 merupakan pengukuran disepanjang perairan Merauke dibagian selatan, sedangkan Transek 2 merupakan pengukuran disepanjang perairan Merauke bagian utara. Suhu perairan yang terukur tergolong homogen berkisar antara

25.95 °C sampai 27.581 °C variasi suhu perairan lebih tinggi pada kedalaman dangkal dibandingkan kedalaman yang dalam. Hasil tersebut menunjukkan suhu permukaan cenderung terlihat berfluktuatif antar stasiun lebih disebabkan karena perbedaan waktu dalam pengukurannya.



Gambar 1. Sebaran melintang suhu di perairan sekitar Kabupaten Merauke pada bulan September 2019.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perairan sebelah selatan Merauke ditemukan indikasi pertemuan massa air yang terjadi sepanjang tahun yang diduga berasal dari massa air pantai utara Australia dan pantai selatan perairan Pantai Selatan Papua. Potensi *upwelling* di perairan selatan Merauke tidak ditemukan tetapi pada perairan ini memiliki tingkat kesuburan yang tinggi sepanjang tahun. Kondisi ini dapat disebabkan karena pada perairan ini terjadi proses pencampuran massa air secara vertikal akibat dari profil batimetri yang sangat bervariasi sehingga nutrien yang berasal dari daratan tidak terendapkan di dasar perairan dan teraduk di sepanjang kolom perairan. Selain itu, proses pencampuran massa air ini diperkuat oleh

adanya tunggang pasut yang sangat besar sehingga ketika pasang menangkap nutrien dasar perairan sampai jauh ke arah daratan dan ketika surut, membawa massa air dengan kandungan nutrien yang tinggi ke arah laut lepas.

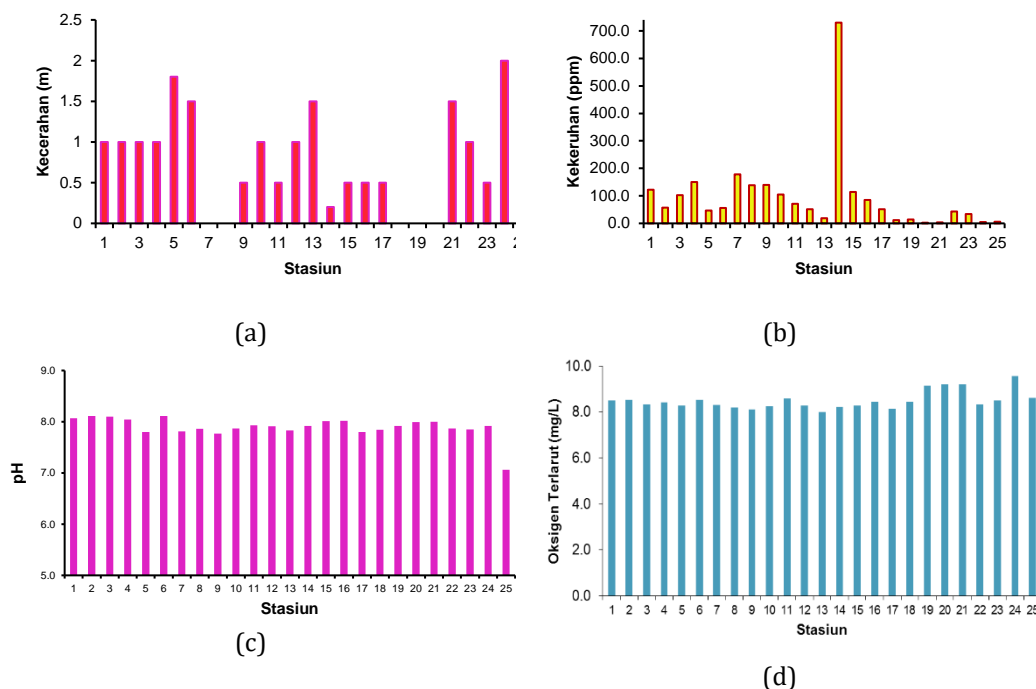
Kekeruhan, Kecerahan, Do, dan pH

Parameter fisika dan kimia perairan di lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 2. Secara umum nampak kecerahan perairan yang disurvei cenderung rendah, hanya berkisar antara 0 hingga 2 m. Hal ini disebabkan oleh tipikal perairan pesisir Merauke yang umumnya dangkal dan memiliki substrat lumpur. Intensitas tiupan angin yang cukup tinggi dapat membuat lumpur di dasar perairan mudah sekali teraduk dan membuat perairan tampak keruh. Hasil

pengukuran kekeruhan air memperlihatkan nilai yang tinggi, berkisar antara 2,89 - 730 NTU.

Derajat keasaman berada pada kisaran normal, yaitu dengan pH 7,06 - 8,11. Kadaan pH seperti ini tidak akan menimbulkan tekanan lingkungan bagi biota yang hidup di

perairan lokasi tersebut. Nilai pH paling rendah 7,06 dijumpai di sekitar muara sungai. Nilai DO pada dasarnya tergolong sangat tinggi, yaitu 8,00 - 9,55 mg/L yang kemungkinan disebabkan oleh proses turbulensi atau pengadukan yang cukup intensif.

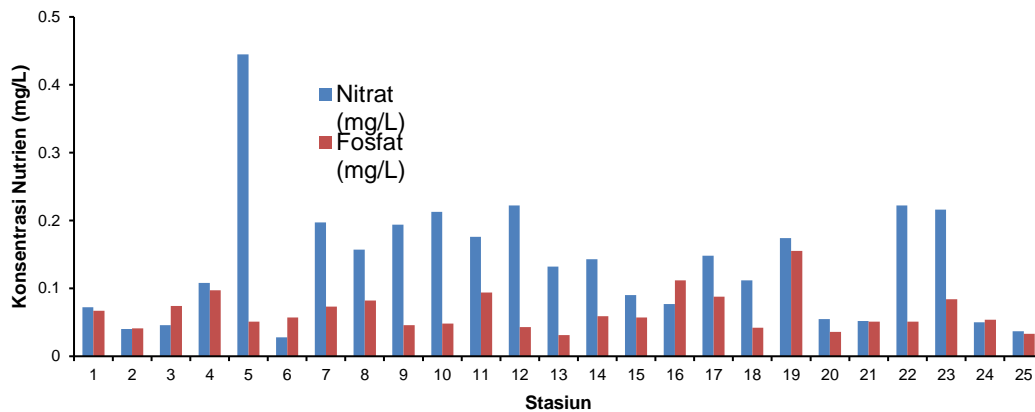


Gambar 2 Parameter kualitas air di perairan Kabupaten Merauke, meliputi (a) Kececerahan; (b) Kekeruhan; (c) pH; dan (d) Oksigen Terlarut pada bulan Agustus 2019.

Nutrien

Nitrat termasuk senyawa yang dibutuhkan sebagai nutrisi bagi organisme laut, khususnya fitoplankton, yang akan menghasilkan produktivitas primer laut sebagai penentu tingkat kesuburan perairan dan menunjang kelangsungan hidup biota laut lainnya (Young, 1999). Berdasarkan hasil pengukuran, kandungan hara berupa Nitrat dan Fosfat di

perairan pesisir Kabupaten Merauke tergolong tinggi, terutama bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, Kepmen LH No. 51/2004. Konsentrasi nitrat tertinggi dijumpai di Stasiun 5 sementara konsentrasi fosfat tertinggi dijumpai di Stasiun 19, yang letaknya berdekatan dengan daratan, dimana terdapat ekosistem mangrove yang padat. (Gambar 3).



Gambar 3. Konsentrasi nutrisi (nitrat dan fosfat) di Perairan Kabupaten Merauke bulan September 2019.

Plankton

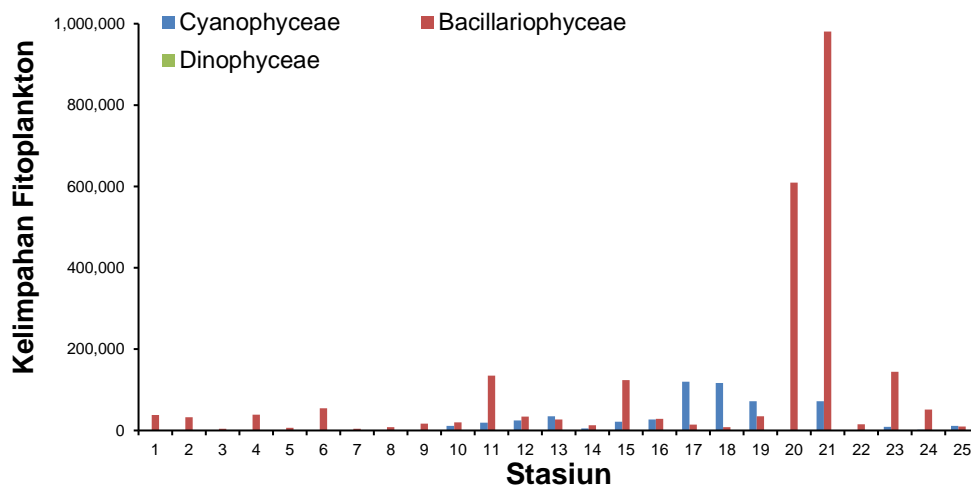
Fitoplankton

Hasil pengamatan fitoplankton menunjukkan nilai kelimpahan yang tinggi. Jumlah fitoplankton di 25 stasiun pengamatan berkisar antara 4.074.547 – 1.053.078.559 sel/m³. Fitoplankton merupakan jenis organisme renik melayang dalam kolom air. Fitoplankton berperan sebagai sumber kehidupan dalam perairan laut karena merupakan sumber makanan bagi berbagai organisme herbivora. Oleh karena itu, keberadaan fitoplankton

mencerminkan produktivitas perairan sekaligus menjadi indikator kualitas perairan tersebut.

Komunitas fitoplankton didominasi oleh kelompok *Bacillariophyceae*, dimana beberapa genus yang kelimpahannya cukup tinggi seperti *Coscinodiscus* sp., *Thalassionema* sp., *Chaetoceros* sp., dan *Lauderia* sp. Kelimpahan *Lauderia* sp. yang sangat tinggi, mencapai 717.905.166 sel/m³, dijumpai pada Stasiun 21. Genus ini merupakan makanan utama ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) (Rahardjo dan Simanjuntak, 2002).

(x1000 sel/m³)



Gambar Error! No text of specified style in document.. Hasil kelimpahan fitoplankton di stasiun pengamatan di perairan Kabupaten Merauke.

Pada beberapa stasiun pengamatan dijumpai beberapa genus yang melimpah, sehingga nilai indeks ekologi fitoplankton bervariasi di setiap stasiun (Gambar Error! No text of specified style in document.). Indeks

keragaman (H') yang di beberapa stasiun bernilai <1 , diikuti indeks keseragaman (E) mendekati 0 dan indeks dominansi (D) mendekati 1, menunjukkan adanya genus yang jumlahnya dominan. Pada Stasiun 18, yang memiliki nilai

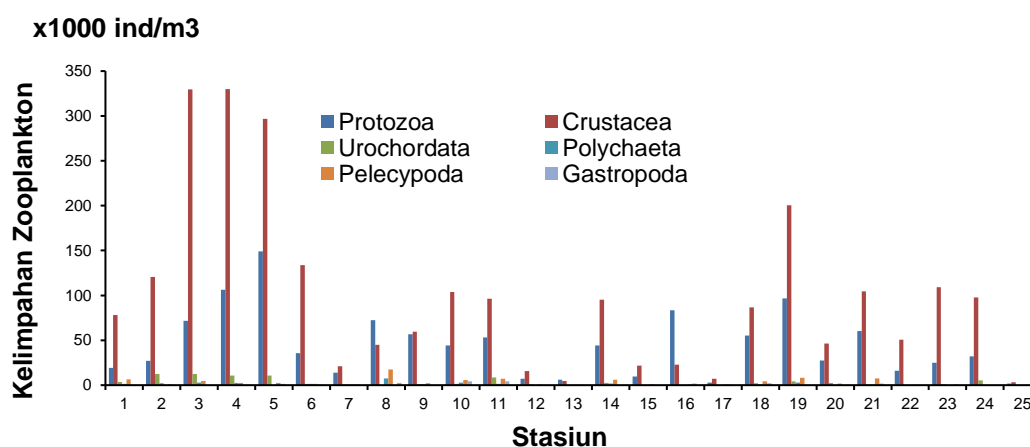
indeks H' dan E terendah serta indeks D tertinggi. Data menunjukkan dominansi genus *Trichodesmium* sp. dari kelompok Cyanophyceae terhadap genus lainnya.

Zooplankton

Hal yang sama, zooplankton juga diambil di 25 stasiun pengambilan sampel air. Terdapat 7 - 17 taksa zooplankton yang ditemukan di lokasi studi, Kelompok Crustacea, seperti stadia Nauplius dan *Calanus* sp. dijumpai hampir dominan disemua stasiun. Nauplius merupakan salah satu tahapan dari hidup Crustacea yang berupa larva, memiliki anggota tubuh yang belum tersegmentasi, sehingga belum dapat dipastikan

genusnya, sedangkan *Calanus* sp. merupakan salah satu anggota kelompok Crustacea dari subkelas Copepoda dan famili Calanidae. Kelimpahan larva Crustacea tertinggi dijumpai di stasiun 4, mencapai 329.912 ind/m³ (Gambar).

Secara keseluruhan, kelimpahan zooplankton di lokasi survei cukup tinggi, berkisar antara 5.500 ind/m³ hingga 460.281 ind/m³, kelimpahan tertinggi dijumpai di stasiun 5, sementara kelimpahan zooplankton terendah dijumpai di Stasiun 25. Melimpahnya zooplankton juga menjadi indikator terhadap kelimpahan ikan, karena zooplankton merupakan sumber makanan utama bagi ikan.



Gambar 5 Hasil kelimpahan zooplankton di setiap stasiun pengamatan.

Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener secara keseluruhan menunjukkan kondisi zooplankton di seluruh stasiun berada pada kisaran keragaman sedang, yaitu $1 < H < 3$ (Tabel). Sedangkan penyebaran individu di tiap stasiun hampir seragam, dengan nilai indeks keseragaman (E) cenderung mendekati 1. Hal yang sama ditunjukkan oleh indeks dominansi

yang cenderung mendekati 0, Nilai ini menunjukkan tidak ada taksa yang dominan di perairan lokasi studi. Berdasarkan nilai ketiga indeks tersebut, kondisi perairan di lokasi studi dapat dikategorikan sedang dan tidak mengalami tekanan lingkungan yang ekstrim (Nybakken, 1992).

Tabel 3 Indeks ekologi zooplankton pada tiap stasiun pengamatan di Perairan Kabupaten Merauke bulan September 2015.

Stasiun	Indeks Keragaman (H')	Indeks Keseragaman (E)	Indeks Dominansi (D)
1	2.161	0.779	0.150
2	1.881	0.713	0.201
3	2.053	0.725	0.184
4	1.999	0.779	0.163
5	2.018	0.787	0.159

Stasiun	Indeks Keragaman (H')	Indeks Keseragaman (E)	Indeks Dominansi (D)
6	2.031	0.769	0.173
7	2.086	0.813	0.156
8	2.044	0.888	0.152
9	1.777	0.772	0.207
10	2.004	0.807	0.168
11	2.022	0.789	0.169
12	1.483	0.713	0.284
13	1.570	0.715	0.278
14	1.955	0.762	0.193
15	1.461	0.751	0.300
16	1.688	0.733	0.248
17	1.824	0.877	0.195
18	1.909	0.705	0.227
19	2.007	0.808	0.176
20	1.883	0.785	0.207
21	1.919	0.748	0.196
22	1.819	0.790	0.198
23	1.764	0.766	0.206
24	1.795	0.780	0.215
25	1.998	0.833	0.165
Min	1.461	0.705	0.150
Maks	2.161	0.888	0.300

Berdasarkan hasil pendugaan daerah penangkapan ikan yang pernah dilakukan berdasarkan data parameter oseanografi seperti suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil dan ATML (Anonimus, 2009). Hasil penelitian di sekitar perairan Arafura termasuk Merauke menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kelimpahan fitoplankton dengan hasil tangkapan ikan (Rudiastuti, 2008). Dari data yang ada diprediksi bahwa sepanjang tahun di sekitar pantai kelimpahan sumberdaya ikan cukup tinggi sebagaimana halnya dengan kelimpahan plankton. Ini berkaitan erat dengan distribusi dan kelimpahan plankton sebagai produsen primer yang dapat digunakan untuk tingkat kesuburan perairan laut.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan kelimpahan plankton di perairan laut Merauke tergolong tinggi. Kelimpahan fitoplankton bervariasi berkisar antara 4.047.547 – 1.053.078 ind/m³/stasiun. Kelompok yang mendominasi

adalah Bacilliophyceae, indeks keanekaragaman (H') rendah <1, keseragaman hamper 0, indeks dominan rendah, Sementara zooplankton juga tergolong tinggi dengan kelempahan berkisar antara 5.500 – 460.281 ind/m³/ stasiun Kondisi fisik dan kimia air laut seperti suhu termasuk homogen yaitu antara 25,95^o – 27,58^o C, kecerahan rendah 0 – 2 m, kekeruhan tinggi 2,89 – 730 NTU, pH termasuk homogeny antara 7,06 – 8,11, DO sangat tinggi antara 8,00 – 9,55 mg/L. sementara nutrient berupa fosfat cukup tinggi, Dengan demikian berdasarkan parameter tersebut maka perairan laut Merauke dapat dikategorikan sebagai perairan yang subur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2017, Survey Oceanografi dan Fishing Fround di Kabupate Merauke, Direktorat Tata Ruang Laut dan Pesisir dan Pulau Pulau Kecil Kementerian Kelautan dan Perikanan, Bogor.
- Anonymous. 2009. Kajian potensi sumber daya ikan dan lingkungannya di

- perairan kabupaten bengkalis. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bengkalis. Bengkalis.
- Aryawati, R dan Thoah, H. 2011. Hubungan kandungan klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton di perairan Berau Kalimantan Timur. *Maspari Journal* 02:89-94
- Eaton, A.D., APHA, AWWA, WEF. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C.: APHA-AWWA-WEF.
- Kepmen LH, 2004,. Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, Kepmen LH No. 51/2004. Jakarta
- Komen, G.J., P.A.E.M. Janssen, V. Makin, K. Mastenbroek, and W. Oost. 1998. Review: on the sea state dependence of the charnock parameter. *J. Glob Atmos Ocean System*, 5:367-388.
- Lumban-Gaol, J., R.R. Leben, S. Vignudelli, K. Mahapatra, Y. Okada, B. Nababan, M. Mei-Ling, K. Amri, R.E. Arhatin, and M. Syahdan. 2015. Variability of satellite-derived sea surface height anomaly, and its relationship with Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) catch in the Eastern Indian Ocean. *European J. of Remote Sensing*. 48:465-477.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi laut suatu pendekatan ekologis. *Dalam* : Eidman, M., D.G. Koesoebiono, dan M. Hutomo. Gramedia. Jakarta. 459hlm.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Saunders: Minnesota.
- Rahardjo, M.F., Simanjuntak, C.P.H. 2002. Studi makanan ikan Tembang *Sardinella fimbriata* (Pisces: Clupeidae) di perairan mangrove Pantai Mayangan, Jawa Barat. *Jurnal Iktiologi Indonesia* Vol. 1 (2):29-33.
- Rudiastuti, A.W. 2008. Studi Sebaran Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut (SPL) Serta Hubungannya Dengan Distribusi Kapal Penangkap Ikan Melalui Teknologi Vessel Monitoring System (VMS). Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Young, I.R. 1999. Wind generated ocean waves. *In*: Bhattacharyya, R. and M.E. McCormick. (eds.). Elsevier Ocean Engineering Book Series. Amerika. 2322-2333pp.