

Analisis Kelimpahan Makrozoobentos dan Bahan Organik Sedimen Sebagai Bioindikator Pencemaran Sungai Kreo dan Sungai Banjir Kanal Barat

Analysis of The Abundance of Macrozoobentos and Sedimentary Organic Matter as a Pollution Bioindicators of Kreo River And Banjir Kanal Barat River

Linda Fitri Setyowati¹, Siti Rudiyaniti¹, Arif Rahman¹

¹Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan

Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah-50275

Corresponding authors: lifitrisetyowati22@gmail.com

Diserahkan: 2 April 2024; Direvisi: 5 Mei 2024; Diterima: 9 Februari 2025.

ABSTRAK

Makrozoobentos merupakan organisme yang hidup di perairan dengan mobilitas rendah serta memiliki kepekaan tinggi terhadap perubahan kualitas perairan. Bahan organik merupakan sumber makanan bagi makrozoobentos. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kelimpahan makrozoobentos, kandungan bahan organik sedimen, tekstur sedimen, hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos serta tingkat pencemaran perairan Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat. Penelitian dilakukan dengan metode survei dan metode *purposive sampling*. Jenis makrozoobentos yang ditemukan terdiri dari 1 jenis Crustacea, 8 Jenis Gastropoda dan 2 jenis Bivalvia. Sungai Kreo memiliki kelimpahan makrozoobentos berkisar 64.888–77.925 ind/m³, indeks keanekaragaman berkisar 1,07–1,73, indeks keseragaman berkisar 0,77–0,96 dan indeks dominansi berkisar 0,21–0,35, kandungan bahan organik berkisar 30,62–43,50% dan tekstur sedimen didominasi pasir. Sungai Banjir Kanal Barat memiliki kelimpahan makrozoobentos berkisar 10.666–47.407 ind/m³, indeks keanekaragaman 0,64–1,68, indeks keseragaman 0,75–0,92, indeks dominansi 0,24–0,56, kandungan bahan organik berkisar 43,16–54,03% dan tekstur sedimen didominasi fraksi lumpur/liat. Hubungan kandungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos Sungai Kreo memiliki nilai $r=0,96$ termasuk kategori sangat kuat dan Sungai Banjir Kanal barat memiliki nilai $r=0,22$ termasuk kategori rendah. Tingkat pencemaran Sungai Kreo dalam kategori tercemar sedang dan Banjir Kanal Barat dalam kategori tercemar sedang hingga berat.

Kata Kunci: Bahan Organik Sedimen; Makrozoobentos; Pencemaran; Sungai Banjir Kanal Barat; Sungai Kreo.

ABSTRACT

Macrozoobentos live in waters with low mobility and high sensitivity to changes in water quality. Organic matter is food source for macrozoobentos. This study aims to determine the abundance of macrozoobentos, content of sedimentary organic matter, texture sediment, correlation of organic matter the abundance of macrozoobentos and water pollution level the Kreo and Banjir Kanal Barat River. This study was conducted by survey method with the purposive sampling method. Types of macrozoobentos found are 1 Crustacea, 8 Gastropod and 2 Bivalvia. Kreo River has abundance macrozoobentos ranged 64,888–77,925 ind/m³, diversity index ranged 1.07–1.73, uniformity index ranged 0.77–0.96 and dominant index ranged 0.21–0.35, organic matter content ranged from 30.62–43.50% and sediment texture is dominated by sand. Banjir Kanal Barat River has an abundance of macrozoobentos ranged 10,666–47,407 ind/m³, diversity index ranged 0.64–1.68, uniformity index ranged 0.75–0.92, dominant index ranged 0.24–0.56, organic matter content ranged 43.16–54.03% and sedimentary texture dominated by mud/clay. Correlation of organic matter to the abundance of macrozoobentos results show that Kreo River has a correlation value $r=0,96$ its very strong category and Banjir Kanal Barat River has a value $r=0,22$ its low category. The pollution level of Kreo River is in a moderately polluted category and Banjir Kanal Barat River is in moderate to heavily polluted category.

Keywords: Banjir Kanal Barat River; Kreo River; Macrozoobentos; Pollution; Sedimentary Organic Matter.

PENDAHULUAN

Sungai merupakan perairan berarus yang dikenal dengan istilah perairan *lotik*. Sungai terbentuk secara alamiah pada bagian permukaan bumi yang mengalir dari gunung hingga ke laut. Sungai merupakan suatu sistem yang kompleks tetapi tidak beraturan. Sungai terdiri dari tiga bagian yaitu Hulu, Tengah dan Hilir. Hulu dan Hilir memiliki perbedaan yang sangat besar. Menurut Supriyono dan Yanmesli (2016), bahwa sungai memiliki alur yang berkelok-kelok. Bagian Hilir mengalami proses erosi yang rendah dan pengendapan sedimen yang tinggi. Bagian Hulu sungai memiliki bentuk seperti huruf V.

Menurut Sari *et al.*, (2019), sungai bagian Hulu memiliki kecepatan arus yang tinggi, terjal dan curam, substrat berbatu serta dangkal.

Pencemaran yang terjadi pada suatu perairan sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang tinggal dan menetap di dalamnya. Organisme yang memiliki sifat toleran terhadap pencemaran dapat hidup dengan baik sedangkan organisme yang tidak mampu mentoleransi tidak dapat berkembangbiak dengan baik dan akan mati. Adanya perbedaan dan dominasi suatu organisme tertentu dapat memberikan gambaran terhadap keadaan suatu perairan. Dominasi yang tinggi pada satu jenis spesies menandakan terjadinya perubahan lingkungan. Menurut Marpaung *et al.*, (2014), bahwa limbah dan aktivitas manusia memiliki potensi dalam mempengaruhi keanekaragaman hayati biota. Beberapa jenis biota memiliki peran sebagai bioindikator perairan.

Makrozoobentos memiliki peranan penting dalam perairan. Makrozoobentos berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi material organik yang masuk ke dalam perairan terutama yang mengendap pada dasar perairan. Peran penting yang dimiliki makrozoobentos menjadikannya salah satu indikator biologi yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu perairan (Sedana *et al.*, 2018). Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos pada suatu perairan ditentukan oleh bahan organik dalam sedimen yang menjadi sumber makanan serta jenis sedimen. Bahan organik yang terkandung dalam sedimen berasal dari sisa tumbuhan, hewan dan manusia yang mengalami dekomposisi hingga akhirnya mengendap didalam sedimen. Sedangkan jenis sedimen terbentuk oleh proses alami perairan yang berupa adanya pengikisan dan pengendapan. Menurut Sari *et al.*, (2014), bahwa terbentuknya sedimen pada suatu lingkungan perairan dipengaruhi adanya suplai muatan sedimen yang berasal dari lingkungan sekitar. Muatan sedimen yang masuk berasal dari pengikisan daratan yang kemudian terbawa oleh aliran sungai.

Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat merupakan sungai yang cukup banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Kota Semarang dalam berbagai aktivitas sehari-hari. Aktivitas yang dilakukan berupa pengairan area persawahan, wisata air serta budidaya ikan. Selain itu adanya buangan limbah masyarakat yang langsung masuk ke dalam sungai sangat mempengaruhi kualitas air sungai. Pengelolaan limbah yang masuk ke perairan merupakan suatu hal yang bermanfaat untuk menjaga kualitas air sungai.

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui kelimpahan makrozoobentos, kandungan bahan organik sedimen dan tekstur sedimen, mengetahui hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos serta tingkat pencemaran Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat berdasarkan indeks keanekaragaman makrozoobentos.

MATERI DAN METODE

Materi

Alat yang digunakan untuk sampling lapangan pada penelitian ini yaitu *Ekman grab* volumr 3,5 liter, botol plastik kapsul, plastik klip, DO meter tipe *Pen Portable JPB-70A*, *Flow meter*, pH meter digital Krisbow, termometer air raksa, pH tanah tipe ETP 303, termometer tanah tipe AMT-300 dan *Secchi disk*. Alat yang digunakan untuk penelitian laboratorium yaitu oven, tumbukan porselen, *sieve shaker*, aluminium foil, gelas beker, gelas ukur 1000 ml dan alat pengabuan.

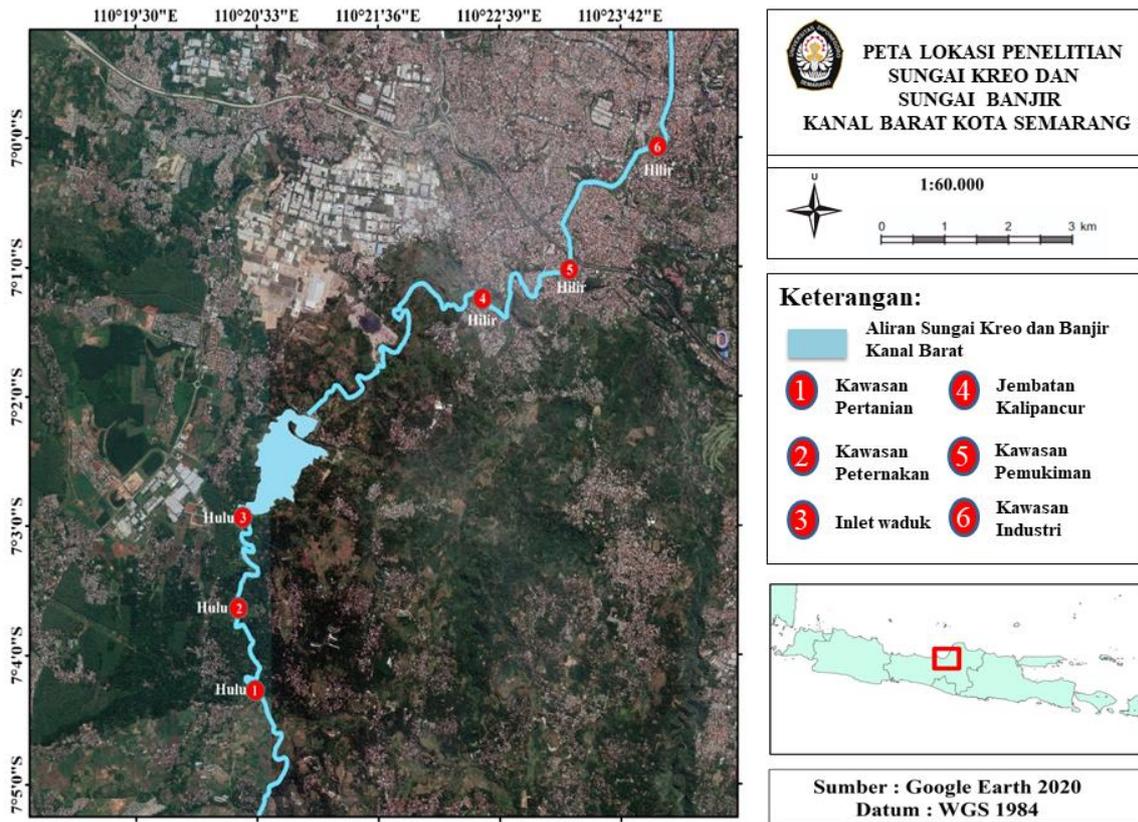
Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel air, sedimen dan sampel makrozoobentos di Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat yang diambil pada tiga stasiun pengambilan sampel. Bahan tambahan yang digunakan yaitu formalin 4%, larutan rose bengal, larutan Natrium polifosfat ($\text{NaPO}_3)_6$ dan *aquades*.

Metode

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode survei yang dianalisis secara kuantitatif. Menurut Tika (1997), bahwa metode survei merupakan metode penelitian yang memiliki tujuan untuk mengumpulkan sejumlah besar data yang berupa variabel, unit atau individu dalam waktu yang bersamaan, data yang dikumpulkan melalui individu atau sampel fisik tertentu digunakan untuk mendapatkan gambaran umum terhadap apa yang sedang diteliti. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Menurut Nangin *et al.*, (2015), metode *purposive sampling* merupakan metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan sampel yang nyata dan dapat dianggap mewakili populasi. Metode ini dilakukan dengan pencuplikan yang disengaja. Metode ini dapat digunakan untuk melakukan pengambilan sampel pada makrozoobentos. Titik koordinat lokasi pengambilan sampel tersaji pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

| Stasiun | Pusat koordinat | | Keterangan |
|---------|-----------------|-------------|---------------------|
| | Lintang selatan | Bujur timur | |
| Hulu 1 | 07°04'16" | 110°22'31" | Kawasan pertanian |
| Hulu 2 | 07°03'47" | 110°20'26" | Kawasan peternakan |
| Hulu 3 | 07°03'01" | 110°20'28" | Inlet waduk |
| Hilir 1 | 07°01'14" | 110°22'30" | Jembatan Kalipancur |
| Hilir 2 | 07°01'01" | 110°23'15" | Kawasan pemukiman |
| Hilir 3 | 07°00'04" | 110°24'01" | Kawasan industri |



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat

Analisis Bahan Organik

Analisis bahan organik dilakukan dengan metode *gravimetri*. Metode *gravimetri* merupakan metode uji yang dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi. Bahan organik pada saat dipanaskan dengan suhu 550°C selama 6 jam mengalami *volatile* (menguap) (Simanjuntak *et al.*, 2018).

Analisis Tekstur Sedimen

Analisis tekstur sedimen dilakukan dengan menetapkan ukuran partikel atau butir sedimen yang dapat berupa pasir halus, pasir sangat halus, debu/*silt*, tanah liat/*clay*. Metode analisis sedimen menggunakan sampel sedimen basah yang merupakan modifikasi oleh Afiati (1994) terhadap metode pipet yang menggunakan sedimen kering.

Metode Pengolahan Data

Identifikasi Makrozoobentos

Identifikasi sampel makrozoobentos dilakukan dengan bantuan buku identifikasi makrozoobentos yang diterbitkan oleh FAO (2002). Identifikasi dilakukan dengan memperhatikan bentuk, warna dan ciri khas yang terdapat pada biota makrozoobentos.

Kelimpahan Makrozoobentos

Kelimpahan makrozoobentos dihitung berdasarkan rumus Shannon-Wiener (Odum,1993):

$$K = \frac{a}{b} \times 1.000.000$$

Keterangan :

K = Kelimpahan jenis (Ind/m³)

b = Volume *Ekman grab* (3.375 cm³)

a = Jumlah makrozoobentos yang tersaring (ind)

(nilai 1.000.000 merupakan konversi dari cm³ ke m³)

Analisis Data

Indeks Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman dihitung berdasarkan rumus Shannon-Wiener (Odum,1993):

$$H' = - \sum_{i=1}^s Pi \ln Pi$$

keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman

ni = Jumlah spesies i

Pi = Peluang spesies i dari total individu (ni/N)

N = Jumlah total individu

Kriteria nilai indeks keanekaragaman (H') Shannon-Wiener menurut Wilhm (1975) sebagai berikut: H' < 1: keanekaragaman rendah, 1 < H' < 3 keanekaragaman jenis sedang dan H' > 3 keanekaragaman jenis tinggi.

Indeks Keseragaman (e)

Indeks keseragaman dihitung berdasarkan rumus Shannon-Wiener (Odum, 1993):

$$e = \frac{H'}{H_{max}}$$

Keterangan :

e = Indeks keseragaman

H' = Indeks Keanekaragaman

H max = Ln s, s merupakan banyaknya spesies

Kriteria nilai indeks keseragaman Shannon-Wiener menurut Krebs (1985) sebagai berikut: 0 < e ≤ 0,5 keseragaman rendah komunitas tertekan, 0,5 < e ≤ 0,75 keseragaman rendah komunitas labil dan 0,75 < e ≤ 1 keseragaman tinggi komunitas stabil.

Indeks Dominansi (C)

Indeks dominansi dihitung berdasarkan rumus Shannon-Wiener (Odum, 1993):

$$C = \sum \left(\frac{N_i}{N}\right)^2$$

Keterangan:

C = indeks dominansi

Ni = jumlah individu spesies ke-i

N = jumlah total individu

Kriteria nilai indeks dominansi Shannon-Wiener menurut Odum (1993) sebagai berikut: 0 < C < 0,5 hampir tidak ada individu yang mendominasi dan 0,5 > C > 1 Terdapat dominansi pada satu spesies tertentu.

Analisis Hubungan Bahan Organik dan Kelimpahan Makrozoobentos

Analisis hubungan bahan organik dengan makrozoobentos dilakukan dengan analisis regresi linier sederhana. Analisis hubungan dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 16. Hubungan keeratan antara kandungan bahan organik dan makrozoobentos dalam perairan dilakukan dengan pengujian menggunakan uji korelasi. nilai r menunjukkan tingkat keeratan sedangkan koefisien determinasi (R² atau *R square*) menunjukkan pengaruh yang diberikan oleh variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y). Kriteria keeratan hubungan berdasarkan nilai korelasi r tersaji pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kriteria Keeratan Hubungan (Sugiono dan Eri, 2004)

| Nilai Koefisien Korelasi | Interpretasi Koefisien Korelasi |
|--------------------------|---------------------------------|
| 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 |
| 0,80-1,000 | Korelasi Sangat Kuat |

Analisis Tingkat Pencemaran

Analisis tingkat pencemaran dilakukan dengan melihat kisaran nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos yang dihubungkan dengan tingkat pencemaran perairan berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Kriteria tingkat pencemaran kualitas air Shannon-Wiener menurut Wilhm (1975) tersaji pada tabel 3. berikut:

Tabel 3. Kriteria Tingkat Pencemaran Kualitas Air Shannon-Wiener (Wilhm, 1975)

| Indeks Keanekaragaman | Tingkat Pencemaran |
|-----------------------|------------------------|
| 3,0 < H' < 4,5 | Tercemar sangat ringan |
| 2,0 < H' < 3,0 | Tercemar ringan |
| 1,0 < H' < 2,0 | Tercemar sedang |
| 0,0 < H' < 1,0 | Tercemar berat |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kualitas Air dan Sedimen Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

Hasil pengukuran rata-rata parameter kualitas air dan sedimen Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat tersaji pada Tabel 4. Berdasarkan di dapatkan nilai suhu air berkisar antara 29,13-30,77 °C. Suhu sedimen berkisar antara 27,60-31,32 °C. pH air berkisar antara 7,27-7,62. pH sedimen berkisar antara 6,13-6,96. Kecepatan arus di bagian hulu (Sungai Kreo) lebih besar dibandingkan bagian hilir (Sungai Banjir Kanal Barat). Sungai Kreo memiliki perairan yang lebih dalam dibandingkan Sungai Banjir Kanal Barat. Kecerahan perairan pada 5 stasiun sampai pada dasar perairan (100%), kecuali pada stasiun hilir 3 sebesar 57,35%. Oksigen Terlarut di bagian hilir lebih tinggi dibandingkan di bagian hulu.

Tabel 4. Parameter Pendukung Air dan Sedimen Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

| Parameter | Stasiun | | | | | |
|-------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | Hulu 1 | Hulu 2 | Hulu 3 | Hilir 1 | Hilir 2 | Hilir 3 |
| Suhu Air (°C) | 29,13 | 30,77 | 30,08 | 29,33 | 29,55 | 29,33 |
| pH Air | 7,27 | 7,51 | 7,36 | 7,27 | 7,62 | 7,47 |
| Kecepatan Arus (m/s) | 0,48 | 0,62 | 0,56 | 0,56 | 0,27 | 0,12 |
| Kedalaman (cm) | 51,00 | 64,67 | 63,00 | 29,83 | 32,50 | 68,00 |
| Kecerahan (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 39,00 |
| Oksigen Terlarut (mg/l) | 9,40 | 8,88 | 9,32 | 9,75 | 9,72 | 9,43 |
| Suhu Sedimen (°C) | 31,32 | 29,93 | 30,52 | 28,13 | 27,60 | 28,78 |
| pH Sedimen | 6,80 | 6,58 | 6,13 | 6,73 | 6,62 | 6,96 |

Kelimpahan Makrozoobentos, Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (e) dan Indeks Dominansi (C)

Kelimpahan makrozoobentos, Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (e) dan Indeks Dominansi (C) di Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir) tersaji pada tabel 5. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa makrozoobentos yang paling banyak ditemukan pada penelitian ini yaitu jenis *Terebia* sp. dan *Anentome* sp.. Jenis tersebut ditemukan pada semua stasiun pengambilan sampel. Sedangkan makrozoobentos yang paling sedikit ditemukan yaitu jenis *Parathelphusa* sp. yang hanya ditemukan di Sungai Banjir Kanal Barat serta *Corbicula* sp. dan *Anodonta* sp. hanya ditemukan pada Sungai Kreo. Indeks Keanekaragaman tertinggi pada stasiun Hulu 3 sebesar 1,73 dan terendah pada stasiun Hilir 3 sebesar 0,64. Indeks keseragaman tertinggi pada stasiun Hulu 3 sebesar 0,96 dan terendah pada stasiun Hilir 2 sebesar 0,75. Indeks dominansi berkisar antara 0,21-0,56.

Tabel 5. Kelimpahan makrozoobentos, Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (e) dan Indeks Dominansi (C) di Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

| No. | Jenis Makrozoobentos | Hulu 1 | Hulu 2 | Hulu 3 | Hilir 1 | Hilir 2 | Hilir 3 |
|---|--------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Crustacea | | | | | | | |
| 1 | <i>Parathelphusa</i> sp. | - | - | - | 6 | - | - |
| Gastropoda | | | | | | | |
| 2 | <i>Anentome</i> sp. | 44 | 58 | 27 | 40 | 50 | 12 |
| 3 | <i>Terebia</i> sp. | 54 | 93 | 113 | 60 | 76 | 24 |
| 4 | <i>Melanoides</i> sp. | 70 | - | - | 22 | - | - |
| 5 | <i>Nassarius</i> sp. | 14 | 20 | 35 | 5 | 2 | - |
| 6 | <i>Pomacea</i> sp. | 20 | - | 34 | 3 | - | - |
| 7 | <i>Oncomelania</i> sp. | 7 | 13 | 14 | 10 | 18 | - |
| 8 | <i>Buccinum</i> sp. | - | 59 | - | 14 | 12 | - |
| 9 | <i>Filopaludina</i> sp. | 9 | - | 33 | - | - | - |
| Bivalvia | | | | | | | |
| 10 | <i>Anodonta</i> sp. | - | - | 7 | - | - | - |
| 11 | <i>Corbicula</i> sp. | 1 | - | - | - | - | - |
| Jumlah (ind) | | 219 | 243 | 263 | 160 | 158 | 36 |
| Kelimpahan Individu (ind/m ³) | | 64.888 | 72.000 | 77.925 | 47.407 | 46.814 | 10.666 |
| Indeks Keanekaragaman (H') | | 1,67 | 1,07 | 1,73 | 1,68 | 1,21 | 0,64 |
| Indeks Keseragaman (e) | | 0,80 | 0,77 | 0,96 | 0,81 | 0,75 | 0,92 |
| Indeks Dominansi (C) | | 0,22 | 0,21 | 0,35 | 0,24 | 0,35 | 0,56 |

Bahan Organik

Hasil perhitungan kandungan bahan organik sedimen di Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat tersaji pada Tabel 6. Berdasarkan tabel 5. diketahui kandungan bahan organik tertinggi yaitu pada stasiun Hilir 2 sebesar 54,03% dan terendah pada stasiun Hulu 1 sebesar 30,62%.

Tabel 6. Bahan Organik di Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

| No. | Stasiun | Bahan Organik (%) |
|-----|---------|-------------------|
| 1 | Hulu 1 | 30,62 |
| 2 | Hulu 2 | 41,12 |
| 3 | Hulu 3 | 43,50 |
| 4 | Hilir 1 | 43,16 |
| 5 | Hilir 2 | 54,03 |
| 6 | Hilir 3 | 50,62 |

Tekstur Sedimen

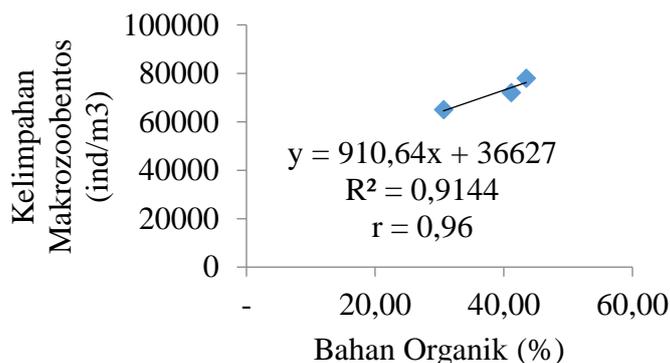
Hasil rata-rata pengukuran tekstur sedimen di Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat tersaji dalam Tabel 7. Berdasarkan tabel 6. diketahui nilai rata-rata perhitungan tekstur sedimen pada Sungai Kreo didominasi oleh fraksi *dry fine* (pasir), sedangkan Sungai Banjir Kanal Barat didominasi oleh fraksi *clay* (lumpur/liat).

Tabel 7. Tekstur Sedimen di Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

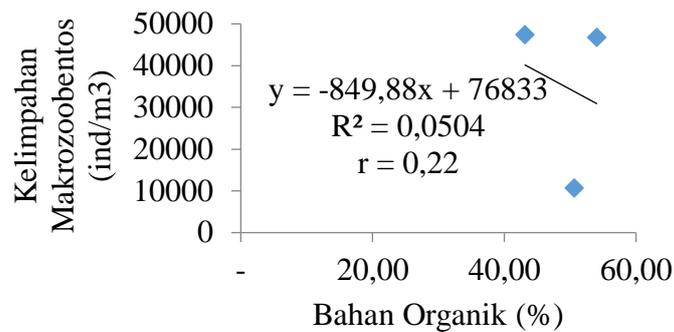
| No | Stasiun | Fraksi (gram) | | |
|----|---------|---------------|--------------------|------------------|
| | | Silt (debu) | Clay (lumpur/liat) | Dry Fine (pasir) |
| 1 | Hulu 1 | 3,40 | 3,60 | 4,19 |
| 2 | Hulu 2 | 3,25 | 2,80 | 4,07 |
| 3 | Hulu 3 | 4,55 | 3,20 | 6,02 |
| 4 | Hilir 1 | 5,00 | 7,15 | 5,57 |
| 5 | Hilir 2 | 4,30 | 5,30 | 3,85 |
| 6 | Hilir 3 | 4,05 | 6,00 | 4,20 |

Hubungan Bahan Organik dengan Kelimpahan Makrozoobentos pada Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

Hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Kreo (Hulu) tersaji pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2. diketahui bahwa nilai determinasi R^2 sebesar 0,9144, nilai korelasi r sebesar 0,96 dengan persamaan $y = 910,64x + 36627$. Hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Banjir Kanal Barat (Hilir) tersaji pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3. diketahui nilai determinasi R^2 sebesar 0,05, nilai korelasi r sebesar 0,22 dengan persamaan $y = -849,88x + 76833$.



Gambar 2. Hubungan Bahan Organik dengan Kelimpahan Makrozoobentos pada Sungai Kreo



Gambar 3. Hubungan Bahan Organik dengan Kelimpahan Makrozoobentos pada Sungai Banjir Kanal Barat

Tingkat Pencemaran

Pencemaran perairan pada 5 stasiun pengambilan sampel tergolong dalam tingkat tercemar sedang sedangkan pada stasiun Hilir 3 tergolong dalam tingkat tercemar berat. Hasil rata-rata tingkat pencemaran berdasarkan nilai indeks keanekaragaman (H') di Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat tersaji dalam Tabel. 8.

Tabel 8. Tingkat Pencemaran Perairan di Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

| No. | Stasiun | Indeks keanekaragaman (H') | Tingkat Pencemaran |
|-----|---------|--------------------------------|--------------------|
| 1 | Hulu 1 | 1,67 | Tercemar Sedang |
| 2 | Hulu 2 | 1,11 | Tercemar Sedang |
| 3 | Hulu 3 | 1,75 | Tercemar Sedang |
| 4 | Hilir 1 | 1,68 | Tercemar Sedang |
| 5 | Hilir 2 | 1,22 | Tercemar Sedang |
| 6 | Hilir 3 | 0,48 | Tercemar Berat |

Pembahasan

Kelimpahan Makrozoobentos di Sungai Kreo (Hulu) dan Banjir Kanal Barat (Hilir)

Jenis makrozoobentos yang ditemukan pada Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat terdiri dari Kelas Bivalvia (2 jenis), Gastropoda (8 jenis) dan Crustacea (1 jenis). Kelas Bivalvia terdiri dari *Anodonta* sp. dan *Corbicula* sp.. Kelas Gastropoda terdiri dari *Anentome* sp., *Terebia* sp., *Melanoides* sp., *Nassarius* sp., *Pomacea* sp., *Oncomelania* sp., *Buccinum* sp. dan *Filopaludina* sp.. Kelas Crustacea hanya ditemukan jenis *Parathelphusa* sp. Berdasarkan penelitian Mulia *et al.*, (2015), jenis biota yang dapat ditemukan pada perairan Sungai Kreo yaitu *Anentome* sp., *Brotia* sp. dan *Pseudocleon* sp., sedangkan Sungai Banjir Kanal Barat memiliki biota makrozoobentos jenis *Urosalpinx* sp., *Melanoides* sp., *Terebia* sp., *Terebra* sp., *Afropomus* sp., *Corbicula* sp., *Mytilus* sp. dan *Anadara* sp. (Ariawan *et al.*, 2020).

Gastropoda memiliki sifat hidup yang menetap pada dasar perairan, sehingga struktur komunitas dan kelimpahannya dipengaruhi oleh kualitas lingkungan perairan. Perbedaan jenis makrozoobentos dapat disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya yaitu kecepatan arus, kedalaman, kecerahan, kandungan bahan organik dan tekstur sedimen. Menurut Mardatila *et al.*, (2016), bahwa penyebaran dan kelimpahan makrozoobentos ditentukan oleh faktor abiotik dan biotik serta toleransi terhadap faktor lingkungan tersebut. Menurut Fisesa *et al.*, (2014), bahwa perbedaan jenis dan jumlah makrozoobentos yang ditemukan dapat disebabkan oleh adanya perbedaan masukan bahan organik, jenis substrat dan kondisi lingkungan.

Makrozoobentos yang banyak ditemukan yaitu jenis *Anentome* sp. dan *Terebia* sp., kedua jenis tersebut ditemukan pada semua stasiun penelitian. Habitat hidup *Anentome* sp. berada pada perairan sungai atau danau yang memiliki sumber makanan berupa lumut atau tanaman air lain yang melimpah. *Anentome* sp. memiliki kebiasaan memakan detritus dan berasosiasi dengan tumbuhan air yang berada disekitarnya sebagai tempat hidup dan sumber makanan (Isnainingsih dan Listiawan, 2010). Jenis *Terebia* sp. dapat ditemukan pada perairan air tawar baik danau maupun sungai. Habitat hidupnya pada perairan bersubstrat dasar lumpur serta menempel pada bebatuan. Menurut Wiedarti *et al.*, (2014), bahwa *Terebia* sp. memiliki sebaran yang luas serta tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. *Terebia* sp. biasa hidup pada aliran sungai dan danau. *Terebia* sp. dapat ditemukan menempel pada bebatuan, substrat halus serta sebagai perfiton pada vegetasi.

Kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Kreo berkisar 64.889-79.259 ind/m³. Perbedaan kelimpahan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, hal ini sesuai dengan pernyataan Minggawati (2013), bahwa kelimpahan makrozoobentos dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Faktor tersebut meliputi jenis substrat, ketersediaan sumber makanan dan karakteristik perairan meliputi: kecepatan arus, kedalaman, kecerahan, pH, oksigen terlarut dan suhu perairan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapat komposisi fraksi sedimen sebagai penentu jenis makrozoobentos.

Indeks keseragaman Sungai Kreo berkisar 0,77-0,96. Indeks keseragaman berkisar antara 0-1. Indeks keseragaman yang mendekati 1 menunjukkan keseragaman spesies yang tinggi dan tidak terjadi dominasi sehingga menciptakan

komunitas yang stabil. Tingginya nilai indeks keseragaman menandakan tidak terdapat jenis makrozoobentos tertentu yang melimpah dibandingkan yang lainnya. Menurut Rosdatina *et al.*, (2019), bahwa indeks keseragaman dan indeks dominansi memiliki hubungan berbanding terbalik. Indeks keseragaman yang tinggi akan memiliki indeks dominansi yang rendah.

Indeks dominansi Sungai Kreo berkisar 0,21-0,35. Nilai indeks dominansi tersebut termasuk dalam tingkat dominansi yang rendah. Rendahnya nilai indeks dominansi menandakan suatu komunitas dalam keadaan baik atau tidak tertekan sehingga berbagai jenis makrozoobentos dapat hidup dengan baik. Menurut Ridwan *et al.*, (2016), bahwa dominansi merupakan kekayaan jenis yang dapat ditemukan dalam komunitas dan menandakan keseimbangan jumlah individu pada setiap jenisnya. Nilai dominansi yang mendekati 0 menandakan tidak terdapat jenis makrozoobentos tertentu yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan yang lainnya. Dominansi yang terjadi dalam suatu komunitas menandakan bahwa tidak semua jenis makrozoobentos dapat bertahan hidup dan beradaptasi dalam suatu tempat yang sama.

Kelimpahan makrozoobentos pada Banjir Kanal Barat berkisar antara 106.667-474.074 ind/m³. Rendahnya nilai kelimpahan dipengaruhi oleh aktivitas disekitar sungai yang berupa kawasan industri, kedalaman perairan yang tinggi, kecerahan yang rendah, jenis sedimen berlumpur dan bahan organik menyebabkan makrozoobentos tidak dapat hidup dengan baik. Menurut Ulfah *et al.*, (2012), bahwa kelimpahan makrozoobentos mendapat pengaruh dari kedalaman dan kecerahan perairan. Perairan dengan substrat lumpur merupakan penyusun utama sedimen yang memberikan pengaruh terhadap kandungan bahan organik. Kandungan oksigen yang terdapat pada substrat berlumpur biasanya rendah, sehingga organisme yang hidup didalamnya perlu beradaptasi dengan keadaan tersebut.

Indeks keseragaman Sungai Banjir Kanal Barat berkisar 0,75-0,92. Indeks keseragaman menggambarkan jenis makrozoobentos yang dapat hidup dalam suatu komunitas. Jenis makrozoobentos yang ditemukan sebanyak 8 jenis dan 3 diantaranya dapat ditemukan pada semua stasiun pengambilan sampel. Keseragaman makrozoobentos bersifat sedang hingga tinggi dengan keadaan komunitas labil hingga stabil. Nilai indeks keseragaman yang mendekati 1 menunjukkan bahwa banyak makrozoobentos yang dapat hidup dan bertahan dalam ekosistem Sungai Banjir Kanal Barat. Menurut Odum dalam Rachman *et al.*, (2016), bahwa keseragaman (e) yang mendekati 1 menandakan bahwa sebaran jumlah individu pada tiap jenis bersifat merata

Indeks dominansi Sungai Banjir Kanal Barat berkisar 0,24-0,56. Indeks dominansi menunjukkan ada atau tidaknya dominansi dari satu jenis makrozoobentos. Menurut Rosdatina *et al.*, (2019), bahwa nilai dominansi yang mendekati 0 menandakan tingkat dominansi yang rendah dan tidak terdapat jenis tertentu yang mendominasi walaupun terdapat jenis tertentu yang memiliki individu lebih banyak.

Suhu air Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat berkisar 29,13-30,27 °C dan suhu sedimen berkisar 27,60-31,32 °C. Suhu air dan suhu pada sedimen memiliki perbedaan yang nyata. Menurut Lusianingsih (2011) dalam Ridwan *et al.*, (2016), bahwa kehidupan optimum makrozoobentos berada pada kisaran suhu 20-30 °C. Kisaran suhu tersebut membantu makrozoobentos dapat hidup dengan layak dalam ekosistem tempat hidupnya.

pH air Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat berkisar 7,27-7,62 dan pH sedimen berkisar 6,13-6,9. Nilai pH perairan merupakan kisaran yang mampu mendukung kehidupan makrozoobentos. Menurut Effendi (2003) dalam Ridwan *et al.*, (2016), bahwa biota akuatik menyukai perairan dengan pH berkisar 7-8,5 serta sensitif terhadap perubahan pH. Menurut Moelyo *et al.*, (2012), bahwa pH sedimen normal pada kisaran nilai 6-8,5.

Kedalaman perairan Sungai Kreo berkisar antara 51-63 cm dengan kecerahan mencapai 100%. Sungai Banjir Kanal Barat memiliki kedalaman perairan yang berkisar antara 29,83-68 cm dan kecerahan 57-100%. Sungai Kreo memiliki perairan dengan kedalaman yang rendah serta kecerahan yang mencapai 100%. Sungai Banjir Kanal Barat memiliki perairan yang cukup dalam dengan tingkat kecerahan yang tidak mencapai dasar perairan. Menurut Odum (1996) dalam Ridwan *et al.*, (2016), bahwa jumlah jenis makrozoobentos dipengaruhi oleh kedalaman perairan. Jumlah makrozoobentos akan semakin sedikit seiring dengan bertambahnya kedalaman perairan dan hanya makrozoobentos tertentu yang dapat beradaptasi dengan kondisi tersebut. Menurut Sinambela *et al.*, (2015) dalam Gurning *et al.*, (2019), bahwa kecerahan perairan yang dipengaruhi oleh partikel-partikel dan sedimen yang terbawa oleh arus sungai dari pengikisan daratan dan musim penghujan.

Kecepatan arus perairan Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat berkisar 0,12-0,62 m/s dan oksigen terlarut berkisar antara 8,83-9,75 mg/l. Perbedaan kecepatan arus dipengaruhi oleh ketinggian dan kemiringan sungai. Perairan Hilir dengan arus yang rendah memiliki dominasi substrat jenis lumpur sedang pada perairan Hulu dengan kecepatan arus yang tinggi memiliki dominasi substrat jenis pasir. Hal ini sesuai dengan pendapat Ridwan *et al.*, (2016), bahwa kecepatan arus mempengaruhi jenis substrat yang menjadi habitat hidup makrozoobentos. Oksigen terlarut dalam perairan berada dalam keadaan yang baik. Menurut Tahir (2002) dalam Kinasih *et al.*, (2015), bahwa makrozoobentos membutuhkan oksigen terlarut dalam kisaran 1 mg/l - 3 mg/l. Kandungan oksigen terlarut yang semakin besar akan semakin baik untuk kehidupan makrozoobentos. Oksigen terlarut dipengaruhi oleh pergerakan arus, intensitas cahaya matahari, fitoplankton dan tumbuhan air dalam perairan

Hubungan Bahan Organik dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Kreo memiliki persamaan linier $y = 910,64x + 36627$. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9144 yang berarti bahwa 91,44% bahan organik mempengaruhi kelimpahan makrozoobentos sedangkan 8,56% kelimpahan makrozoobentos dipengaruhi oleh faktor lainnya. Nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,96 dengan sifat positif. Nilai tersebut menunjukkan korelasi antara kandungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos bersifat sangat kuat dengan pengaruh positif. Penelitian yang dilakukan oleh Simanjuntak *et al.*, (2018), pada perairan Muara Sungai Jajar Demak, hubungan bahan organik dan kelimpahan makrozoobentos memiliki nilai korelasi (r) 0,557 yang termasuk dalam kategori cukup kuat. Menurut Gurning *et al.*, (2019),

pengaruh positif kandungan bahan organik terhadap kelimpahan makrozoobentos menandakan bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik maka kelimpahan makrozoobentos juga semakin tinggi.

Hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos Sungai Banjir Kanal Barat memiliki persamaan linier $y = -849,88x + 76833$ dengan ilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0504 yang berarti bahwa bahan organik hanya memberikan pengaruh terhadap kelimpahan makrozoobentos sebesar 5,04% sedangkan 94,86% dipengaruhi faktor lainnya seperti masukan limbah, tekstur sedimen, kecepatan arus, oksigen terlarut, kecerahan, kedalaman suhu perairan dan sedimen serta pH perairan dan pH sedimen. Nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,22. Nilai tersebut menunjukkan hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos sifat lemah. Menurut Sugiyono dan Eri (2004), bahwa kisaran nilai korelasi r antara 0,20-0,399 memiliki korelasi yang rendah.

Hubungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat memiliki perbedaan. Berdasarkan data kandungan bahan organik dan kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Banjir Kanal Barat diketahui bahwa pada stasiun Hilir 3 dengan kandungan bahan organik sebesar 50,62% hanya memiliki kelimpahan individu sebesar 10.666 ind/m³. Stasiun Hilir 3 menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tinggi tidak selalu memiliki kelimpahan makrozoobentos yang tinggi, hal ini dikarenakan terdapat faktor lain yang mempengaruhi kelimpahan makrozoobentos. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kelimpahan makrozoobentos diantaranya kecerahan perairan, kedalaman perairan dan faktor lingkungan sekitar. Stasiun Hilir 3 terdapat pada area sekitar industri, hal ini dapat mempengaruhi kualitas air sungai dan berpengaruh terhadap kehidupan biota makrozoobentos. Menurut Astrini (2014), bahwa tingginya bahan organik sedimen dengan kondisi perairan yang tercemar dan melebihi ambang batas toleransi akibat aktivitas industri menyebabkan makrozoobentos yang hidup didalamnya mengalami kematian.

Tingkat Pencemaran

Indeks keanekaragaman makrozoobentos menunjukkan jumlah jenis makrozoobentos yang ditemukan dalam suatu komunitas. Nilai keanekaragaman yang tinggi memiliki jumlah jenis makrozoobentos yang beragam dengan tingkat pencemaran ekosistem yang rendah. Sedangkan nilai keanekaragaman yang rendah memiliki jumlah jenis makrozoobentos penyusun yang sedikit, hal ini menandakan suatu ekosistem mengalami gangguan atau mengalami pencemaran. Menurut Ridwan *et al.*, (2016), nilai keanekaragaman sedang menandakan suatu ekosistem dalam keadaan seimbang dengan tekanan ekologis yang sedang.

Kualitas air Sungai Kreo dapat ditentukan berdasarkan indeks keanekaragaman makrozoobentos. Nilai indeks keanekaragaman pada Sungai Kreo berkisar antara 1,07-1,73. Nilai Indeks Keanekaragaman tersebut menandakan Sungai Kreo memiliki tingkat pencemaran sedang. Sungai Kreo sebagai sungai bagian hulu memiliki sumber pencemaran yang belum terlalu banyak dan berbahaya bagi perairan. Penelitian yang dilakukan oleh Indrayani *et al.*, (2020), didapatkan nilai keanekaragaman perairan sungai Kreo berkisar antara 1,19-1,23. Aktivitas sekitar sungai bagian hulu yang masih berupa hutan dan pemukiman tepi penduduk memberikan pengaruh besar terhadap kualitas sungai.

Kualitas air Sungai Banjir Kanal Barat berdasarkan nilai indeks keanekaragaman tergolong tercemar sedang hingga berat dengan nilai indeks keanekaragaman 1,68-0,64. Sungai Banjir Kanal memiliki perairan yang dalam dengan tingkat kecerahan yang rendah. Tingginya nilai kedalaman dan rendahnya nilai kecerahan menyebabkan biota makrozoobentos tidak dapat tumbuh dengan baik. Perairan yang dalam dan tingkat kecerahan yang rendah menyebabkan kurangnya jumlah cahaya matahari yang dapat masuk dan sampai kedalam perairan. Menurut Nurlinda *et al.*, (2019), bahwa kecerahan memberikan pengaruh terhadap keberadaan sumber makanan organisme makrozoobentos. Perairan yang dangkal memiliki nilai keanekaragaman yang tinggi. Perairan dangkal memungkinkan cahaya matahari dapat menembus hingga ke dasar perairan dan menyebabkan variasi habitat yang lebih besar. Aktivitas industri yang terdekat pada aliran sungai yaitu berupa industri besi. Hasil sisa kegiatan industri yang masuk kedalam perairan sungai dalam waktu yang lama dan berlangsung terus-menerus menyebabkan penurunan kualitas air sungai sehingga biota makrozoobentos juga mengalami penurunan. Masuknya limbah industri dalam waktu yang lama menyebabkan pencemaran sungai.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan yaitu, Sungai Kreo memiliki kelimpahan makrozoobentos antara 64.888-77.925 ind/m³, bahan organik antara 30,62-43,50 % dan tekstur sedimen berpasir, sedangkan Sungai Banjir Kanal Barat memiliki kelimpahan makrozoobentos antara 10.666-47.407 ind/m³, bahan organik antara 43,155-54,025% dan tekstur sedimen berlumpur. Hubungan antara bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos pada Sungai Kreo dan Banjir Kanal Barat memiliki perbedaan. Sungai Kreo memiliki nilai korelasi r sebesar 0,96, korelasi ini bersifat sangat kuat. yang berarti pada Sungai Kreo kelimpahan makrozoobentos dan bahan organik memiliki hubungan yang sangat kuat. Sungai Banjir Kanal Barat memiliki nilai korelasi r sebesar 0,22, korelasi ini bersifat rendah yang artinya kelimpahan makrozoobentos dan bahan organik sedimen memiliki hubungan yang lemah. Tingkat pencemaran Sungai Kreo termasuk dalam kategori tercemar sedang dengan indek keanekaragaman (H') antara 1,07-1,73 dan Sungai Banjir Kanal Barat termasuk dalam kategori tercemar sedang hingga berat dengan indeks keanekaragaman (H') antara 1,68-0,64.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Churun Ain, S.Pi, M.Si selaku dosen penanggung jawab dari proyek penelitian Waduk Jatibarang Tahun 2020 Nomor 383/ UN7.5.10.2/HK/2021 atas kepercayaan dan pemberian dana pada

penelitian ini. Ir. Max Rudolf Muskananfolo, M.Sc. Ph.D. dan Ir. Haeruddin, M.Si. selaku penguji yang telah memberikan petunjuk, saran dan masukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan, F., Haeruddin., dan A. Rahman. 2020. Hubungan Zat Hara (HNO_3 dan PO_4^-) Sedimen Terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*. 8(4): 300-308.
- Astrini, A. D. R., M. Yusuf dan A. Santoso. 2014. Kondisi Perairan Terhadap Struktur Komunitas Makrozoobentos di Muara Sungai Karanganyar dan Tapak, Kecamatan Tugu, Semarang. *Journal of Marine Research*. 3(1): 27-36.
- FAO. 2002. *The Living Marine Resources of The Western Central Atlantic Volume 1*. Departemen of Biological Sciences. Old Dominion University, Nolflok, Virginia, USA. (diedit oleh Kent E. Carpenter).
- Fisesa, E. D. I. Setyobudiandi dan M. Krisnanti. 2014. Kondisi Perairan dan Struktur Komunitas Makrozoobentos di Sungai Belumai kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatra Utara. *Depik*. 3(1): 1-9.
- Gurning, M., S. Nedi dan A. Tanjung. 2019. Sedimen Organic Matters and Makrozoobentos Abundance in Waters of Pernama Dumai. *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 2(3): 214-223.
- Isnainingsih, N. R. dan D. A. Listiawan. 2010. Keong dan Kerang dari Sungai-Sungai di Kawasan Karst Gunung Kidul. *Zoo Indonesia*. 20(1): 1-10.
- Kinasih, A. R. N., P. W. Purnomo dan Ruswahyuni. 2015. Analisis Hubungan Tekstur Sedimen Dengan Bahan Organik, Logam Berat (Pb dan Cd) Dan Makrozoobentos Di Sungai Betahwalang, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*. 4(3): 99-107.
- Mardatila, S., Izmiarti dan J. Nurdin. 2016. Keodatan Keanekaragaman dan Pola Distribusi Gastropoda di Danau Diatas, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Biocelebes*. 10(2): 25-31.
- Marpaung, S. M., F. Muhammad dan J. W. Hidayat. 2014. Keanekaragaman dan Kemelimpahan Larva Insekta Akuatik sebagai Bioindikator Kualitas Air di Sungai Garang, Semarang. *Jurnal Biologi*. 3(4): 1-8.
- Minggawati, I. 2013. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Rawa Banjiran Sungai Rungan, Kota Palangkaraya. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*. 2(2): 64-67.
- Moelyo, M., J. Tisa dan B. Priandie. 2012. Pengaruh Kualitas Sedimen Dasar Terhadap Karakteristik Lingkungan Keairan, Studi Kasus: Saluran Tarum Barat. *Jurnal Irigasi*. 7(1): 59-73.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-Dasar ekologi Edisi Ketiga*. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Rachman, H., A. Priyono dan Y. Mardianto. 2016. Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai di Sub DAS Ciliwung Hulu. *Media Konservasi*. 21(3): 261-269.
- Ridwan, M., R. Fathoni., I. Fatihah dan D. A. Pangestu. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Empat Muara Sungai Cagar Alam Dua, Serang, Banten. *Al-Kaunyah Jurnal Biologi*. 9(1): 57-65.
- Rosdatina, Y., T. Apriadi dan W. R. Melani. 2019. Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Pulau Penyengat, Kepulauan Riau. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*. 3(2): 309-317.
- Sari, I. P., I. Hadi dan Y. Zamroni. 2019. Keanekaragaman Jenis Ikan di Sungai Belimbing Kabupaten Lombok Timur. *Bio Wallacea Jurnal Ilmu Biologi*. 5(2): 92-97.
- Sari, T. A., W. Atmodjo dan R. Zuraida. 2014. Studi Bahan Organik Total (BOT) Sedimen Dasar Laut di Perairan Nabire, Teluk Cendrawasih, Papua. *Jurnal Oseanografi*. 3(1): 81-86.
- Sedana, I. G. M. A., N. M. Darmadi dan I. W. Arya. 2018. Analisis Tingkat Pencemaran Air Sungai Yeh Sungi di Kabupaten Tabanan dengan Menggunakan Indikator Biologis NVC Ikan dan Keragaman Jenis Makrozoobenthos. *Gema Agro*. 23(1): 79-91.
- Supriyono dan Yanmesli. 2016. Analisis Spasial Perubahan Bentuk Fisik Sungai Melalui Integrasi *Citra Landsat* Dan *Gis* di Sub Das Hilir Sungai Bengkulu. *Jurnal Georafflesia*. 1(1): 11-22.
- Sugiyono dan W. Eri. 2004. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Ulfah, Y., Widianingsih dan M. Zainuri. 2012. Struktur Komunitas Makrozoobentos si Perairan Wilayah Morosari Desa Bedono Kecamatan Sayung Demak. *Journal of Marine Research*. 1(2): 188-196.
- Wiedarti, S., D. Hardiyanti. dan R. I. Darda. 2014. Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Ciliwung. *Ekologia*. 14(1): 13-20.