

## **Komunitas Makroinvertebrata Bentik Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Code**

AGNES HELLEN<sup>1</sup>, KISWORO<sup>2</sup>, DJOKO RAHARDJO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta  
Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25 Yogyakarta, Indonesia. 55224  
Email: hellenagnes1@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta  
Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25 Yogyakarta, Indonesia. 55224  
Email: kisworo@yahoo.com

<sup>3</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta  
Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25 Yogyakarta, Indonesia. 55224  
Email: djoko@staff.ukdw.ac.id

### **ABSTRACT**

As one of many big rivers in Special Region of Yogyakarta, the flow of Code river is contaminated by several activities such as household waste, industrial waste, and precipitation and land pollutants. This research was made to know the water quality of Code River, using physical-chemical parameters, ecology index, and biology index. Physical-chemical parameters is used to measure the temperature, TDS, TSS, current speed, water depth, brightness, the width of the river, water darkness, pH, DO, TOM, nitrate, phosphate, and ammonia levels. Biological parameters used to measure ecology index (similarity, density, diversity, domination, and uniformity index) and biology index (Family Biotic Index). Qualitative and quantitative analyzes were carried out. Observations show that human activities around the Code River from upstream to downstream are dominated by agriculture, fish and sand mining. There are 13 types of macroinvertebrates from 12 genera and 11 families. There are discrepancies in water quality between sampling sites ( $\text{sig} < 0.05$ ) for parameters of depth, flow velocity, TDS, TOM, phosphate, nitrate and ammonia. It is found out that based on the Regulation of the Governor of the Special Region of Yogyakarta Number 20 of 2008 concerning Water Quality Standards in Regional Provinces of Yogyakarta, Code River is included in the class-II category. By using macroinvertebrates as bioindicator, the Code river FBI value ranges from 6.4 to 8.91. This suggests that the river water is of poor to very bad water quality criteria, with high levels of pollution to heavy pollution by organic matter. The outcome value of the diversity index is around 0.6-1.57 which included Code River in "lightly polluted" until "heavily polluted".

Keywords: benthic macroinvertebrate; biology index; biomonitoring; ecology index; river

### **INTISARI**

Sebagai salah satu sungai besar di Daerah Istimewa Yogyakarta, aliran Sungai Code tercemar oleh berbagai aktivitas, diantaranya limbah rumah tangga, limbah pabrik, serta polutan pada air hujan dan daratan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air Sungai Code berdasarkan parameter fisik-kimia, indeks ekologi, dan indeks biologi. Parameter fisik-kimia digunakan untuk mengukur suhu, TDS, TSS, kecepatan arus, kedalaman, kecerahan, lebar sungai, kekeruhan, pH, DO, BOT, nitrat, fosfat, dan amonia. Parameter biologi digunakan untuk menghitung indeks ekologi (indeks similaritas, desitas, diversitas dan dominasi, dan keseragaman) dan biologi (Family Biotik Indeks). Analisa dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil observasi menyatakan bahwa aktivitas manusia di sekitar aliran Sungai Code, yang didominasi oleh pertanian, pertambakan ikan, dan pertambangan pasir menyebabkan adanya perbedaan kualitas air. Ditemukan 13 jenis makroinvertebrata dari 12 genus dan 11 famili. Terdapat perbedaan kualitas air antar stasiun pengambilan sampel ( $\text{sig} < 0,05$ ) untuk parameter kedalaman, kecepatan arus, TDS, BOT, fosfat, nitrat dan amonia. Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Sungai Code masuk dalam kategori kelas II. Dengan menggunakan makroinvertebrata sebagai bioindikator, nilai FBI Sungai Code berkisar 6,4 sampai 8,91 masuk dalam kategori kriteria kualitas air kurang baik sampai sangat buruk dengan tingkat pencemaran terpolusi banyak sampai terpolusi berat oleh bahan organik. Berdasarkan hasil indeks diversitas Sungai Code berada dalam kategori tercemar ringan sampai tercemar berat dengan nilai indeks berkisar 0,6-1,57.

Kata kunci: biomonitoring; indeks biologi; indeks ekologi; makroinvertebrata bentik; sungai

## PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan nomor satu bagi seluruh makhluk hidup. Selain dibutuhkan dan memiliki peran penting. Air merupakan komponen nomor satu penyusun sungai. Sungai merupakan suatu aliran air terbuka yang mendapat masukan dari seluruh aktivitas manusia yang ada di sekitar sungai, baik itu permukiman, pertanian, industri. Buangan yang dialirkan ke dalam sungai mengakibatkan adanya perubahan faktor fisik, kimia dan biologi pada perairan tersebut (Kusuma, 2014). Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) memiliki beberapa sungai yang cukup besar yaitu Sungai Oyo, Opak, Gadjahwong, Serang, Winongo, Bedog, dan Code. Sungai Code cukup menjadi pusat perhatian, di mana sungai ini melintasi pusat Kota Yogyakarta dan juga berada di dekat permukiman, area persawahan, juga industri. Sungai Code telah mengalami banyak perubahan kondisi akibat pencemaran yang ditimbulkan oleh berbagai kegiatan seperti industri, domestik ataupun pertanian. Sungai sebagai ekosistem terbuka mengakibatkan sungai akan lebih mudah mengakumulasi segala jenis limbah buangan yang berasal dari daerah sekitarnya.

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas Sungai Code yang telah dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi DIY pada tahun 2017-2018, memperlihatkan bahwa terjadi perubahan kenaikan serta penurunan tingkat kualitas sungai pada areal tertentu. Menurut Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY, Sungai Code terbagi menjadi beberapa klasifikasi yaitu baku mutu kelas I pada lokasi (Jembatan Boyong dan Ngentak); baku mutu kelas II pada lokasi (Jembatan Gondolayu, Sayidan dan Keparakan) dan baku mutu kelas III pada lokasi (Jembatan Tungkak, Ngoto dan Wonokromo). Ditinjau dari fungsi ekologis Sungai Code memiliki banyak peruntukan mulai dari dukungan sumber daya air, perkebunan, domestik hingga industri. Pembuangan limbah dari sekitar Sungai Code secara langsung ke dalam badan air akan berdampak buruk bagi kualitas air Sungai Code. Berdasarkan hasil pengamatan yang didapat, sumber pencemaran yang mencemari sepanjang aliran Sungai Code

berasal dari limbah rumah tangga, limbah pabrik serta polutan yang terbawa oleh air hujan dari daratan. Sungai Code juga kerap kali digunakan oleh masyarakat sekitar untuk buang air kecil, mandi, dan juga membuang sampah di badan air Sungai Code. Beberapa kali dapat ditemukan masyarakat yang mandi di badan Sungai Code. Kondisi air sungai yang sudah tercemar otomatis berdampak bagi penggunaan dari air sungai tersebut, sehingga akan berbahaya jika digunakan tidak sesuai dengan peruntukannya. Masuknya zat-zat pencemar secara bebas ke badan sungai dapat menyebabkan terjadinya peningkatan senyawa dalam air seperti peningkatan kadar amonia, fosfat, serta padatan tersuspensi berupa butiran halus.

Kualitas perairan dapat diketahui dengan dilakukannya pengukuran parameter fisik, kimia dan biologi pada perairan tersebut (Kusumaningtyas *et al.*, 2014). Pemantauan kualitas suatu perairan secara kimiawi dapat dilakukan dengan menganalisis nilai dari DO, pH, fosfat, nitrat, ammonia, dan bahan organik total. Pemantauan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui tingkat dari pencemaran pada air sungai yang otomatis akan mempengaruhi kehidupan makhluk hidup pada perairan tersebut. Pemantauan kualitas air secara fisik dapat dilakukan dengan cara melihat sifat fisik sungai yaitu kedalaman, kecepatan arus, lebar sungai, kekeruhan, kecerahan, residu terlarut dan residu yang tersuspensi. Pengukuran kualitas air dilakukan dengan menggunakan parameter biologis biologis atau makhluk hidup masih jarang dilakukan. Pengukuran biologis akan bersifat kontinyu, dimana makhluk hidup tersebut cenderung menghabiskan selama masa hidupnya pada perairan tersebut. Sehingga jika terjadi pencemaran parameter biologis otomatis akan memberikan respon terhadap perubahan yang terjadi. Komponen fisika, kimia dan juga biologi saling bergantung satu dengan yang lain dalam menyusun suatu perairan yang baik. Jika komponen penyusun ekosistem suatu sungai berimbang, maka ekosistem dari sungai tersebut akan berimbang. Komponen-komponen ekosistem mencakup: faktor abiotik, produsen, konsumen, detritivora, dan

dekomposer (pengurai). Pengukuran kualitas perairan dengan menggunakan teknik biomonitoring memiliki kekurangan di mana tidak dapat mengetahui secara spesifik jenis polutan yang memengaruhi kualitas dari lingkungan dan hasil penelitian sifatnya tahunan. Sementara pengukuran dengan menggunakan metode kimiawi memiliki kelebihan di mana dapat mengetahui jenis polutan yang memengaruhi kualitas badan air namun sifatnya sesaat. Sehingga penentuan kualitas suatu perairan dengan menggunakan kombinasi dari parameter fisik-kimia dan biologis menjadi pilihan terbaik untuk melakukan pemantauan kualitas air dan dapat memberikan hasil yang akurat (Hakim & Trihadiningrum, 2012). Sungai dikatakan tercemar apabila kualitas air yang ada tidak sesuai dengan peruntukannya (Pohan *et al.*, 2017).

Teknik biomonitoring adalah aplikasi dari ilmu biologi yang terpusat pada ekosistem akuatik guna mengevaluasi kondisi dari badan air yang ada. Selain itu, biomonitoring juga sering didefinisikan sebagai organisme yang hidup pada air tawar dengan segala respon yang ada dapat menjelaskan dan mencerminkan kualitas dari perairan. Dengan demikian hal tersebut dapat digunakan untuk memonitoring perubahan yang ada pada kesehatan ekosistem perairan (Li *et al.*, 2010). Pemanfaatan makroinvertebrata sebagai bioindikator pada suatu ekosistem perairan memiliki keunggulan di mana kelompok organisme ini memiliki keterbatasan dalam mobilitas dan sensitif terhadap perubahan lingkungan, dan memiliki persebaran yang luas dengan umur hidup yang cukup lama (Putro, 2014). Kelompok-kelompok makhluk hidup yang biasa digunakan untuk memantau kualitas air adalah dari kelompok makroinvertebrata benthik (Parmar *et al.*, 2016).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di sepanjang Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penentuan lokasi pengambilan sampel air dan makroinvertebrata berdasarkan metode *purposive sampling*. Sampling dilakukan di sepanjang Sungai Code, dari hulu ke hilir.

Dilakukan pengambilan sampling pada aliran sungai sekitar Jembaran Boyong, Jembatan Ngentak, Jembatan Kewek, Jembatan Sayidan, Jembatan Keparakan, Jembatan Abang Ngoto dan Jembatan Pacar Wonokromo.

Sampel yang dikoleksi di antaranya air dan makroinvertebrata. Sampel dikoleksi menggunakan *kick net* dan *hand net*. Pengukuran parameter fisik yang dilakukan adalah kedalaman, kecepatan arus, suhu, kekeruhan, tipe substrat, TSS, dan TDS. Pengukuran parameter kimia adalah DO, pH, bahan organik total, nitrat, fosfat, amonia, dan indeks pencemaran. Sedangkan parameter biologi digunakan indeks ekologi (indeks similaritas, densitas, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi) serta biologi (*Family Biotic Index*). Sampel makroinvertebrata dengan metode *kick sampling* menggunakan *kick net*. Teknik pengambilan sampel makroinvertebrata dengan menempatkan *kick net* hingga dasar perairan dan berlawanan arus air berdasarkan area yang telah ditetapkan menggunakan plot berukuran 1×1 m dengan jumlah tertentu pada setiap stasiun hingga semua jenis dari makroinvertebrata terwakili atau representatif. Untuk pengambilan di permukaan menggunakan *handnet*. Setelah sampel didapatkan, dilakukan sortasi dengan ayakan sehingga terpisah dari substrat dan kotoran yang menempel. Sampel dimasukkan ke dalam plastik *zipper* yang telah diisi dengan formalin 10% guna pengawetan.

Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif (statistik) dengan menggunakan *One Way Anova* (parameter fisik-kimia) dan korelasi antara parameter fisik kimia dengan biologi. Sedangkan analisis kualitatif (deskriptif) disajikan dengan gambar dan tabel dengan data hasil dari nilai indeks ekologi dan biologi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kualitas Air Sungai Code berdasarkan Parameter Fisik-Kimia

Perbedaan nilai pengukuran parameter fisik-kimia Sungai Code pada setiap stasiun dipengaruhi oleh karakteristik yang berbeda

pada setiap stasiunnya yang terbagi dari hulu sampai hilir. Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pengukuran parameter fisik dan kimia dari stasiun 1 sampai stasiun 8 Sungai Code yang dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur DIY No. 20 tahun 2008 untuk sungai kelas 2. Dilakukan pengukuran parameter fisik dan kimia pada sampel air Sungai Code. Hasil yang didapat dibandingkan dengan Peraturan Gubernur no. 20 tahun 2008, dengan baku mutu Sungai Code yaitu kelas II. Pada Tabel 1. Dapat dilihat bahwa parameter kedalaman, kecepatan arus, temperatur, TDS, BOT, fosfat, nitrat, dan

amonia memberikan perbedaan yang signifikan.

Dari seluruh parameter yang ada dari stasiun 1 sampai stasiun 8, jika dibandingkan sesuai Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Sungai Code masuk dalam kategori kelas II parameter nitrat, fosfat dan amonia melebihi baku mutu yang ada. Konsentrasi nitrat pada perairan Sungai Code berada di atas baku mutu. Bagian sungai yang mulai mengalir masuk ke daerah perkotaan Yogyakarta yang padat mengalami kenaikan konsentrasi nitrat.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter fisik-kimia Sungai Code

Parameter	Baku Mutu	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5	Stasiun 6	Stasiun 7	Stasiun 8
FISIK									
Kedalaman (cm)	-	34 <sup>ab</sup>	27,63 <sup>a</sup>	26,43 <sup>a</sup>	36,67 <sup>ab</sup>	42,43 <sup>ab</sup>	32,23 <sup>ab</sup>	37,63 <sup>ab</sup>	46,53 <sup>b</sup>
Kecepatan Arus (m/s)	-	0,43 <sup>ab</sup>	0,193 <sup>a</sup>	0,713 <sup>bc</sup>	0,73 <sup>bc</sup>	0,53 <sup>abc</sup>	0,86 <sup>c</sup>	0,57 <sup>bc</sup>	0,82 <sup>c</sup>
Lebar Sungai (m)	-	3,1	9,9	11,3	14,77	16,97	11,4	11,13	6,8
Kekeruhan (NTU)	-	3,47 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	21,29 <sup>a</sup>	15,37 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>	4,26 <sup>a</sup>
Kecerahan	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperatur	3°C	24,57 <sup>a</sup>	27,07 <sup>ab</sup>	29,03 <sup>ab</sup>	28,87 <sup>ab</sup>	29,43 <sup>ab</sup>	29,83 <sup>ab</sup>	28,47 <sup>ab</sup>	29,93 <sup>b</sup>
Residu Terlarut (TDS)	1000 mg/L	89,1 <sup>a</sup>	102,2 <sup>ab</sup>	158,47 <sup>bc</sup>	166,63 <sup>c</sup>	170 <sup>c</sup>	158,45 <sup>c</sup>	192 <sup>c</sup>	193,1 <sup>c</sup>
Residu Tersuspensi (TSS)	50 mg/L	0,63 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>
KIMIA									
pH	6-8,5	6,99 <sup>a</sup>	7,59 <sup>a</sup>	7,68 <sup>a</sup>	7,64 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	7,49 <sup>a</sup>	7,71 <sup>a</sup>	7,68 <sup>a</sup>
DO	5 mg/L	5,6 <sup>a</sup>	6,67 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,07 <sup>a</sup>	4,73 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>
BOT	-	2,69 <sup>a</sup>	5,27 <sup>ab</sup>	8,32 <sup>bcd</sup>	10,22 <sup>d</sup>	8,53 <sup>cd</sup>	6,69 <sup>bc</sup>	7,58 <sup>bcd</sup>	7,58 <sup>bcd</sup>
Fosfat	0,2 mg/L	0,373 <sup>ab</sup>	0,217 <sup>a</sup>	0,51 <sup>abc</sup>	0,71 <sup>bc</sup>	0,67 <sup>bc</sup>	0,72 <sup>bc</sup>	0,79 <sup>c</sup>	0,77 <sup>c</sup>
Nitrat	10 mg/L	1,18 <sup>a</sup>	4,5 <sup>ab</sup>	10,38 <sup>c</sup>	11,45 <sup>c</sup>	11,52 <sup>c</sup>	11,24 <sup>c</sup>	9,9 <sup>c</sup>	8,73 <sup>bc</sup>
Amoniak (NH <sub>3</sub> )	-	0,03 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,327 <sup>bc</sup>	0,451 <sup>c</sup>	0,124 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>bc</sup>	0,14 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>ab</sup>
Indeks Pencemaran	-	1,7 (Tercemar ringan)	1,58 (Tercemar ringan)	2,22 (Tercemar ringan)	2,73 (Tercemar ringan)	2,67 (Tercemar ringan)	2,83 (Tercemar ringan)	2,89 (Tercemar ringan)	2,88 (Tercemar ringan)

Masukan bahan organik yang berasal dari aktivitas manusia di sekitar perairan baik itu erosi daratan, masukan limbah rumah tangga, limbah pertanian yang terbawa langsung ke badan air akan memengaruhi konsentrasi nitrat pada perairan (Hamuna *et al.*, 2018). Fosfor sangat penting bagi kehidupan biota perairan dimana fosfor memiliki fungsi menyimpan dan mentransfer energi dalam sel serta berfungsi dalam sistem genetik (Putri & Widyastuti,

2008). Dilihat dari hasil yang diperoleh, angka fosfat semakin ke hilir di mana aliran sungai mulai masuk ke perkotaan Kota Yogyakarta yang padat. Semakin ke hilir, konsentrasi fosfat semakin besar (Suswanti *et al.*, 2019).

Tingginya konsentrasi amonia di perairan Sungai Code diduga berasal dari limbah pemukiman, pembuangan zat sisa manusia dan hewan dalam bentuk urin (Hamuna *et al.*, 2018). Secara alamiah, senyawa amonia yang

ada pada perairan merupakan hasil dari metabolisme hewan juga hasil dari proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri. Lingkungan sungai Code di mana permukiman penduduk berdampingan langsung dengan aliran sungai menyebabkan banyaknya pencemaran yang masuk secara langsung ke badan air Sungai Code. Hasil perhitungan indeks pencemaran dari stasiun 1 sampai stasiun 8 diperoleh hasil yang sama yaitu masuk dalam kategori tercemar ringan.

### Kualitas Air Sungai Code berdasarkan Indeks FBI dan Diversitas

Dilakukan pengumpulan makroinvertebrata dari stasiun 1 Sungai Code yang berada di sekitar Jembatan Boyong hingga stasiun 8 Sungai Code yang berada di sekitar Pacar Wonokromo. Nilai 6,4-8,91 dengan kategori kurang baik sampai sangat buruk. Sedangkan untuk nilai indeks diversitas diperoleh hasil 0,5-1,57 dengan kategori tercemar ringan sampai tercemar berat yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran indeks FBI dan indeks diversitas

Stasiun	Nilai FBI	Kualitas Perairan	Indeks Diversitas	Kualitas Perairan
1	6,95	Buruk	1,57	Tercemar Ringan
2	7,2	Buruk Sekali	1,16	Tercemar Sedang
3	6,4	Agak Buruk	1,05	Tercemar Sedang
4	6,9	Buruk	1,33	Tercemar Sedang
5	8,91	Buruk Sekali	0,16	Tercemar Berat
6	8,6	Buruk Sekali	0,6	Tercemar Berat
7	6,6	Buruk	0,63	Tercemar Berat
8	8	Buruk Sekali	0,66	Tercemar Berat

Perubahan dari kualitas perairan akan memberikan dampak pada kehidupan biota perairan tersebut (Dwitawati *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil perhitungan indeks FBI diketahui bahwa stasiun dengan indeks FBI terendah yaitu stasiun 3 dengan nilai indeks 6,4 yang termasuk dalam kategori agak buruk dengan tingkat pencemaran terpolusi banyak bahan organik. Stasiun dengan indeks FBI tertinggi adalah stasiun 5 dengan nilai indeks 8,9 yang termasuk dalam kategori buruk sekali dengan tingkat pencemaran terpolusi berat bahan organik. Jika dilihat dari lingkungan sekitar stasiun 5 yang berdampingan langsung dengan permukiman penduduk selain itu bagian riparian Sungai Code pada stasiun ini digunakan warga sekitar sebagai kandang unggas yang otomatis menyumbang banyak pencemaran bahan organik menjadi alasan beratnya polusi bahan organik pada stasiun ini. Berdasarkan indeks diversitas aliran Sungai Code dari hulu sampai hilir masuk dalam status mutu tercemar ringan, sedang, hingga berat. Semakin masuk kedalam perkotaan Yogyakarta yang padat, air semakin tercemar. Nilai dari indeks keanekaragaman dipengaruhi oleh

stabilnya jumlah genus dan jumlah individu dari setiap genus (Ruswahyuni, 2010). Nilai indeks keanekaragaman tertinggi berada pada stasiun 1, dengan nilai indeks 1,57 tingginya nilai dari indeks diversitas pada stasiun ini disebabkan karena makroinvertebrata yang ditemukan beranekaragam dengan jumlah tiap spesies yang cukup merata. Di mana Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman spesies yang tinggi apabila terdapat banyak spesies dengan jumlah individu masing-masing spesies relatif merata, sedangkan kondisi sebaliknya pada stasiun dengan nilai indeks terendah adalah stasiun 5 dengan nilai indeks 0,16. Hal ini dapat terjadi karena melimpahnya spesies *Tubifex tubifex* pada stasiun ini yang menyebabkan jumlah dari persebaran spesies yang tidak merata. Perbedaan nilai indeks keanekaragaman jenis tersebut dipengaruhi oleh faktor fisika, yaitu arus dan kedalaman, selain itu ketersediaan makanan bagi hewan makrobentos tersebut. Rendahnya nilai indeks yang dihasilkan, maka perairan tersebut dinyatakan tidak tercemar, begitu sebaliknya (Indriani *et al.*, 2016). Dari data indeks keanekaragaman yang diperoleh

maka stasiun 1 sampai stasiun 4 tergolong kondisi tercemar ringan sampai sedang, sedangkan stasiun 5 sampai stasiun 8 tergolong kondisi perairan tercemar berat. Kondisi perairan dapat dikatakan stabil jika diperoleh indeks keanekaragaman dan keseragaman yang tinggi namun indeks dominasi yang rendah.

### Hubungan Faktor Lingkungan dan Struktur Komunitas Makroinvertebrata

Berdasarkan hasil yang diperoleh hingga identifikasi yang dilakukan, ditemukan total

dari seluruh jenis makroinvertebrata yang ada sejumlah 1.309 individu dari 13 spesies, 12 genus dan 6 kelas makroinvertebrata sepanjang Sungai Code dari stasiun 1 sampai stasiun 8. Diperoleh 6 spesies dari Kelas Gastropoda, 1 spesies dari Kelas Insecta, 2 spesies dari Kelas Crustacea, 2 spesies dari Kelas Malacostraca, 1 spesies dari Kelas Oligochaeta dan 1 spesies dari Kelas Clitellata. Struktur komunitas makroinvertebrata disajikan dalam Tabel. 3.

Tabel 3. Struktur komunitas makroinvertebrata Sungai Code

Kelas	Ordo	Famili	Genus	Spesies	Sungai Code								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
Gastropoda	Neogastropoda	Buccinidae	Clea. Sub genus	<i>Anentome helena</i>	-	17	-	-	-	-	-	-	-
	Cerithiomorpha	Thiaridae	Melanoides	<i>Melanoides tuberculata</i>	112	2	-	5	-	4	-	-	-
	Cerithiomorpha	Thiaridae	Tarebia	<i>Tarebia granifera</i>	38	-	55	2	-	-	-	-	-
	clade Caenogastropoda	Viviparidae	Filopaludina	<i>Filopaludina javanica</i>	-	-	-	-	-	-	-	38	-
	clade Caenogastropoda	Pachychilidae	Sulcospira	<i>Sulcospira testudinaria</i>	72	50	15	46	-	13	-	-	10
	Architaenioglossa	Ampullariidae	Pomacea	<i>Pomacea canaliculata</i>	148	-	-	-	5	6	19	6	-
Insecta	Hemiptera	Gerridae	Gerris	<i>Gerris remigis</i>	12	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	Decapoda	Palaemonidae	Macrobrachium	<i>Macrobrachium lanchesteri</i>	14	9	-	-	-	-	-	-	-
				<i>Macrobrachium sintangese</i>	12	7	-	-	-	-	-	-	-
Malacostraca	Decapoda	Varunidae	Varuna	<i>Varuna litterata</i>	-	-	4	2	1	-	-	-	-
Malacostraca	Decapoda	Gecarcinucidae	Parathelphusa	<i>Parathelphusa convexa</i>	-	-	17	41	2	4	-	-	-
Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	Tubifex	<i>Tubifex tubifex</i>	-	-	-	32	327	154	-	-	-
Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculus	<i>Lumbriculus variegatus</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<b>Jumlah Individu</b>					408	85	91	134	337	181	57	16	-
<b>Jumlah Genus</b>					6	4	4	5	4	4	2	2	-
<b>Jumlah Jenis</b>					7	5	4	6	5	5	2	2	-
<b>Family Biotic Index</b>					6,95	7,2	6,4	6,9	8,9	8,6	6,6	8	-
<b>Indeks Diversitas</b>					1,57	1,17	1,05	1,33	0,17	0,61	0,64	0,66	-
<b>Indeks Densitas</b>					136	28,3	30,3	44,6	112,3	60,3	19	5,3	-
<b>Indeks Dominasi</b>					0,25	0,40	0,43	0,29	0,94	0,73	0,56	0,53	-
<b>Indeks Keseragaman</b>					0,61	0,45	0,41	0,52	0,06	0,23	0,25	0,26	-
<b>Jumlah Total Kelas</b>					6								
<b>Jumlah Total Genus</b>					12								
<b>Jumlah Total Spesies</b>					13								

Suku Pachychillidae dengan jenis *Sulcospira testudinaria* hampir ditemukan di setiap stasiun yaitu stasiun 1, 2, 3, 4, 6 dan 8. Habitat dari Gastropoda ini adalah sungai atau danau yang berarus tenang atau deras. Sesuai dengan kecepatan arus pada stasiun tersebut yang masuk dalam kategori arus sedang sampai deras (Istianingsih & Listiawan, 2011). Spesies *Gerris remigis* hanya ditemukan di stasiun 1 karena derajat toleransi dari spesies ini yang rendah terhadap perubahan kondisi perairan yang ditempati (Elina, 2014). Famili Thiaridae cukup banyak ditemukan pada setiap stasiun di

sepanjang aliran Sungai Code. Famili Thiaridae dapat ditemukan di stasiun 1, 2, 3, 4 dan 6 seperti yang dinyatakan oleh Maruru (2012) bahwa Famili Thiaridae merupakan kelompok makroinvertebrata yang tahan terhadap bahan pencemar. Sehingga wajar jika makroinvertebrata jenis ini dapat bertahan hidup di berbagai jenis lingkungan baik itu stasiun 1, 2, 3, 4 maupun 6. Jika jumlah populasi EPT menurun dan dijumpai pula organisme yang toleran terhadap polusi merupakan ciri-ciri dari pencemaran (Jerves-Cobo *et al.*, 2017).

Dilakukan perhitungan indeks ekologi yaitu indeks diversitas, indeks densitas, indeks dominasi, indeks keseragaman dan indeks similaritas. Sebagai organisme yang hidup di perairan, makroinvertebrata sangat peka terhadap perubahan yang terjadi pada kualitas air dimana hewan ini hidup, perubahan kualitas akan memberikan pengaruh terhadap komposisi dan kelimpahan pada komunitasnya (Hendrasarie, 2019). Indeks densitas atau nilai kelimpahan spesies bertujuan untuk mengetahui individu yang dapat hidup pada habitat dalam kurun waktu tertentu. Nilai yang diperoleh dari kelimpahan spesies makroinvertebrata/ indeks densitas pada stasiun 1 sampai stasiun 8 adalah 5,3 sampai 136. Nilai kelimpahan makroinvertebrata tertinggi terdapat di stasiun 1. Lingkungan yang masih baik, segar, tidak terlalu dekat dengan permukiman atau pabrik-pabrik penghasil limbah dan tentunya menjadi faktor penyebab hal ini dapat terjadi. Cahaya matahari yang masuk dengan baik dan vegetasi yang cukup banyak di sekitar stasiun menjadi sumber oksigen dimana kegiatan fotosintesis dapat terjadi dengan baik. Indeks dominasi makroinvertebrata dari stasiun 1 sampai stasiun 8 berkisar antara 0,25-0,94. Stasiun yang memiliki indeks dominasi tertinggi menunjukkan bahwa terdapat individu yang mendominasi wilayah tersebut. Stasiun dengan indeks dominasi tertinggi terdapat di stasiun 5. Jika dilihat nilai indeks dominasi dari stasiun 5 hampir mencapai angka 1. Hal ini diakibatkan karena dari 5 spesies yang ditemukan di stasiun ini terdapat 1 spesies yang sangat mendominasi. Spesies yang mendominasi stasiun 5 adalah *Tubifex tubifex*. Hal ini dipengaruhi keadaan lingkungan stasiun 5 yang cocok sekali dengan habitat *Tubifex tubifex*.

Pencemaran bahan organik yang tinggi menjadi salah satu penyebab melimpahnya jenis spesies ini. Terbukti dengan lingkungan stasiun 5 di mana pemukiman sangat berdampingan langsung dengan sungai, banyak ditemukan pembuangan pembuangan sisa-sisa makanan dari warga yang langsung dibuang ke badan air stasiun 5. Selain itu pipa pipa pembuangan dari rumah rumah warga yang dialirkan langsung ke badan sungai menjadi

penyebab tercemarnya sungai pada stasiun ini. Sedangkan nilai dari indeks dominasi terendah terdapat di stasiun 1. Hal ini diakibatkan karena dari 7 spesies yang ditemukan di stasiun 1 tidak terdapat spesies yang mendominasi. Indeks keseragaman Sungai Code dari stasiun 1 sampai stasiun 8 berkisar dari angka 0,06-0,61. Indeks keseragaman tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0,61. Stasiun 1 memiliki angka indeks keseragaman tertinggi diakibatkan oleh lingkungan yang baik yang mengakibatkan komunitas dalam keadaan stabil. Nilai keseragaman yang mendekati angka 1 memiliki arti bahwa sebaran individu antarjenis pada perairan cukup merata (Kalih *et al.*, 2018). Sedangkan stasiun 5 yang memiliki nilai indeks keseragaman paling kecil yaitu 0,06 menjelaskan bahwa stasiun 5 memiliki kondisi lingkungan yang kurang baik sehingga komunitas tidak dalam keadaan stabil sehingga terdapat spesies yang jumlahnya sangat melebihi spesies lainnya. Informasi pemerataan sebaran biota air dapat diketahui dengan melakukan perhitungan indeks keseragaman (Djumanto *et al.*, 2013).

Parameter fisik kimia pada suatu perairan akan sangat mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata perairan tersebut. Dari hasil analisis korelasi diperoleh bahwa beberapa parameter fisik dan kimia memiliki hubungan dengan parameter biologi (di mana nilai  $\text{sig} < 0,05$ ). Diperoleh parameter suhu, pH, TSS memberikan korelasi negatif terhadap parameter biologi. Hasil analisis korelasi menunjukkan adanya korelasi negatif antara suhu dengan diversitas dan keseragaman makroinvertebrata. Di mana semakin tinggi suhu yang ada akan menyebabkan penurunan keanekaragaman makroinvertebrata. Korelasi negatif juga berlaku antara suhu dan keseragaman di mana semakin tinggi suhu yang ada akan menyebabkan rendahnya angka keseragaman makroinvertebrata. Suhu merupakan parameter yang penting di mana suhu dapat mengendalikan kondisi ekosistem pada suatu perairan (Saraswati *et al.*, 2017). Kisaran suhu sepanjang aliran Sungai Code dari hulu sampai ke hilir adalah 24,57°C-29,93°C. Suhu yang berkisar 35-40°C dapat membahayakan kehidupan makrozoobentos di mana hal ini akan memberikan pengaruh

terhadap migrasi, laju metabolisme dan mortalitas makrozoobentos (Pamuji *et al.*, 2015). Faktor penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme adalah suhu. Jika suhu terlalu tinggi melebihi suhu yang baik untuk kehidupan makroinvertebrata otomatis makroinvertebrata tidak dapat hidup pada kondisi tersebut. Bukan sekedar penurunan keanekaragaman atau keseragaman makroinvertebrata yang terjadi, melainkan kematian dari seluruh makroinvertebrata dapat terjadi. Hal ini diperkuat dengan teori menurut Septiani *et al.* (2014) di mana suhu akan mempengaruhi jumlah dari makroinvertebrata dalam habitatnya. 98% suhu mempengaruhi keberadaan makroinvertebrata.

Parameter fisik kimia pada suatu perairan akan sangat memengaruhi keberadaan makroinvertebrata perairan tersebut. Dari hasil analisis korelasi diperoleh bahwa beberapa parameter fisik dan kimia memiliki hubungan dengan parameter biologi (di mana nilai sig<0,05). Diperoleh parameter Suhu, pH, TSS memberikan korelasi negatif terhadap parameter biologi. Parameter TSS memiliki korelasi negatif terhadap nilai FBI, di mana semakin tinggi nilai TSS akan menyebabkan rendahnya nilai FBI. Tingginya konsentrasi TSS dapat menurunkan aktivitas fotosintesis dan bertambahnya panas pada permukaan air yang menyebabkan kurangnya oksigen yang dilepas oleh tumbuhan air menjadi berkurang sehingga mengganggu kehidupan biota perairan bahkan menyebabkan kematian (Wirasatriya, 2011).

Derajat keasaman (pH) juga memberikan korelasi negatif terhadap jumlah individu dan densitas. Di mana semakin tinggi nilai pH akan menyebabkan rendahnya jumlah individu.

Berlaku juga untuk angka densitas, di mana semakin tinggi nilai pH akan menyebabkan rendahnya angka densitas. pH yang terdapat di sungai Code berkisar 6,99-7,71. Makroinvertebrata memiliki kisaran pH yang tepat untuk dapat hidup dan berkembang. Jika nilai pH tinggi sampai melebihi kisaran pH yang dibutuhkan makroinvertebrata untuk hidup otomatis jumlah dari individu perairan tersebut akan mengalami penurunan. Sama halnya dengan nilai densitas. Nilai pH untuk biota akuatik dapat hidup di perairan berkisar 7-8,5 (Nufutomo & Muntalif, 2017). Jika pH semakin tinggi sampai melebihi batas, otomatis akan terjadi kematian biota perairan termasuk makroinvertebrata. Parameter kecepatan memberikan pengaruh terhadap makroinvertebrata dimana kecepatan arus yang besar dapat menghilangkan jenis makroinvertebrata, sehingga hanya jenis tertentu yang dapat bertahan. TDS yang merupakan zat organik, anorganik akan memengaruhi kekeruhan dan kecerahan, sementara kecerahan mempengaruhi DO dan akan memberikan pengaruh terhadap faktor biologi. Kekeruhan yang tinggi akan menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam perairan sehingga menghambat proses fotosintesis yang berdampak berkurangnya nilai oksigen terlarut pada perairan sehingga memengaruhi jumlah makroinvertebrata pada perairan tersebut. Perbedaan hasil yang diperoleh pada pengukuran parameter fisik kimia akan mempengaruhi nilai dari indeks similaritas. Di mana kesamaan karakteristik lingkungan menjadi alasan tingginya nilai dari indeks similaritas yang ada. Hasil perhitungan indeks similaritas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel indeks similaritas makroinvertebrata

Stasiun	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I								
II	0,66							
III	0,36	0,22						
IV	0,46	0,36	0,8					
V	0,16	0	0,44	0,54				
VI	0,5	0,4	0,44	0,72	0,6			
VII	0,22	0	0	0	0,28	0,28		
VIII	0,44	0,28	0,33	0,22	0,28	0,57	0,5	

Dari hasil perhitungan indeks similaritas diperoleh hasil dengan kemiripan tertinggi yaitu stasiun 3 dan 4 sebesar 80% hal ini disebabkan karena makroinvertebrata penghuni kedua stasiun tersebut hampir sama. Stasiun 3 dihuni oleh makroinvertebrata jenis *Tarebia granifera*, *Sulcospira testudinaria*, *Varuna litterata* dan *Parathelphusa convexa*. Sedangkan stasiun 4 dihuni oleh makroinvertebrata *Melanooides tuberculata*, *Tarebia granifera*, *Sulcospira testudinaria*, *Varuna litterata*, *Parathelphusa convexa* dan *Tubifex tubifex* kondisi lingkungan yang hampir sama yang menjadi faktor tingginya indeks similaritas pada kedua stasiun ini, 8 dari 14 parameter yang ada memberikan hasil yang mirip pada kedua stasiun ini, di antaranya parameter kecepatan arus, kecerahan, suhu, TDS, pH, DO, nitrat, dan amonia.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil parameter fisik dan kimia, Sungai Code memiliki perbedaan yang signifikan antar stasiun yang dilihat dari parameter kedalaman, kecepatan arus, suhu, TDS, BOT, fosfat, nitrat dan amonia. Sementara parameter kekeruhan, kecerahan, TSS, pH, dan DO tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Berdasarkan nilai indeks pencemaran, stasiun 1 sampai stasiun 8 masuk dalam kategori tercemar ringan, sedangkan berdasarkan hasil indeks FBI Sungai Code berada dalam kategori kurang baik (stasiun 3) sampai sangat buruk (stasiun 5) dengan nilai indeks (6,4-8,91). Berdasarkan hasil indeks diversitas Sungai Code dari hulu yaitu tercemar ringan kemudian masuk ke bagian tengah sungai menjadi tercemar sedang, dan bagian hilir sungai tercemar berat (0,16 -1,57). Indeks similaritas memiliki kisaran 0-80%. Indeks densitas 5,3-136 individu/m<sup>2</sup>. Indeks keseragaman memiliki 0,06-0,61 dengan kategori keseragaman jenis rendah hingga sedang. Indeks Dominasi memiliki 0,25-0,94 dengan kategori tidak ada genus yang mendominasi hingga terdapat genus yang mendominasi. Indeks keanekaragaman 0,16-1,57 dengan kategori keanekaragaman rendah. Berdasarkan hasil analisa varian korelasi faktor lingkungan (pH, suhu dan TSS) berkorelasi

negatif dengan struktur komunitas makroinvertebrata. Monitoring lingkungan secara berkala penting dilakukan pada setiap daerah oleh pemerintah, dengan mengukur factor-faktor lingkungan lain yang belum terukur sehingga diperoleh hasil maksimal dan akurat. Bagi masyarakat sekitar Sungai Code untuk lebih menjaga lingkungan sekitar badan Sungai Code agar dapat tetap digunakan sesuai peruntukannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Djumanto, Probosunu, N., dan Ifriansyah, R. 2013. Indeks biotik famili sebagai indikator kualitas air Sungai Gajahwong Yogyakarta. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. vol 15(1): 26–34. doi: <https://doi.org/10.22146/jfs.9095>.
- Dwitawati, DA., Sulistyarsi, A., and Widiyanto, J. 2015. Biomonitoring kualitas air Sungai Gandong dengan bioindikator makroinvertebrata sebagai bahan petunjuk praktikum pada pokok bahasan pencemaran lingkungan SMP Kelas VII. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*. vol 2(1): 41–46. doi: <https://doi.org/10.25273/florea.v2i1.405>.
- Elina L. 2014. Studi Komparasi Diversitas Makrozoobenthos Pada Sungai Dengan Pola Pendekaran Ekohidrolik dan Hidrolik Murni di Perairan Sungai Kabupaten Kendal Jawa Tengah Bulan November 2013. [Skripsi]. Semarang: Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Institut Agama Islam Negri Walisongo Semarang.
- Hakim, AR dan Trihadiningrum, Y. 2012. Studi kualitas air Sungai Brantas berdasarkan makroinvertebrata. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. vol 1(1): 1-6.
- Hamuna, B., Tanjung, RHR., Suwito, S., dan Maury, HK. 2018. Konsentrasi amoniak, nitrat dan fosfat di Perairan Distrik Depapre, Kabupaten Jayapura. *EnviroScienteeae*. vol 14(1): 8-15. doi: <https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4887>.
- Hendrasarie, N. 2019. Pemetaan kualitas air di Kali Surabaya berdasar indeks makroinvertebrata benthos dengan model WinTWINS 2.3. *Jurnal Envirotek*. vol 11(2): 45–52. doi: <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.5>.
- Indriani, VS., Hadi, W., and Masduqi, A. 2016. Identifikasi daya tampung beban pencemaran air Kali Surabaya Segmen Jembatan Canggung-Tambangan Bamba dengan Pemodelan QUAL2Kw. *Jurnal Teknik ITS*. vol 5(2). 857-861. doi: <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17865>.
- Jerves-Cobo, R., Everaert, G., Iñiguez-Vela, X., Córdova-Vela, G., Díaz-Granda, C., Cisneros, F., Nopens, I., and Goethals, PLM. 2017. A methodology to model environmental preferences of EPT taxa in the Machangara River Basin

- (Ecuador) in Water (Switzerland). vol. 9(3): 1-31. doi: <https://doi.org/10.3390/w9030195>.
- Kalih, ATTWS., Septian, NIG., dan Sativa, YD. 2018. Makroinvertebrata sebagai bioindikator kualitas perairan Waduk Batujai di Lombok Tengah. *Biotropika-Journal of Tropical Biology*. vol 6(3): 103–107. doi: <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2018.006.03.05>.
- Kusuma, FI. 2014 Karakteristik Kualitas Air Sungai Winongo DAS Opak Setelah Melewati Kawasan Perkotaan Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2012-2014. [Skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Kusumaningtyas, MA., Bramawanto, R., Daulat, A., and Pranowo, SW. 2014. Kualitas perairan Natuna pada musim transisi. *Depik*. vol 3(1): 10-20. doi: <https://doi.org/10.13170/depik.3.1.1277>.
- Li, L., Zheng, B., and Liu, L. 2010. Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: Definitions, approaches and trends. *Procedia Environmental Sciences*. vol 2: 1510–1524. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.164>.
- Maruru, SMM. 2012. Studi kualitas air sungai bone dengan metode biomonitoring (Suatu penelitian deskriptif yang dilakukan di Sungai Bone). *Public Health Journal*: 1–12.
- Nufutomo, TK and Muntalif, BS. 2017. Cryptosporidium sebagai indikator biologi dan indeks Nsf-Wqi untuk mengevaluasi kualitas air (Studi kasus: Hulu Sungai Citarum, Kabupaten Bandung). *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. vol 14(2): 45. doi: <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v14i2.45-53>.
- Pamuji, A., Rudolf, M., and Churun, A. 2015. Pengaruh sedimentasi terhadap kelimpahan makrozoobenthos di Muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. vol 10(2): 129–135. doi: <https://doi.org/10.14710/ijfst.10.2.129-135>.
- Parmar, TK., Rawtani, D., and Agrawal, YK. 2016. Bioindicators: The natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*. vol 9(2): 110–118. doi: <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>.
- Putri, FDM., Widyastuti, E., dan Cristiani. 2008. Hubungan perbandingan total nitrogen dan total fosfor dengan kelimpahan Chrysophyta di perairan. *Scripta Biologica*. vol 1(1): 96–101. doi: <https://doi.org/10.20884/1.sb.2014.1.1.33>.
- Putro SP. 2014. Metode Sampling Penelitian Makrobenthos dan Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ruswahyuni. 2010. Populasi dan keanekaragaman hewan makrobenthos pada perairan tertutup dan terbuka di Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. vol 2(1): 11-20. doi: <http://dx.doi.org/10.20473/jipk.v2i1.11676>.
- Saraswati, NLGRA., Arthana, IW., dan Hendrawan, IG. 2017. Analisis kualitas perairan pada wilayah perairan Pulau Serangan Bagian Utara Berdasarkan Baku Mutu Air Laut. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. vol 3(2): 163-170. doi: <https://doi.org/10.24843/jmas.2017.v3.i02.163-170>.
- Suswanti, I., Sutamihardja, R., and Arrisujaya, D. 2019. Potensi Senyawaan Nitrogen Dan Fosfat Pada Pencemaran Sungai Ciliwung Hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural*. vol 9(1): 11-21. doi: <https://doi.org/10.31938/jsn.v9i1.186>.
- Wirasatriya, A. 2011. Pola distribusi klorofil-a dan total suspended solid (TSS) di Teluk Toli Toli, Sulawesi. vol 1(1): 137-149. doi: <https://doi.org/10.14710/buloma.v1i1.2990>.