

Uji Kualitas Air Sungai di Desa Sumberkolak Kecamatan Panarukan Kabupaten Situbondo

Desy Ratnasari^{1*)}, M. Thoifur Ibnu Fajar²⁾, Nurul Avidhah Elhany³⁾

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi, Universitas Abdurachman Saleh Situbondo

*Email: 201919003@unars.ac.id

Abstract

The Sumberkolak river is located in Sumberkolak Village, Panarukan District, Situbondo Regency. The Sumberkolak river is a river flow that is directly related to population activities that can have an impact on ecosystems in the waters. To assess the condition of river waters, tests were carried out using physical parameters (temperature, turbidity, TSS and TDS), chemistry (pH and DO) and biology (biomonitoring). The purpose of this study was to determine the river water quality, macroinvertebrate community structure and the relationship between macroinvertebrate structure and river water quality in Sumberkolak Village. This study used a descriptive quantitative approach and was carried out in an experimental laboratory to analyze physical, chemical and biological parameters. Determination of sampling points using purposive sampling method. This research was conducted in 3 parts of the river namely hulu, tengah and hilir. The results of the water quality in the parameter test from the hulu to the hilir section experienced a decrease in quality as indicated by several physical and chemical parameters that did not meet predetermined quality standards. Based on the assessment of the water quality status by conducting data analysis, it shows that the river water in Sumberkolak Village is included in the slightly polluted category. In addition, the results of the study showed that the structure of macroinvertebrates and the quality of river water in Sumberkolak Village had a close relationship because there were different compositional changes from hulu to hilir.

Keywords: Sumberkolak River, Water Quality, Macroinvertebrate Structure

Abstrak

Sungai Sumberkolak yang terletak di Desa Sumberkolak, Kecamatan Panarukan, Kabupaten Situbondo. Sungai Sumberkolak merupakan aliran sungai yang langsung berhubungan dengan aktivitas penduduk yang dapat berdampak pada ekosistem perairan. Untuk mengetahui kondisi perairan sungai maka dilakukan uji menggunakan parameter fisika (suhu, kekeruhan, TSS dan TDS), kimia (pH dan DO) dan biologi (biomonitoring). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui struktur komunitas makroinvertebrata dan hubungan antara struktur makroinvertebrata serta kualitas air sungai Desa Sumberkolak. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dan dilakukan secara experimental laboratory untuk menganalisis parameter fisika, kimia dan biologi. Penentuan titik pengambilan sampel menggunakan metode purposive sampling. Penelitian dilakukan pada 3 bagian sungai yaitu hulu, tengah dan hilir. Hasil kualitas air pada uji parameter dari bagian hulu hingga ke hilir mengalami penurunan kualitas yang ditunjukkan dari beberapa parameter fisika dan kimia yang tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Berdasarkan penilaian status mutu air dengan melakukan analisis data menunjukkan bahwa air sungai Desa Sumberkolak termasuk dalam kategori tercemar ringan. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa struktur makroinvertebrata dan kualitas air sungai Desa Sumberkolak memiliki hubungan yang erat sebab terdapat perubahan komposisi yang berbeda di bagian hulu hingga ke hilir.

Kata Kunci: Sungai Sumberkolak, Kualitas Air, Struktur Makroinvertebrata

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan hidup yang paling penting, sebab tanpa air berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung (Sahabuddin, 2017). Salah satu sumber daya air yang memiliki

dimensi pemanfaatan luas adalah sungai (Artini dkk., 2018). Sungai merupakan salah satu ekosistem perairan air tawar yang memiliki peranan penting secara langsung akan berpengaruh pada kehidupan semua makhluk hidup di sekitarnya (Afrilia dkk., 2022). Namun, sungai yang digunakan sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan hidup dapat mengalami gangguan keseimbangan ekosistem yang disebabkan oleh aktivitas manusia yang berada di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Setiap pinggiran sungai yang dekat dengan daerah padat penduduk dipastikan terdapat saluran buangan sampah, bahan kimia dan limbah yang menuju ke badan sungai, sehingga dapat menyebabkan terganggunya ekosistem di sungai (Mardhia dan Abdullah, 2018). Pencemaran terjadi karena pembuangan limbah atau polutan industri yang didalamnya terkandung bahan berbahaya dan beracun (B3) ke lingkungan perairan seperti sungai, danau dan laut (Elhany dan Husnudin, 2023). Berbagai aktifitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya akan menghasilkan limbah sehingga menyebabkan penurunan kualitas air sungai, maka diperlukan pemantauan untuk menentukan kualitas. Kualitas air dapat dipantau dengan menggunakan berbagai indikator yang dapat dilihat dari karakteristik fisik, kimia dan biologis (Noviza, 2022).

Pada perairan terdapat organisme yang dijadikan sebagai indikator biologi disebut sebagai bioindikator. Makroinvertebrata dapat digunakan untuk memantau kualitas air berdasarkan faktor biologis. Apabila dibandingkan dengan indikator fisika dan kimia, makroinvertebrata menjadi salah satu pilihan sebagai bioindikator yang akurat dan dapat mengintegrasikan kualitas dari suatu perairan (Chazanah *et al.*, 2017). Makroinvertebrata memiliki kisaran toleransi yang berbeda-beda terhadap lingkungan dan sangat peka terhadap perubahan kualitas air di habitatnya sehingga akan berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahan pada komunitasnya (Hendrasarie, 2019).

Penelitian ini dilakukan pada daerah aliran sungai (DAS) yang berada di Desa Sumberkolak. Sungai yang berada di desa tersebut memiliki kondisi fisik yang berarus tenang, namun cukup memprihatinkan karena terletak pada pemukiman padat penduduk sehingga sejumlah warga sekitar daerah aliran sungai memanfaatkan sungai tersebut untuk aktivitas sehari-hari, sehingga diduga air sungai telah tercemar. Adanya aktivitas warga yang terdapat di daerah aliran sungai (DAS) tersebut dapat menurunkan kualitas air, maka perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui kualitas air sungai dengan melakukan uji parameter fisika, kimia dan biologi menggunakan bioindikator makroinvertebrata. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air sungai dan komposisi makroinvertebrata terhadap kondisi perairan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dan dilakukan secara experimental laboratory selama tiga bulan dimulai pada Januari sampai Maret 2023. Lokasi pengambilan sampel air pada hulu, tengah dan hilir sungai Desa Sumberkolak Kecamatan Panarukan Kabupaten Situbondo. Penentuan titik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dan titik pengambilan sampling ini berdasarkan panduan biotilik (Rini, 2011). Parameter yang diamati meliputi parameter fisika dan kimia. Pengukuran suhu, TDS dan pH dilakukan secara langsung, sedangkan kekeruhan, TSS dan DO dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Kabupaten Situbondo.

Pengambilan sampel makroinvertebrata dilakukan menggunakan teknik *kicking*. Teknik *kicking* adalah teknik menggunakan kaki sebagai alat pengaduk dasar sungai atau substrat. Teknik ini biasa digunakan pada dasar sungai yang dangkal. Pemantau masuk kedalam sungai dengan meletakkan jaring di depan badan menghadap hulu sungai atau searah dengan aliran sungai. Kemudian pemantau mengaduk-aduk substrat di depan mulut jaring selama 1 menit agar merangsang organisme untuk keluar dari tempat persembunyiannya dan hanyut masuk kedalam jaring (Rini, 2011). Sampel air sungai disaring agar tanah atau pasir tidak terbawa. Hasil saringan sampel makroinvertebrata kedalam tabung berlabel dan melakukan fiksasi menggunakan formalin 10%. Sampel dilakukan pencucian (*rinsing*) dan direndam dalam ethanol. Identifikasi makroinvertebrata dilakukan di Laboratorium IPA Universitas Abdurachman Saleh Situbondo menggunakan buku Panduan Penilaian Kesehatan Sungai Ai Melalui Pemeriksaan Habitat Sungai dan Biolitik (Rini, 2011). Kemudian dilakukan analisis data indeks keanekaragaman *Shannon-Weinner* (H'), indeks keseragaman Shannon-Weinner (E), indeks dominansi Simpson (D), indeks biotik *Biological Monitoring Working Party- Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) dan indeks biotik *Family Biotic Index* (FBI) untuk mengevaluasi kualitas air.

Analisis Data

Indeks Keanekaragaman Jenis

Indeks keanekaragaman makroinvertebrata dihitung menggunakan rumus keanekaragaman Shannon-Weinner sebagai berikut (Brower *et al*, 1998):

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman;

P_i = perbandingan jumlah individu suatu jenis dengan keseluruhan jenis (n_i/N)

Ln = logaritma natural

Indeks keanekaragaman yang didapatkan kemudian dimasukkan dalam kriteria keanekaragaman menurut (Rustiasih, 2018) pada Tabel 1.

Tabel 1. Tolak Ukur Nilai Indeks Keanekaragaman

Nilai H'	Keterangan
$H' < 1,0$	Keanekaragaman rendah, miskin, produktivitas sangat rendah sebagai indikasi adanya tekanan yang berat dan ekosistem tidak stabil
$1,0 < H' < 3,32$	Keanekaragaman sedang, produktivitas cukup, kondisi ekosistem cukup seimbang, tekanan ekologis sedang
$H' > 3,32$	Keanekaragaman tinggi, stabilitas ekosistem baik, produktivitas tinggi, tahan terhadap tekanan ekologis

Indeks Keseragaman

Keseragaman adalah komposisi jumlah individu dalam setiap spesies yang terdapat dalam komunitas. Indeks keseragaman dapat diukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{H'}{\ln(s)}$$

Keterangan:

E = Indeks Keseragaman;

H' = Indeks Keanekaragaman; dan

S = jumlah keseluruhan spesies.

Nilai keseragaman (E) suatu populasi dengan kisaran 0-1 dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Tolak Ukur Nilai Indeks Keanekaragaman

No	Nilai E	Kategori
1	$0,00 < E < 0,50$	Rendah
2	$0,50 < E < 0,75$	Sedang
S	$0,75 < E < 1,00$	Tinggi

Indeks Dominansi

Untuk menghitung dominansi makroinvertebrata maka digunakan indeks dominansi dari Simpson yaitu:

$$D = \sum Pi^2$$

Keterangan:

D = Indeks Dominansi;

Pi = jumlah individu masing-masing jenis

Tabel 3. Indeks Dominansi *Simpson*

Indeks Dominansi	Tingkat Dominansi
0,00 < D < 0,30	Dominansi Rendah
0,30 < E < 0,60	Dominansi Sedang
0,60 < E < 1,00	Dominansi Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan dari hasil pengukuran parameter fisika dan kimia dapat dibandingkan dengan standar baku mutu air kelas II menggunakan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air.

Parameter suhu air sungai Desa Sumberkolak bervariasi dari 29.7°C di hulu, 29°C di tengah dan 29°C di hilir, memiliki nilai yang mendekati ambang batas tetapi masih memenuhi baku mutu. Apabila suhu air sungai naik akan mengganggu kehidupan organisme dan tumbuhan yang ada didalamnya karena kadar oksigen yang terlarut akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu perairan (Mardhia dan Abdullah, 2018). Kadar TSS tidak memenuhi karena melebihi baku mutu dengan nilai 54 mg/l di hulu, 64 mg/l di tengah dan 52 mg/l di hilir. Tingginya TSS menandakan pencemaran air yang disebabkan oleh limbah domestik dan partikel tersuspensi yang mempengaruhi fotosintesis tumbuhan perairan (Novilyansa, 2017). Kadar TDS berada di bawah ambang batas tetapi masih memenuhi baku mutu dengan nilai 225.5 mg/l di hulu, 221 mg/l di tengah dan 211 mg/l di hilir. Nilai kadar TDS yang sangat kecil menunjukkan bahwa zat padat yang terlarut dalam air tidak begitu besar.

Tabel 4. Data Kualitas Air Sungai Secara Fisika-Kimia

Parameter	Satuan	Lokasi Pengambilan Sampel			Baku Mutu
		Hulu	Tengah	Hilir	
Suhu	°C	29.7	29	29	Deviasi 3 (22-28)°C
TSS	mg/L	54	64	52	50
TDS	mg/L	225.5	221	211	1000
Kekeruhan	NTU	59	49.3	57.1	25
DO	mg/L	4.49	3.27	3.67	Min. 4
pH	mg/L	7.695	7.615	7.46	6-9

Pada perairan kandungan TDS yang tinggi dapat mengurangi penetrasi (penembusan) sinar matahari ke dalam air dan menghambat regenerasi oksigen serta fotosintesis makhluk hidup di perairan (Sompie dkk., 2022). Sedangkan, kekeruhan sungai Desa Sumberkolak melampaui standar baku mutu kesehatan lingkungan (25 NTU) di semua bagian sungai. Hal ini disebabkan oleh pencemaran larutan tersuspensi akibat aktivitas manusia dan aliran air yang dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air. Kadar DO yang memenuhi standar hanya bagian hulu (4.49 mg/l), sementara di tengah (3.27 mg/l) dan hilir (3.67 mg/l) terlalu rendah. Menurut Irham dkk. (2017) jika kandungan oksigen terlarut rendah, maka bahan buangan organik didalam air tinggi dan sebaliknya. Nilai pH sungai Desa Sumberkolak berada dalam kisaran 7.46-7.695 masih dapat memenuhi standar baku mutu. Perbedaan pH di berbagai bagian sungai disebabkan oleh adanya masukan limbah organik dan anorganik dari kegiatan antropogenik yang ada di sepanjang bantaran sungai (Hamuna dkk., 2018).

Analisis kualitas air sungai secara biologi di Desa Sumberkolak dilakukan dengan mengidentifikasi makroinvertebrata di tiga titik lokasi sampling yaitu hulu, tengah dan hilir. Hasil identifikasi menunjukkan terdapat 8 spesies yang berasal dari 8 genus dan 8 famili makroinvertebrata (dapat dilihat pada tabel 6, tabel 7 dan tabel 8). Hasil penelitian juga menunjukkan terdapat perbedaan distribusi famili di setiap bagian sungai. Atyidae memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan bersih dengan tingkat polusi rendah dan hanya ditemukan di bagian hulu yang memiliki kualitas air yang lebih baik. Corbiculidae ditemukan di bagian hilir tetapi dengan kondisi cangkang sudah terbuka, menunjukkan dampak negatif pencemaran pada populasi ini. Gomphidae memiliki toleransi terhadap pencemaran dan dapat hidup di air yang tercemar. Gerridae hanya ditemukan di bagian hulu, mengindikasikan kualitas air yang baik. Namun karena adanya polusi air dari aktivitas manusia sehingga mengakibatkan penurunan populasi. Gecarcinucidae hidup di berbagai habitat perairan dengan variasi substrat, menunjukkan adaptasi yang baik. Planorbidae dapat hidup di berbagai kondisi lingkungan air. Tubificidae ditemukan di tengah dan hilir, mengindikasikan toleransi terhadap kadar oksigen yang rendah dan kandungan karbon organik tinggi. Thiaridae ditemukan dan mendominasi di semua bagian sungai, hal ini menunjukkan ketahanan terhadap pencemaran dan kemampuan mengakumulasi bahan tercemar.

Tabel 6. Hasil indeks kenakeragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi bagian hulu

No	Nama Famili	Spesies	Jumlah (Ni)	H'	E	D
1	Gecarcinucidae	<i>Perathelpusa convexa</i>	4			
2	Atyidae	<i>Caridina weberi</i>	7			
3	Gomphidae	<i>Stylurus potulentus</i>	1	0,3910	0,0026	0,8361
4	Gerridae	<i>Limnogonus sp.</i>	1			
5	Thiaridae	<i>Terebia granifera</i>	136			
Jumlah			149			

Tabel 7. Hasil indeks kenakeragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi bagian tengah

No	Nama Famili	Spesies	Jumlah (Ni)	H'	E	D
1	Gecarcinucidae	<i>Perathelpusa convexa</i>	1			
2	Tubificidae	<i>Tubifex sp.</i>	1	0,0650	0,0020	0,9793
3	Thiaridae	<i>Terebia granifera</i>	190			
Jumlah			192			

Tabel 8. Hasil indeks kenakeragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi bagian hilir

No	Nama Famili	Spesies	Jumlah (Ni)	H'	E	D
1	Gomphidae	<i>Stylurus potulentus</i>	1			
2	Thiaridae	<i>Terebia granifera</i>	130			
3	Planorbidae	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	1	0,2075	0,0029	0,9275
4	Tubificidae	<i>Terebia granifera</i>	1			
5	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>	2			
Jumlah			135			

Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, indeks dominansi dan indeks biotik digunakan untuk mengevaluasi kualitas air. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman makroinvertebrata di sungai Desa Sumberkolak termasuk dalam kategori keanekaragaman rendah. Hal ini terlihat dari nilai indeks keanekaragaman *Shanon-Wiener* (H') yang diperoleh < 1 . Nilai indeks keanekaragaman diikuti oleh nilai indeks keseragaman (E) yang diperoleh $0,00 < E < 0,50$ mengindikasikan bahwa sungai termasuk dalam kategori keseragaman rendah sehingga menunjukkan penyebaran jumlah individu organisme setiap spesies atau genus tidak sama dan cenderung menunjukkan dominansi dari salah satu spesies (Husamah dan Rahardjanto, 2014). Dapat dilihat dari nilai indeks dominansi (C) diperoleh $0,60 < D \leq 1,00$ yang menunjukkan bahwa perairan sungai Desa Sumberkolak termasuk dalam kategori dominansi tinggi, sebab terdapat beberapa makroinvertebrata yang mendominasi setiap bagian sungai seperti Thiaridae. Indeks biotik metode *Biological Monitoring Working Party- Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) menunjukkan bahwa semua bagian sungai digolongkan sebagai perairan kotor berat, hal ini menandakan adanya tingkat pencemaran yang signifikan. Namun, metode *Family Biotic Index* (FBI) menunjukkan bahwa di semua bagian sungai mengalami tingkat pencemaran sedang (*moderately pollution*). Berdasarkan analisis

kualitas air sungai secara biologi menunjukkan bahwa sungai Desa Sumberkolak mengalami tingkat pencemaran sedang hingga berat terutama pada bagian tengah dan hilir, sedangkan bagian hulu masih dapat mempertahankan kualitas air yang lebih baik.

KESIMPULAN

Kualitas air sungai Desa Sumberkolak berdasarkan uji parameter dari bagian hulu hingga ke hilir mengalami penurunan kualitas yang ditunjukkan dari beberapa parameter fisika dan kimia yang tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Penilaian status mutu air dengan melakukan analisis data menunjukkan bahwa air sungai Desa Sumberkolak termasuk dalam kategori tercemar ringan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan struktur makroinvertebrata dan kualitas air sungai Desa Sumberkolak terdapat hubungan yang erat sebab terdapat perubahan komposisi yang berbeda di bagian hulu hingga ke hilir. Perbedaan ini terkait dengan sensitivitas organisme terhadap perubahan lingkungan yang mengindikasikan adanya masalah dalam perairan sungai.

REFERENSI

- Afrilia, D., Yusrianti, Hakim, A. dan Amrullah. (2022). Struktur Komunitas Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator Untuk Menentukan Status Kualitas Air di Sungai Candipari, Sidoarjo. *Jurnal Envirotek*, 14 (1), 26–32. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i1.175>.
- Artini, N.P.R., Risky, D.P. dan Fujiastuti, N.K.M. (2018). Penelitian Kualitas Air Sungai Balian, Tabanan, Bali. *Jurnal Kesehatan Terpadu*, 2 (1), 25–30. DOI:10.36002/jkt.v2i1.443.
- Brower, J.E., Zar, J.H., & Ende, C.N. (1998). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Boston, USA: Graw Hill.
- Chazanah, N., Sudjono, P., Hasby, F.A., Suantika, G., dan Muntalif, B.S. (2017). Development of Bioassessment Tools for Ecological Status Using Macrozoobenthic Community in Hulu Area (Case Study: Citarum River, West Java, Indonesia). *Journal Water Resource and Protection*, 9(7), 770-785. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.97051>.
- Elhany, N.A. dan Husnudin, U.B. (2023). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tahan Logam Berat pada Perairan Sungai Driyorejo Gresik. *Jurnal Biogenic*, 1(1), 28-33. <https://doi.org/10.36841/biogenic.v1i1.2899>.
- Hamuna, B., Tanjung, R.H.R., Suwito., Maury, H.K., dan Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika Kimia di Perairan Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35 - 43. <https://doi.org/10.14710/jis.v%v.%i.%Y.633-644>.
- Hendrasarie, N. (2019). Pemetaan Kualitas Air di Kali Surabaya Berdasar Indeks Makroinvertebrata Benthos dengan Model Wintwins 2.3. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 11(2), 45–52. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i2.5>.
- Husamah dan Rahardjanto, A. (2019). *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring)*. Malang: UMM Press.
- Irham, M., Abrar, F., dan Kurnianda, V. (2017). Analisis BOD dan COD di Perairan Estuaria Krueng Cut, Banda Aceh. *Depik: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 6(3), <https://doi.org/10.13170/depik.6.3.8481>.
- Mardhia, D. dan Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*. Volume 18(2), 199-204. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>.

- Novilyansa, E. (2017). Analisis Kualitas Air di Wilayah Sungai Seputih Sekampung Berbasis Sistem Informasi Geografis. Tesis. Universitas Lampung.
- Noviza, E.N. (2022). Evaluasai Kualitas Air Berdasarkan Bioindikator Makroinvertebrata Bentos di Hutan Selorejo. Skripsi. Universitas Islam Malang.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air.
- Rini, D.S. (2011). Panduan Penilaian Kesehatan Sungai Melalui Pemeriksaan Habitat Sungai dan Biotilik. Gresik: Ecoton.
- Rustiasig, E., Arthana, I.W., dan Sari, A.H.W. (2018). Keanekaragaman dan Kelimpahan Makroinvertebrata sebagai Biomonitoring Kualitas Perairan Tukad badung, Bali. *Current trends in Aquatic Science*, 1 (1), <https://doi.org/10.24843/ctas.2018.v01.i01.p03>.
- Sahabuddin, E.S. (2017). *Filosofi Cemaran Air*. Makassar: PTK Press.
- Sompie, T. P. F., Moningka, M., Sudarno, S., dan Mentang, S. (2022). Pemantauan Lingkungan Terhadap Aktivitas Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jalan. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 4(3), 102-112. <http://dx.doi.org/10.47600/jtst.v4i3.465>.