STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN HUBUNGANNYA DENGAN PARAMETER LINGKUNGAN DI SUNGAI NUNI MANOKWARI MENGGUNAKAN PRINCIPAL COMPONEN ANALISIS (PCA)

Sabarita Sinuraya*, Robi binur,Yansen Puari

Jurusan Biologi Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Manokwari, Papua Barat 98314

* E-mail: itasabarita sinuraya @gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur komunitas makrozoobenthos di bagian hilir Sungai Nuni, Manokwari, Papua Barat. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara purposive random sampling pada empat lokasi yang telah ditentukan, dengan empat kali pengulangan pada setiap lokasi dan jarak antar Lokasi 10 m. Pengambilan sampel makrozoobenthos dilakukan untuk mengidentifikasi komposisi, kepadatan, keanekaragaman, dominansi, dan keseragaman, serta menganalisis hubungan antara struktur komunitas dengan parameter fisika-kimia perairan menggunakan Principal Component Analysis (PCA). Hasil penelitian menunjukkan ditemukan 1.717 individu yang terdiri atas 3 kelas, 8 ordo, 8 famili, 11 genus, dan 24 spesies. Kepadatan makrozoobenthos pada lokasi 1–4 berturut-turut sebesar 798,1 ind/m²; 833,33 ind/m²; 929,2 ind/m²; dan 1.088,9 ind/m². Nilai indeks keanekaragaman (H') berturut-turut sebesar 1,87; 3,07; 3,15; dan 2,67, sedangkan dominansi sebesar 0,17; 0,11; 0,30; dan 0,13 serta keseragaman (E) sebesar 0,42; 0,70; 0,70; dan 0,60. Hasil PCA menunjukkan bahwa struktur komunitas makrozoobenthos di setiap lokasi berkaitan dengan variasi suhu, lebar sungai, BOD, DO, dan pH. Perbedaan nilai struktur komunitas menunjukkan adanya variasi kondisi ekologis perairan Sungai Nuni pada bagian hilir.

Kata kunci: Makrozoobenthos, Sungai Nuni, Struktur Komunitas, PCA

Abstract

This study aimed to analyze the community structure of macrozoobenthos in the lower reaches of the Nuni River, Manokwari, West Papua. Sampling locations were determined using purposive random sampling at four predetermined locations, with four replicates at each location and a distance of 10 m between sampling locations. Macrozoobenthos samples were collected to identify their composition, density, diversity, dominance, and evenness, as well as to analyze the relationship between community structure and the physicochemical parameters of the water using Principal Component Analysis (PCA). The results showed a total of 1,717 individuals, comprising 3 classes, 8 orders, 8 families, 11 genera, and 24 species. The macrozoobenthos densities at locations 1–4 were 798.1 ind/m², 833.33 ind/m², 929,2 ind/m², and 1,088.9 ind/m², respectively. The diversity index (H') values were 1.87, 3.07, 3.15, and 2.67, respectively, while the dominance values were 0.17, 0.11, 0.30, and 0.13, and the evenness (E) values were 0.42, 0.70, 0.70, and 0.60, respectively. The PCA results indicated that macrozoobenthos community structure at each location was associated with variations in temperature, river width, BOD, DO, and pH. Differences in community structure values indicate variations in the ecological conditions of the lower Nuni River.

***Keywords**: Macrozoobenthos, Nuni River, Community Structure, Principal Component Analysis*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu ekosistem perairan tawar yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia dan organisme akuatik. Sungai berfungsi sebagai sumber air, habitat berbagai organisme, serta memiliki fungsi ekologis dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem. Ekosistem sungai memiliki karakteristik yang dinamis karena kondisi fisik, kimia, dan biologinya dipengaruhi oleh interaksi antara proses alami dan aktivitas manusia di daerah aliran sungai (Rosenberg & Resh, 1993; Sinuraya *et al*.,2019). Aktivitas manusia seperti permukiman, pertanian, industri, perubahan tata guna lahan, dan pembuangan limbah dapat menyebabkan perubahan karakteristik fisika, kimia, dan biologis perairan. Perubahan tersebut selanjutnya dapat memengaruhi komposisi, kelimpahan, dan struktur komunitas organisme akuatik (Sastrawijaya, 2000; Sinuraya, 2023). Makrozoobenthos merupakan kelompok organisme yang hidup pada atau di dalam substrat dasar perairan, baik pada batu, pasir, kerikil, lumpur, maupun vegetasi air. Kelompok ini mencakup

berbagai taksa, antara lain Mollusca, Annelida, Crustacea, Insecta, dan kelompok avertebrata lainnya (Basmi, 2000; Sinuraya *et al*.,2019). Makrozoobenthos mempunyai peranan penting dalam ekosistem perairan karena berperan dalam proses dekomposisi bahan organik, transfer energi, siklus nutrien, serta menjadi sumber makanan bagi organisme lain seperti ikan. Keberadaan makrozoobenthos dengan berbagai fungsi ekologis tersebut menjadikannya salah satu komponen penting dalam menentukan kondisi suatu ekosistem perairan (Burdon, & Harding, 2020). Makrozoobenthos banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan karena sebagian besar organisme tersebut memiliki mobilitas yang relatif rendah, hidup dalam waktu yang relatif lama pada suatu habitat, dan mempunyai tingkat toleransi yang berbeda terhadap perubahan kondisi lingkungan (Rosenberg & Resh, 1993; Burdon & Harding, 2020). Berbeda dengan parameter fisika-kimia yang umumnya menggambarkan kondisi perairan pada saat pengukuran, komunitas makrozoobenthos dapat memberikan gambaran mengenai kondisi lingkungan dalam periode yang lebih panjang berdasarkan respons biologis organisme terhadap perubahan habitat (Burdon, & Harding, 2020). Perairan dengan kondisi lingkungan yang relatif baik cenderung mendukung komunitas makrozoobenthos yang memiliki kekayaan taksa dan distribusi individu yang lebih merata, sedangkan gangguan lingkungan dapat menyebabkan berkurangnya taksa sensitif dan meningkatnya kelimpahan organisme yang toleran terhadap tekanan lingkungan (Rosenberg & Resh, 1993; Bonada *et al*., 2006). Struktur komunitas makrozoobenthos dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, antara lain suhu, pH, oksigen terlarut (DO), kebutuhan oksigen biokimia atau *biochemical oxyge demand* (BOD), kecepatan arus, kedalaman, karakteristik substrat, dan ketersediaan bahan organik. Faktor-faktor tersebut dapat bekerja secara bersama-sama dalam menentukan distribusi dan kelimpahan organisme bentik. Karakteristik substrat, misalnya, berpengaruh terhadap ketersediaan ruang hidup dan tempat melekat bagi organisme, sedangkan kecepatan arus berpengaruh terhadap transportasi makanan, oksigen, dan bahan organik serta kemampuan organisme untuk mempertahankan diri pada substrat (Barus, 2004; Sinuraya *et al*., 2019).

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang penting karena memengaruhi laju metabolisme, pertumbuhan, aktivitas fisiologis, dan reproduksi organisme akuatik. Peningkatan suhu juga dapat memengaruhi kelarutan oksigen dalam air sehingga secara tidak langsung dapat memengaruhi organisme yang membutuhkan oksigen untuk respirasi. Oksigen terlarut merupakan parameter penting bagi kehidupan organisme akuatik karena diperlukan dalam proses respirasi. Perubahan konsentrasi DO dapat memengaruhi distribusi organisme, terutama organisme yang memiliki kebutuhan oksigen relatif tinggi (Barus, 2004; Sinuraya *et al*.,2019).

BOD merupakan parameter yang menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat di dalam perairan. Peningkatan masukan bahan organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan kebutuhan oksigen sehingga menyebabkan peningkatan BOD. Apabila beban bahan organik cukup tinggi, proses dekomposisi dapat mengurangi konsentrasi DO di dalam perairan dan selanjutnya memberikan tekanan terhadap organisme akuatik yang sensitif terhadap kekurangan oksigen tinggi. Dengan demikian, BOD dan DO merupakan parameter yang saling berkaitan dalam menggambarkan kondisi kualitas ekologis perairan, pH juga merupakan faktor penting yang memengaruhi kehidupan organisme akuatik karena perubahan pH dapat memengaruhi proses fisiologis organisme dan ketersediaan berbagai senyawa kimia di dalam perairan. Sebagian besar organisme akuatik memiliki kisaran toleransi pH tertentu sehingga perubahan pH yang cukup besar dapat memengaruhi komposisi dan distribusi komunitas (Barus, 2004; Sinuraya *et al*.,2019). Selain itu, kecepatan arus dan karakteristik substrat juga berperan dalam menentukan struktur komunitas makrozoobenthos. Substrat yang berbeda dapat menyediakan kondisi mikrohabitat dan sumber makanan yang berbeda bagi organisme bentik (Sinuraya *et al*.,2023).

Sungai Nuni merupakan salah satu sungai yang berada di wilayah Manokwari, Papua Barat. Sungai ini memiliki hulu didaerah Andai dan bermuara di laut Pantai Utara Manokwari dengan ±23 Km^2 (BPS, 2025). Bagian hilir sungai merupakan wilayah yang secara ekologis dapat menerima masukan material organik dan anorganik dari bagian hulu serta aktivitas yang berlangsung di sekitar daerah aliran sungai. Masukan tersebut berpotensi memengaruhi karakteristik fisika-kimia perairan dan selanjutnya memberikan pengaruh terhadap komunitas organisme bentik. Oleh karena itu, informasi mengenai struktur komunitas makrozoobenthos di Sungai Nuni penting sebagai dasar untuk menggambarkan kondisi ekologis perairan.

Kajian mengenai makrozoobenthos di Sungai Nuni diperlukan untuk memperoleh informasi mengenai komposisi dan struktur komunitas serta keterkaitannya dengan parameter fisika-kimia perairan. Penggunaan beberapa indeks ekologi, seperti indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, dominansi Simpson, dan keseragaman, dapat memberikan gambaran mengenai kondisi komunitas secara lebih komprehensif (Shannon & Weaner, 1949; Simpson, 1949; Magurran, 2004). Selain analisis indeks ekologi, hubungan antara komunitas makrozoobenthos dan parameter lingkungan dapat dianalisis menggunakan metode multivariat. *Principal component analysis* (PCA) merupakan salah satu metode statistik multivariat yang dapat digunakan untuk mereduksi sejumlah variabel menjadi beberapa komponen utama sekaligus mengidentifikasi pola hubungan antarvariabel (Legendre & Legendre, 2012). Dalam kajian ekologi perairan, PCA dapat digunakan untuk melihat keterkaitan antara distribusi organisme dengan parameter lingkungan, sehingga dapat membantu menjelaskan faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap variasi struktur komunitas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi, kepadatan, keanekaragaman, dominansi, dan keseragaman makrozoobenthos di bagian hilir Sungai Nuni serta menganalisis hubungan struktur komunitas makrozoobenthos dengan parameter lingkungan perairan menggunakan PCA.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2023 di Sungai Nuni, Manokwari. Metode pengambilan sampel secara purposive random sampling (Mandaville,2002), mencakup empat titik dengan tingkat aktivitas antropogenik yang berbeda. Sampel makrozoobentos diidentifikasi di Laboratorium Biologi, Universitas Papua. Pengukuran suhu, pH, DO, Kecepatan arus dilakukan di lapangan, analisis BOD dilakukan di Laboratorium Perikanan dan Kelautan, Universitas Papua. Lokasi Pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar.1 Peta Lokasi Penelitian di Sungai Nuni (Sumber: Google Earth dan QGIS, 3.301)

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penlitian ini yaitu mikroskop sterio, thermometer, pH meter, DO meter, gabus, meteran, GPS Garmin 60 CSx, botol sampel, surbernet, baki plastik, piring plastik cool box, kuas kecil, alat tulis dan pinset, botol winkler 250 ml, stopwatch, dan kamera. Bahan yang digunakan adalah es batu, tali rapia, lakban bening, alkohol 70%, plastik gula, isolasi dan kertas label, buku identifikasi makrozoobentos (Jutting & Bethem, 1953; Edmodson, 1963; Quegley, 1977).

Prosedur

Surber net ditempatkan di substrat, substrat diaduk hingga makrozoobentos terjaring kedalam kemudian sampel dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam botol sampel yang sudah berisi alkohol 70%, sampai 100 individu dalam setiap titik pengambilan sampel, kemudian sampel dibawa kelaboratorium biologi Universitas Papua, untuk di identifikasi menggunakan mikroskop sterio dan

buku identifikasi makrozoobentos berdasarkan Jutting & dan Bethem (1953), Edmodson (1963) dan Quegley (1977), serta parameter fisika-kimia diukur dilapangan.

Kepadatan makrozoobentos

Kepadatan makrozoobentos dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan Odum (1998), yaitu:

$$K = \sum \frac{Ni}{A} \quad (1)$$

Keterangan :
K = Kepadatan (ind/m^2)
Ni = Jumlah setiap jenis makrozoobenthos yang didapatkan (ind) A = luas plot (cm^2).

Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

Untuk menghitung keanekaragaman makrozoobentos menggunakan formula Shannon-Wiener (Brower *et al*., 1990)

$$H' = - \sum s \text{ Pi } 2\log \text{ Pi} \quad (2)$$

Keterangan
H' = Indeks keanekaragaman Shannon-wiener,
s = jumlah total spesies dalam komunitas, dan Pi adalah ni (proporsi jenis ke-i terhadap N jumlah total), ni adalah Jumlah individu ke-i, dan N adalah jumlah total individu.

Indeks Dominansi

Dominansi dikenal dengan indeks simpson dengan persamaan sebagai berikut (Brower *et al*., 1990):

$$C = \sum (Pi)2 \quad (3)$$

Dengan C adalah indeks dominansi, Pi adalah $(\frac{ni}{N})$, ni adalah Jumlah individu ke-i, dan N adalah jumlah total individu

Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman dihitung menggunakan rumus Evennes Indeks (Odum, 1993).

$$E = \frac{H'}{ln\, S} \quad (4)$$

Dengan E adalah indeks keseragaman jenis, H' adalah indeks keanekaragaman jenis, dan S adalah jumlah jenis organisme.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Makrozoobenthos

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bagian hilir Sungai Nuni ditemukan sebanyak 1.717 individu makrozoobenthos yang terdiri atas 3 kelas, 8 ordo, 8 family, 11 genus, dan 24 spesies dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Individu Makrozoobentos Diseluruh Lokasi Penelitian

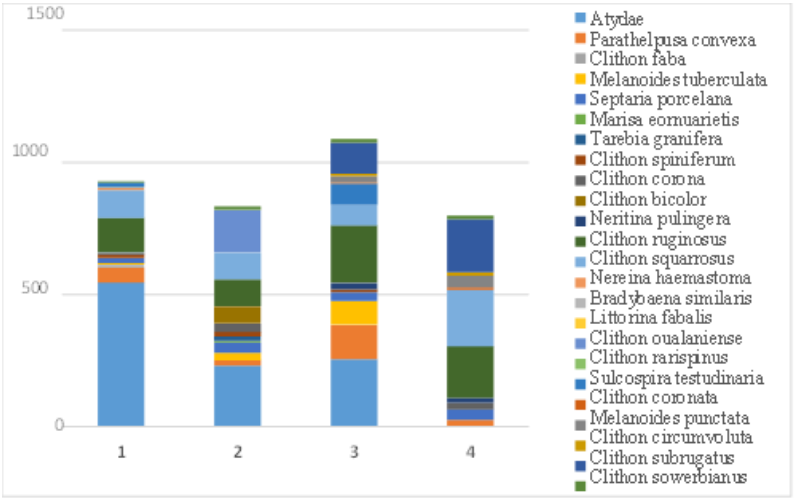
No	Class	Ordo	Family	Genus	Species	Lokasi			
						1	2	3	4
1	Crustacea	Decapoda	Palamonidae	Macrobrachium	*Macrobrachium* sp	5	20	420	194
2	Malacostraca	Decapoda	Gecarcinucidae	Parathelpusa	*Parathelpusa convesa*	14	14	43	40
3	Gastropoda	Caenogastropoda	Pachycilidae	Melanoides	Melanoides tuburculata	0	39	7	14
4					Melanoides punctata	0	49	0	0
5					Melanoides maculata	11	0	0	0
6		Sikloneritidae	Neritidae	Septaria	Septaria porcellana	9	7	21	13
7				Clithon	*Clithon faba*	0	0	0	7
8					*Clithon spiniferum*	0	16	6	2
9					*Clithon corona*	4	0	0	17
10					*Clithon bicolor*	10	0	0	35

11					*Clithon ruginosus*	56	98	60	43
12					*Clithon squarrosus*	103	93	0	4
13					*Clithon rarispinus*	0	0	1	0
14					*Clithon coronata*	2	0	0	0
15					*Clithon qualaniense*	0	8	79	0
16					*Clithon circumvolutum*	4	0	0	0
17					*Clithon subrugatus*	53	0	0	0
18					*Clithon sowerbianus*	3	0	8	4
19				Neretina	*Neretina pulingera*	0	0	1	11
20					*Neretina haemastoma*	46	0	6	0
21		Architaenioglossa	Ampullariidae	Marisa	*Marisa cornuarietis*	3	0	0	4
22		Neotaenioglossa	Thiaridae	Tarebia	*Tarebia granifera*	0	0	0	8
23		Eupulmonata	Bradybaenidae	Bradybaena	*Bradybaena similaris*	0	0	1	0
24		Littorinimorpha	Littorinidae	Littorina	*Littorina fabalis*	0	0	1	0
Jumlah	3	8	8	11	24	323	344	654	396
Total					1717				

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunitas makrozoobenthos di Sungai Nuni tidak hanya terdiri atas satu atau beberapa kelompok yang mampu bertahan pada kondisi lingkungan tertentu, tetapi tersusun atas berbagai taksa dengan karakteristik ekologis yang berbeda. Menurut Barus (2004), variasi kondisi habitat pada suatu sungai dapat menciptakan berbagai mikrohabitat yang memungkinkan keberadaan organisme dengan kebutuhan ekologis yang berbeda. Perbedaan substrat, kecepatan arus, kedalaman, bahan organik, dan tutupan vegetasi dapat memengaruhi distribusi organisme makrozoobenthos. Hal menunjukkan bahwa komunitas makrozoobenthos Sungai Nuni memiliki struktur taksonomi yang cukup kompleks. Kekayaan taksonomi tersebut penting karena setiap kelompok makrozoobenthos mempunyai tingkat toleransi yang berbeda terhadap perubahan lingkungan. Sebagian organisme relatif sensitif terhadap perubahan kualitas air, sedangkan kelompok lainnya lebih toleran terhadap peningkatan bahan organik, perubahan oksigen terlarut, maupun perubahan kondisi substrat (Rosenberg & Resh, 1993).

Kepadatan

Nilai Kepadatan makrozoobenthos pada setiap lokasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kepadatan Makrozoobentos pada Lokasi Setiap Penelitian

Kepadatan tertinggi pada lokasi 1,2 dan 3 ditemukan pada spesies Atydae, hal ini sesuai dengan subtrat sungai pada lokasi 1,2 dan tiga yaitu berbatu, berkerikil dan berpasir. Atyidae merupakan salah satu kelompok Crustacea yang banyak ditemukan pada ekosistem perairan tawar, khususnya sungai dan aliran air yang memiliki substrat berbatu, berkerikil, pasir, atau permukaan keras yang dapat digunakan sebagai tempat berlindung dan mencari makanan. Kelompok ini umumnya bersifat bentik dan memanfaatkan perifiton, detritus, alga, serta partikel organik sebagai sumber makanan. Beberapa anggota Atyidae juga mempunyai kemampuan beradaptasi terhadap kondisi arus yang relatif kuat dengan memanfaatkan substrat sebagai tempat melekat atau berlindung (Barus, 2004; Sinuraya *et al.,*2019). Kehidupan Atyidae untuk metabolisme, aktivitas, distribusi, dan kelangsungan

hidup organisme juga dipengaruhi oleh nilai DO pada lokasi 1,2 dan 3 sebesar 8,1 mg/l, 8,6 mg/l dan 9,7 mg/l, berdasarkan kondisi tersebut, secara ekologis ketiga lokasi menyediakan kondisi oksigen yang sangat mendukung bagi organisme akuatik seperti Atyidae. Kondisi oksigen lebih dari 7 mg/l merupakan kondisi yang mendukung kehidupan Crustacea air tawar, termasuk Atyidae. Sebagai organisme akuatik yang melakukan respirasi menggunakan insang, Atyidae membutuhkan oksigen terlarut yang cukup untuk mempertahankan proses metabolisme. Kondisi oksigen yang rendah dapat meningkatkan tekanan fisiologis dan pada kondisi ekstrem dapat membatasi distribusi organisme bentik (Barus, 2004; Sinuraya *et al.,*2019). Kepadatan tertinggi pada lokasi 3 ditemukan pada spesies *Clithon Squarrosus* hal ini dipengaruhi oleh suhu, pH, dan DO yang sesuai.

Keanekaragaman (H'), Dominansi (D) dan Keseragaman (E)

Hasil penelitian menunjukkan nilai keanekaragaman (H') berturut-turut sebesar 1,87; 3,07; 3,15; dan 2,67, nilai dominansi sebesar 0,17; 0,11; 0,30; dan 0,13 serta nilai keseragaman (E) sebesar 0,42; 0,70; 0,70; dan 0,60, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Indeks Keanekaragaman, Dominansi dan Keseragaman

Lokasi	H'	D	E
1	1,87	0,17	0,42
2	3,07	0,11	0,70
3	3,15	0,30	0,70
4	2,67	0,13	0,60

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') makrozoobenthos pada empat lokasi di bagian hilir Sungai Nuni berturut-turut sebesar 1,87**;** 3,07; 3,15; dan 2,67**.** Nilai tersebut menunjukkan adanya perbedaan tingkat keanekaragaman makrozoobenthos antar lokasi. Keanekaragaman tertinggi ditemukan pada Lokasi 3 (H'=3,15)**,** diikuti Lokasi 2 (H'=3,07), Lokasi 4 (H'=2,67), sedangkan nilai terendah ditemukan pada Lokasi 1 (H'=1,87)**.** Indeks Shannon-Wiener merupakan indeks yang menggabungkan informasi mengenai jumlah spesies dan proporsi individu masing-masing spesies dalam komunitas. Nilai H' yang semakin tinggi menunjukkan bahwa jumlah jenis dan pemerataan individu dalam komunitas cenderung semakin besar, sedangkan nilai yang rendah menunjukkan komunitas yang lebih sederhana atau terdapat beberapa jenis yang memiliki kelimpahan jauh lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya (Magurran, 2004; Suryo *et al.,*2017).

Nilai H'=1,87 pada Lokasi 1 menunjukkan bahwa keanekaragaman di lokasi tersebut lebih rendah dibandingkan ketiga lokasi lainnya. Rendahnya nilai keanekaragaman dapat berkaitan dengan kondisi lingkungan yang kurang mendukung keberadaan berbagai jenis makrozoobenthos atau adanya beberapa jenis yang memiliki jumlah individu lebih tinggi sehingga distribusi individu menjadi kurang merata. Kondisi tersebut diperkuat oleh nilai keseragaman pada Lokasi 1 yang juga paling rendah, yaitu E=0,42**.** Lokasi 2 memiliki nilai H'=3,07, sedangkan Lokasi 3 memiliki nilai H'=3,15. Kedua lokasi tersebut menunjukkan keanekaragaman yang relatif tinggi dibandingkan Lokasi 1 dan Lokasi 4. Tingginya keanekaragaman dapat menunjukkan bahwa habitat pada kedua lokasi menyediakan kondisi yang lebih sesuai bagi berbagai kelompok makrozoobenthos. Kondisi habitat seperti ketersediaan substrat, bahan organik sebagai sumber makanan, oksigen terlarut, pH, suhu, serta karakteristik aliran dapat berperan dalam menentukan jumlah dan distribusi organisme bentik (Barus, 2004; Suryo, 2017, Sinuraya *et al.,*2023). Lokasi 4 mempunyai nilai H'=2,67. Nilai ini lebih rendah dibandingkan Lokasi 2 dan Lokasi 3 tetapi lebih tinggi daripada Lokasi1. Hal tersebut menunjukkan bahwa komunitas makrozoobenthos di Lokasi 4 masih mempunyai keragaman yang cukup baik, tetapi struktur komunitasnya tidak sekompleks Lokasi 2 dan Lokasi 3. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh variasi kondisi lingkungan antar lokasi.

Nilai indeks dominansi pada Lokasi 1 - 4 berturut-turut sebesar 0,17; 0,11; 0,30; dan 0,13. Nilai terendah terdapat pada Lokasi 2 (C=0,11)**,** sedangkan nilai tertinggi terdapat pada Lokasi 3 (C=0,30)**.** Indeks dominansi Simpson menggambarkan kecenderungan suatu komunitas untuk didominasi oleh satu atau beberapa jenis. Nilai dominansi yang mendekati 0 menunjukkan bahwa tidak terdapat satu jenis yang sangat dominan, sedangkan nilai yang semakin mendekati 1 menunjukkan dominansi yang semakin kuat (Magurran, 2004; Barus, 2004; Suryo, 2017, Sinuraya *et*

*al.,*2019).

Berdasarkan nilai tersebut, dominansi pada keempat lokasi relatif rendah dan tidak menunjukkan dominansi yang sangat kuat. Nilai C=0,11 pada Lokasi 2 menunjukkan bahwa individu relatif tersebar di antara berbagai spesies. Kondisi ini sesuai dengan nilai keseragaman Lokasi 2 yang cukup tinggi, yaitu 0,70, dan nilai keanekaragaman yang tinggi, yaitu 3,07. Lokasi 3 mempunyai nilai dominansi paling tinggi, yaitu 0,30**,** tetapi pada saat yang sama memiliki nilai keanekaragaman paling tinggi, yaitu H'=3,15**.** Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman yang tinggi tidak selalu berarti tidak terdapat spesies yang memiliki kelimpahan relatif lebih besar. Dalam suatu komunitas dengan jumlah spesies yang banyak, beberapa spesies tetap dapat mempunyai jumlah individu lebih tinggi tanpa menyebabkan dominansi menjadi sangat kuat. Nilai dominansi Lokasi 1 sebesar 0,17 dan Lokasi 4 sebesar 0,13 menunjukkan bahwa dominansi pada kedua lokasi juga relatif rendah. Dengan demikian, tidak terdapat indikasi bahwa komunitas makrozoobenthos di Sungai Nuni secara keseluruhan dikendalikan oleh satu spesies yang sangat dominan.

Parameter Lingkungan Sungai Nuni

Hasil analisis parameter lingkungan di sungai Nuni Manokwari Papua Barat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rata – rata Parameter Fisika dan Kimia

Parameter		Lokasi			
		1	2	3	4
Parameter Fisika	Suhu	28,1 °C	27,1 °C	28,4 °C	29,1 °C
		28,1 °C	27,2 °C	28,3 °C	29,1 °C
		28,2 °C	27,1 °C	28,4 °C	29,2 °C
		28,2 °C	27,2 °C	28,3 °C	29,2 °C
	Rerata	28,1 °C	27,1°C	28,3°C	29,1°C
	Lebar sungai	29,0 m	18,5m	32 m	43m
		29,0 m	18,6 m	32 m	44m
		28,8 m	18,5 m	33 m	43m
		28,8 m	18,6 m	33m	44m
	Rarata	28,9 m	18,5 m	32m	43m
Parameter kimia	DO	8,1mg/L	8,6 mg/L	9.7 mg/L	9,4 mg/L
		8,0 mg/L	8,5mg/L	9,4 mg/L	9,6mg/L
		8,2mg/L	8.9mg/L	9.5 mg/L	9,5mg/L
		8,3mg/L	9.0mg/L	9.6 mg/L	9,8mg/L
	Rerata	8,15 mg/L	8,75 mg/L	9,55 mg/L	9,57 mg/L
	BOD	6,3mg/L	6,4 mg/L	6,6 mg/L	6,8 mg/L
		6,2mg/L	6,5 mg/L	6,6 mg/L	6,8 mg/L
		6,0mg/L	6,4 mg/L	6,7 mg/L	6,9 mg/L
		6,0mg/L	6,5 mg/L	6,7 mg/L	6,9 mg/L
	Rerata	6,0 mg/L	6,4 mg/L	6,6 mg/L	6,8mg/L
	pH	8	8,1	8,2	8,1
		8	8,1	8,2	8,1
		8	8,1	8,2	8,1
		8	8,1	8,2	8,1
	Rerata pH	8	8,1	8,2	8,1

Konsentrasi DO pada Lokasi 1–4 berturut-turut adalah 8,1; 8,6; 9,7; dan 9,4 mg/L**,** terlihat adanya kecenderungan peningkatan DO dari Lokasi 1 sampai Lokasi 3, kemudian sedikit menurun pada Lokasi 4. Hal ini sesuai dengan nilai keanekaragaman, yaitu H' meningkat dari 1,87 pada Lokasi 1 menjadi 3,15 pada Lokasi 3**.** DO merupakan salah satu parameter penting bagi organisme akuatik karena oksigen terlarut digunakan dalam proses respirasi. Kondisi oksigen yang memadai

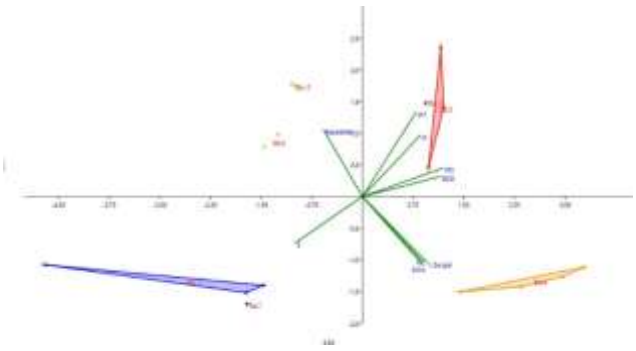
memungkinkan organisme bentik melakukan aktivitas metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi dengan lebih baik. Makrozoobenthos yang sensitif terhadap perubahan kualitas air umumnya membutuhkan kondisi oksigen yang relatif baik, sedangkan beberapa organisme yang toleran dapat bertahan pada kondisi oksigen yang lebih rendah (Sinuraya *et al.,*2019).

Pada Lokasi 1, nilai DO sebesar 8,1 mg/L disertai H' paling rendah **(**1,87**)** dan E paling rendah (0,42). Sebaliknya, Lokasi 3 memiliki DO tertinggi (9,7 mg/L), H' tertinggi **(**3,15) dan E tinggi (0,70). Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa kondisi oksigen yang lebih baik mendukung komunitas makrozoobenthos yang lebih beragam dan lebih merata. Namun demikian, hubungan tersebut tidak dapat diartikan bahwa DO merupakan satu-satunya faktor pengendali. Struktur komunitas makrozoobenthos merupakan hasil interaksi berbagai faktor, termasuk substrat, arus, bahan organik, suhu, pH, dan karakteristik habitat (Sinuraya *et al.,*2019; Sinuraya *et al.,*2023). Nilai pH pada Lokasi 1–4 adalah 8,0; 8,1; 8,2; dan 8,1. Variasi pH relatif kecil, yaitu hanya sekitar 8,0–8,2. Kondisi ini menunjukkan bahwa perairan Sungai Nuni pada lokasi penelitian mempunyai kondisi pH yang relatif stabil. Nilai H' meningkat dari 1,87 pada pH 8,0 menjadi 3,07 pada pH 8,1 dan mencapai 3,15 pada pH 8,2**.** Pada Lokasi 4, pH sedikit menurun menjadi 8,1 dan H' juga menurun menjadi 2,67. Dengan demikian, dalam dataset penelitian ini terdapat kecenderungan positif antara pH dan keanekaragaman sampai Lokasi 3. pH berpengaruh terhadap organisme akuatik karena memengaruhi berbagai proses fisiologis dan kimiawi di dalam perairan. Sebagian besar organisme air tawar memiliki kisaran toleransi pH tertentu, sehingga perubahan pH yang ekstrem dapat membatasi keberadaan jenis-jenis yang sensitif (Sunggu, 2024). Walaupun demikian, karena kisaran pH dalam penelitian hanya 8,0–8,2, perbedaan keanekaragaman antar lokasi kemungkinan tidak disebabkan oleh pH saja. Suhu air pada Lokasi 1–4 berturut-turut adalah 28,1; 27,1; 28,4; dan 29,1°C. Suhu terendah terdapat pada Lokasi 2, sedangkan suhu tertinggi terdapat pada Lokasi 4. Suhu merupakan faktor penting bagi organisme akuatik karena memengaruhi metabolisme, respirasi, pertumbuhan, aktivitas makan, dan reproduksi. Peningkatan suhu juga dapat memengaruhi kelarutan oksigen dalam air; semakin tinggi suhu, kemampuan air melarutkan oksigen cenderung menurun (Barus 2004; Suryo, 2017, Sinuraya *et al.,*2023; Sunggu, 2024).

Lebar sungai pada Lokasi 1–4 masing-masing sebesar 29,0; 18,5; 32,0; dan 43,0 m. Lokasi 4 merupakan lokasi dengan sungai paling lebar, sedangkan Lokasi 2 merupakan lokasi dengan lebar paling kecil. Lebar sungai dapat berhubungan dengan karakteristik habitat, luas permukaan perairan, penetrasi cahaya, kecepatan arus, distribusi substrat, dan ketersediaan mikrohabitat. Variasi kondisi fisik tersebut dapat memengaruhi distribusi dan komposisi organisme bentik (Barus 2004; Suryo, 2017, Sinuraya *et al.,*2023; Sunggu, 2024). Lokasi 2 dengan lebar sungai paling kecil (18,5 m) mempunyai H' sebesar 3,07 dan E sebesar 0,70, sedangkan Lokasi 4 dengan lebar terbesar (43,0 m) mempunyai H' sebesar 2,67 dan E sebesar 0,60. Hal ini menunjukkan bahwa lebar sungai tidak secara langsung menentukan tingginya keanekaragaman, karena pengaruhnya kemungkinan berlangsung melalui perubahan kondisi habitat lainnya, seperti substrat, arus, kedalaman, dan bahan organik (Barus, 2004; Sinuraya *et al*.,2019).

Hasil PCA berdasarkan Struktur Komunitas dan Parameter Lingkungan

Hasil analisis dari struktur komunitas makrozoobentos serta parameter lingkungan di sungai Nuni Manokwari Papua Barat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil PCA Berdasarkan Struktur Komunitas dengan Parameter Lingkungan

Berdasarkan hasil PCA yang didapatkan, pada lokasi 1 indeks keseragaman tinggi hal ini dipengaruhi oleh parameter suhu dan Lebar sungai yang sedang, dan DO, BOD serta pH yang rendah. Lokasi 2 dengan kepadatan tinggi yang dipengaruhi oleh suhu dan lebar sungai rendah sedangkan DO,BOD dan pH berpengaruh sangat rendah. Lokasi 3 nilai keanekaragaman tinggi dipengaruhi oleh DO, BOD dan pH yang tinggi, dan sementara suhu dan lebar sungai pengaruhnya sangat rendah. Pada lokasi 4 Dominansi tinggi dipengaruhi oleh suhu dan lebar sungai yang tinggi sedangkan pengaruh DO, BOD dan pH pengaruh yang sedang. Secara ekologis, hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur komunitas makrozoobenthos di hilir Sungai Nuni merupakan respons terhadap kombinasi DO,BOD, suhu, pH dan lebar sungai. Hal ini sesuai dengan konsep bahwa distribusi makrozoobentos ekosistem sungai ditentukan oleh interaksi berbagai faktor lingkungan dan karakteristik habitat, bukan oleh satu parameter saja (Barus, 2004; Rahayu, 2017; Sinuraya *et al.,*2019).

SIMPULAN

Struktur komunitas makrozoobenthos di bagian hilir Sungai Nuni terdiri atas 1.717 individu, 3 kelas, 8 ordo, 8 famili, 11 genus, dan 24 spesies. Kepadatan tertinggi ditemukan pada lokasi 4 (1.088,9 ind/m²), sedangkan keanekaragaman tertinggi terdapat pada lokasi 3 (H'=3,15). Nilai dominansi menunjukkan tidak adanya dominansi kuat oleh satu spesies, sementara keseragaman bervariasi antar lokasi. Hasil PCA menunjukkan bahwa struktur komunitas makrozoobenthos berkaitan dengan parameter suhu, lebar sungai, BOD, DO, dan pH, yang mencerminkan adanya variasi kondisi ekologis perairan di setiap lokasi pengamatan.

Perlu dilakukan pemantauan kualitas air dan struktur komunitas makrozoobenthos secara berkala untuk mengetahui perubahan kondisi ekologis Sungai Nuni. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas lokasi dan periode pengambilan sampel serta menggunakan indeks biotik makrozoobenthos untuk memperoleh gambaran tingkat pencemaran perairan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Burdon, F. J., McIntosh, A. R., & Harding, J. S. (2013). Habitat loss drives threshold response of benthic invertebrate communities to deposited sediment in agricultural streams. *Ecological applications : a publication of the Ecological Society of America*, *23*(5), 1036–1047. https://doi.org/10.1890/12-1190.1

Fitri, N., Hernawan, H., & Wahjuningsih, S.(2022). Indeks ekologi gastropoda sebagai bioindikator tingkat pencemaran air tawar Situ Bangendit. *Jurnal Life Science: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 4 (2),47-56.

Edmoson, W.T. 1963. Fresh Water Biology. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Legendre, P. & Legendre, L. 2012. *Numerical Ecology*. 3rd English Edition. Elsevier, Amsterdam.

Magurran, A.E. 2004**.** *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.

Mandaville, S.M. 2002. Bentic Macroinvertebrata in Freshwater- Taxa Tolerance Values, Metric & Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro. Halifax.

Odum, E.P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Quigley, M. 1977. Invertebrates of Streams and Rivers: A Key To Identification. Edward Arnold Publ. Ltd. London.

Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.

Rahayu, S., Setyawan, A., & Priyono, B. (2019). Analisis kualitas air Sungai Code berdasarkan makrozoobentos. Biosfera, 36(2), 101–110.

Shannon, C.E. & Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

Simpson, E.H. 1949**.** Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.

Sinuraya, S., J.J. Kawulur; Sunggu, S. (2025). Efektifitas makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Wariori, Manokwari. *Prosiding Semnas Unnes*.

Suryono, A., Riani, E., & Sulistiono. (2017). Struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Ciliwung sebagai bioindikator kualitas perairan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 94–103.

Sinuraya, S., Endang, A., Suharjono, C. Retnaningdyah. 2018. Evaluasi kualitas air di Sungai Prafi, Manokwari, Papua Barat menggunakan macrozoobenthos biotics index dan physicochemical of parameter air. *Jurnal Ekologi*. 20(108), 229-236.

Sinuraya, S, Endang, A, Suharjono, C. Retnaningdyah. 2019. Use of macrozoobenthicfor water quality monitoring in ecotourism area of Prafi River, Manokwari, West Papua. Journal of Indonesian Tourism and Development Studies

Sinuraya, S. 2019. Efektivitas Diversitas Diatom dan Makrozoobentos sebagai Bioindikator Perubahan Kualitas Air Sungai Prafi, Manokwari, Papua Barat. *Disertasi.* Universitas Brawijaya. Malang.

Sinuraya, 2023. Hubungan index keanekaragaman dengan parameter lingkungan di Sungai Maruni Manokwari, PaPua Barat. *Prosiding Semnas Biologi XI, FMIPA Universitas Negeri Semarang.*

Sunggu, S.2024. Makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Wariori Distrik Masni Kabupaten Manokwari.*Tesis*. Pasca Sarjana Universitas Papua, Manokwari.

van Benthem Jutting, W. S. S. (1956). Systematic studies on the non-marine mollusca of the Indo-Australian Archipelago. V. Critical revision of the Javanese freshwater gastropods. *Treubia*, 23(2), 259–477.