

**Identifikasi Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik
Air Kali Pelayaran Anak Sungai Brantas Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur**

✉ Sayyid Saifullah Akbar

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang

ABSTRAK

Makrozoobentos merupakan hewan invetabrata yang hidup didasar perairan, memiliki sifat menetap, sensitif, dan toleran, yang menyebabkan makrozoobentos dijadikan bioindikator kualitas air termasuk pada sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis makrozoobentos yang ditemukan untuk menguji keanekaragaman dan kualitas air Kanal Mangetan, Anak Sungai Brantas, Kabupaten Sidoarjo. Pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun yaitu bagian hulu; tengah; dan hilir perairan Kanal Mangetan, menggunakan metode purposive random sampling. Pengambilan sampel makrozoobentos didasar perairan menggunakan Ekman grab, sekop kecil, dan jaring, dengan kedalaman kurang lebih 30cm, selanjutnya sampel dilakukan identifikasi. Hasil menunjukkan makrozoobentos yang ditemukan di Kanal Mangetan berjumlah 6 famili, dengan jumlah terbanyak pada famili Chironomonidae berjumlah 167 ekor pada stasiun 2. Keanekaragaman makrozoobentos dinyatakan rendah dengan nilai 0,62 hingga 0,91. Hasil Kualitas air berdasarkan nilai FBI adalah agak buruk hingga buruk dengan nilai 6,16 hingga 7,45. Saran berdasarkan penelitian, untuk masyarakat, pemerintah, dan industri bersinergi dalam menjaga kualitas perairan Kanal Mangetan.

Kata kunci: Bioindikator, Kanal Mangetan, Keanekaragaman, Makrozoobentos

**Biodiversity Of Macrozoobenthos As Water Quality Bioindicator
At Mangetan Channel, Brantas Tributary, Sidoarjo District**

ABSTRACT

Macrozoobenthos is an invertebrate animal that lives at the bottom of the waters, has a sedentary, sensitive, and tolerant nature, which causes macrozoobenthos to be used as a bioindicator of water quality, including in rivers. This study aims to determine the type of macrozoobenthos found to test the diversity and water quality of the Mangetan Canal, Brantas tributary, Sidoarjo Regency. Sampling was carried out at 3 stations, namely the upstream; middle; and downstream waters of the Mangetan Canal, using purposive random sampling method. Sampling of macrozoobenthos at the bottom of the waters using an Ekman grab, small shovel, and net, with a depth of approximately 30cm, then the sample is identified. The results showed that there were 6 macrozoobenthos found in the Mangetan Canal, with the highest number in the Chironomonidae family of 167 at station 2. Macrozoobenthos diversity was stated to be low with a value of 0,62 to 0,91. Results The water quality based on the FBI score is moderate to poor with a score of 6,16 to 7,45. Suggestions based on research, for the community, government, and industry to synergize in maintaining the water quality of the Mangetan Canal.

Keywords: Bioindicator, Mangetan Canal, Biodiversity, Macrozoobenthos

PENDAHULUAN

Perairan pada umumnya dibagi menjadi tiga jenis yaitu perairan air laut, air payau, dan air tawar. Pada perairan tawar dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu perairan lentik dan perairan lotik (Wahyuni dan Dewi, 2016 dalam Dimenta dkk, 2020). Salah satu jenis perairan tawar tersebut adalah sungai. Sungai merupakan eko-

sistem yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan makhluk hidup tidak terlebih lagi untuk kehidupan manusia (Rizky, 2013 dalam Rafi'I, dkk 2018). Hal tersebut juga terlihat pada Kanal Mangetan yang menjadi anak sungai Brantas. Menurut Dewiyanti dkk (2015) Kanal Mangetan terletak di Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Kanal Mangetan memiliki panjang kurang lebih

✉ Corresponding author :
Address : Banten, Indonesia
Email : akbaraka3@gmail.com

36,3 km dengan lebar kurang lebih 14 meter dan kedalaman kurang lebih 5 meter. Arus pada kanal mangetan bagian Hilir cukup deras namun pada bagian Hulu mulai melambat. Kanal Mangetan berdasarkan fungsinya digunakan oleh beberapa industri untuk mengambil air di saluran Kanal Mangetan. Selain itu Kanal Mangetan digunakan untuk irigasi lahan pertanian masyarakat, keramba ikan masyarakat, dan kebutuhan masyarakat lainnya. Aliran tersebut namun terindikasi oleh bercampurnya limbah industri, limbah domestik, dan limbah persawahan sehingga keadaan tersebut berpengaruh terhadap kehidupan organisme disekitar kanal Mangetan, salah satu organisme yang terpengaruh adalah makrozoobentos.

Makrozoobentos merupakan hewan makroinvertebrata yang memiliki ukuran 1 mm atau lebih dan hidup didasar sedimen perairan (Desmawati dkk, 2019). Makrozoobentos umumnya dapat hidup didasar perairan yang menandakan bahwa makrozoobentos berasosiasi dengan substrat, hidup diantara permukaan sedimen dan dalam sedimen (Sudarso dkk, 2015). Kehidupan makrozoobentos pada sedimen adalah dengan merayap, menempel, mengubur, dan menggali lubang kedalam sedimen (Ulfah & Zainuri, 2012). Makrozoobentos menjadi salah satu organisme yang penting dalam suatu perairan dikarenakan memiliki kegunaan yang secara langsung terhadap jaring-jaring makanan karena menjadi konsumen tingkat 1 dan 2, dimana makrozoobentos bersifat *shredder* dan *detritivore* yang bisa memotong material organik di dasar perairan sehingga menyebabkan makrozoobentos menjadi kunci dalam perputaran nutrisi (Izimiarti, 2021).

Makrozoobentos berdasarkan fungsinya dalam perairan juga dapat dijadikan sebagai bioindikator karena beberapa dari makrozoobentos memiliki respon yang sensitif terhadap perubahan lingkungan dan beberapa jenis dari makrozoobentos juga ada yang tidak sensitif terhadap perubahan lingkungan atau memiliki tingkat toleran yang tinggi terhadap perubahan, selain pada sifatnya juga dapat menyebabkan ke-

anekaragaman pada makrozoobentos berubah (Borja dan Tunberg, 2011 dalam Sahidin dkk, 2018). Hal tersebut sesuai dengan Rusmiati dkk (2014) dalam Zakiawati dkk, (2021) yang menyatakan bahwa makrozoobentos berperan terhadap keseimbangan lingkungan dan nutrisinya namun juga sensitif terhadap perubahan kualitas air, sehingga kehadiran atau ketidakhadiran dari suatu makrozoobentos dapat mempengaruhi komposisi dan kelimpahannya sehingga mampu memberi gambaran terhadap kualitas perairan, karena hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berada di lingkungan seperti faktor biotik dan abiotik, yang akhirnya mempengaruhi kehidupan makrozoobentos. Menurut Dwirastina & Ditya (2018) habitat makrozoobentos yang dapat menetap dan memiliki pergerakan yang lambat memberikan dampak langsung kepada makrozoobentos akibat terjadinya tekanan perubahan kualitas air. Hal ini didukung oleh pendapat Yunita dkk (2018) bahwa komunitas makrozoobentos mampu memberikan gambaran akibat kontaminasi oleh perubahan lingkungan dalam jangka waktu yang panjang karena memiliki keunggulan, pertama terpapar terhadap kontaminan zat kimia yang terakumulasi disedimen, kedua terpapar terhadap rendahnya *dissolved oxygen* bahkan mencapai level hypoxia, dan ketiga keanekaragaman taksonomi dan fungsi dari makrozoobentos menjadi keunggulan dalam mendeteksi berbagai jenis tingkat stres pada perairan.

Oleh sebab itu penelitian terkait keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Kanal Mangetan perlu dilakukan. Perihal ada indikasi dari tercampurnya zat polutan dari berbagai sumber pada perairan tersebut yang mampu mempengaruhi makrozoobentos. Sehingga tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui jenis makrozoobentos yang ditemukan untuk mengetahui keanekaragaman dari makrozoobentos, dan untuk mengetahui kualitas air di Kanal Mangetan.



Sumber: Data Primer, 2021

Gambar 1
Peta lokasi penelitian

Tabel 1
Lokasi Penelitian

| No. | Stasiun Penelitian | Lokasi Penelitian |
|-----|--------------------|---|
| 1. | Stasiun 1 | Desa Mlirip Rowo Kecamatan Tarik |
| 2. | Stasiun 2 | Desa Wringin Pitu Kecamatan Balong Bendo |
| 3. | Stasiun 3 | Desa Tambak Kemerakan Kecamatan Krian |

Sumber: Data Primer, 2021

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2021 Sampai Agustus 2021 menggunakan metode *purposive random sampling*. Pengambilan sampel diambil pada 3 stasiun yakni sesuai pada Tabel 1. di bagian Hulu, Tengah, dan Hilir Sungai Kanal Mangetan.

Prosedur pengambilan sampel yaitu dengan menggunakan alat Ekman grab; jaring; dan sekop kecil, dengan menggali sedimen sedalam 10-30 cm. Kemudian sampel dimasukkan kedalam wadah bersih. Setelah itu dibawa ke laboratorium untuk dilakukan identifikasi. Identifikasi sampel makrozoobentos dengan cara dipisah-pisah pada nampan kemudian diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop stereo dan buku panduan penilaian kesehatan sungai melalui pemeriksaan habitat sungai dan BIOTILIK (Rini, 2011).

Jenis dan jumlah makrozoobentos yang didapatkan dianalisis dengan menggunakan perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon wiener, *Family Biotic Index* (FBI), Indeks dominasi, dan indeks Keseragaman.

Perhitungan data pada keanekaragaman makrozoobentos menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-wiener. Menurut Krebs (1999) dalam Rachman dkk (2017) adalah sebagai berikut:

$$H' = - \sum \frac{ni}{N} \ln \frac{ni}{N} \tag{1}$$

Dimana H' merupakan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener, ni merupakan Jumlah Individu masing-masing jenis, sedangkan N adalah Jumlah total individu dari seluruh jenis.

Kategori nilai indeks Shannon-Wiener adalah sebagai berikut; H' < 1 menunjukkan keanekaragaman yang rendah; 1 < H' < 3 menunjukkan keanekaragaman sedang; dan H' > 3 keanekaragaman tinggi.

Perhitungan data untuk mengetahui kualitas air menggunakan metode, *Family Biotic Index* (FBI). Menurut Hilsenhoff (1988) dalam Diantari dkk (2018) adalah sebagai berikut:

$$FBI = \frac{\sum ni \times ti}{N} \tag{2}$$

Tabel 2
Kriteria Kualitas air Family Biotic Index (FBI)

| Indeks | Kualitas Air |
|------------|--------------|
| 0,00-3,75 | Paling baik |
| 3,76-4,25 | Sangat baik |
| 4,26-5,00 | Baik |
| 5,01-5,75 | Sedang |
| 5,76-6,50 | Agak buruk |
| 6,51-7,25 | Buruk |
| 7,26-10,00 | Sangat buruk |

Sumber: Hilsenhoff (1988) dalam (Rachman dkk., 2017)

Dimana FBI merupakan Famili Biotilik Indeks, N merupakan Jumlah dari Individu pada sampel, ti adalah Nilai toleransi famili ke-i dan ni adalah Jumlah individu famili ke-i.

Perhitungan data pada Indeks dominasi menggunakan indeks dominasi Simpson. Menurut Odum (1993) dalam Tarida dkk (2018) adalah sebagai berikut:

$$D = \sum \left(\frac{ni}{N} \right)^2 \quad (3)$$

Dimana ni merupakan jumlah individu tiap spesies dan N merupakan jumlah dari semua individu tiap spesies.

Kategori nilai yang diperoleh dalam analisis Indeks dominasi simpson adalah nilai berkisar antara 0-1, sehingga semakin kecil nilai indeks dominasi maka menunjukkan tidak ada spesies yang mendominasi ataupun sebaliknya jika nilainya semakin besar maka terdapat dominasi dari suatu spesies tertentu dalam lingkungan tersebut.

Perhitungan data keseragaman menggunakan rumus sebagai berikut menurut Odum (1993) dalam Sirait dkk (2018):

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

Dimana E merupakan Keseragaman, H' adalah Indeks Keanekaragaman, dan S adalah Jumlah Spesies.

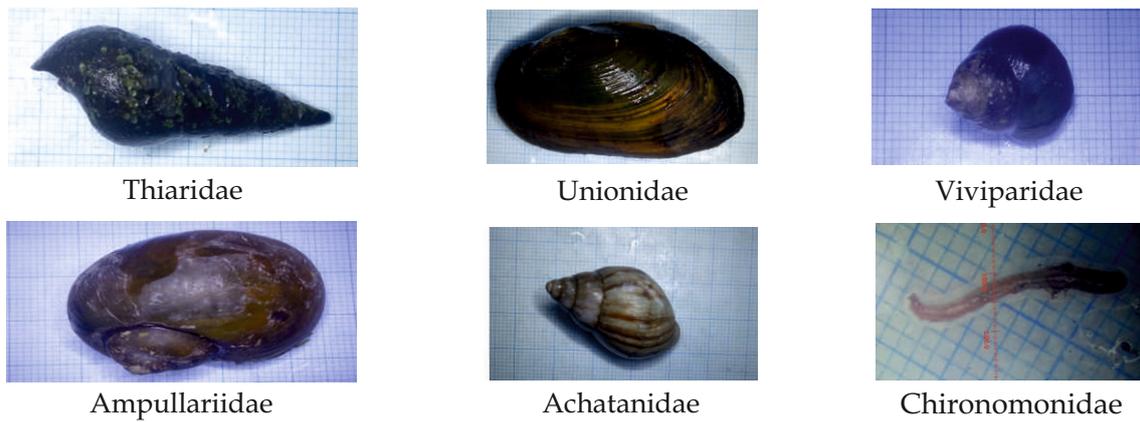
Kisaran nilai keseragaman menurut Magurran (1982) dalam Sirait dkk (2018) adalah $E < 0,4$ menunjukkan keseragaman populasi kecil; $0,4 < E < 0,6$ menunjukkan keseragaman populasi sedang; $E > 0,6$ menunjukkan keseragaman populasi tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel makrozoobentos yang ditemukan pada 3 stasiun di kali kanal Mangetan terlihat dalam Tabel 3. dan Gambar 2. Hasil

menunjukkan bahwa ditemukan 6 famili dari 3 stasiun yaitu, famili Thiaridae; Ampullariidae; Unionidae; Achatinadae; Chironomonidae; dan Viviparidae. Pada stasiun 1 famili yang paling banyak ditemukan adalah famili Thiaridae dengan jumlah 135 ekor dan paling sedikit pada famili Chironomonidae yang berjumlah 9 ekor. Makrozoobentos yang ditemukan pada stasiun 2 paling banyak ditemukan terdapat pada famili Chironomidae berjumlah 164 ekor dan famili paling sedikit ditemukan adalah famili Viviparidae. Family makrozoobentos yang ditemukan pada stasiun 3 ditemukan paling banyak ditemukan adalah famili Chironomidae dengan jumlah 119 ekor dan paling sedikit terdapat pada famili Viviparidae. Hasil temuan ini serupa dengan penelitian sebelumnya yaitu Firdaus dkk (2014) yang menyatakan bahwa pada Kanal Mangetan ditemukan beberapa famili yang sama yaitu dari famili Unionidae; Chironomidae; Thiaridae; Viviparidae.

Berdasarkan biomonitoring menurut Rini (2011) bahwa famili Unionidae; Viviparidae; Ampullariidae termasuk kedalam famili yang tahan terhadap pencemaran, sedangkan untuk famili Chironomidae termasuk kedalam famili yang sangat tahan akan pencemaran. Hal tersebut sesuai dengan Turley dkk (2016) bahwa Unionidae; Viviparidae; Chironomidae memiliki sifat tidak sensitif terhadap lingkungan sehingga mampu bertahan saat terjadi perubahan lingkungan yang diakibatkan polutan. Sifat tidak sensitif pada beberapa golongan molluska seperti Thiaridae; Ampullariidae; Unionidae; Achatinadae; Viviparidae dikarenakan memiliki sifat untuk mengakumulasi berbagai jenis polutan. Menurut



Sumber: Data Primer, 2021

Gambar 2.
Famili Makrozoobentos di Kanal Mangetan

Tabel 3
Hasil Sampling Makrozoobentos di Kanal Mangetan

| No | Famili | Jumlah Organisme | | |
|----|----------------|------------------|-----------|-----------|
| | | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 |
| 1 | Thiaridae | 135 | 21 | 0 |
| 2 | Ampullariidae | 8 | 27 | 38 |
| 3 | Unionidae | 4 | 0 | 0 |
| 4 | Achatanidae | 3 | 0 | 0 |
| 5 | Chironomonidae | 9 | 164 | 119 |
| 6 | Viviparidae | 0 | 18 | 7 |

Sumber: Data Primer, 2021

Dar dkk (2018) bahwa terdapat logam berat yang terdapat pada moluska terutama pada bivalvia dan gastropoda. Sedangkan Famili Chironomidae menurut Dornfeld dkk (2019) menyatakan bahwa famili tersebut memiliki ketahanan terhadap polutan seperti logam kadmium dan tembaga pada sedimen dan perairan sehingga kehadirannya dapat menunjukkan kualitas air yang buruk. Sehingga berdasarkan famili yang ditemukan dapat diketahui kualitas perairan Kanal Mangetan adalah buruk.

Hasil perhitungan keanekaragaman yang terpampang pada Tabel 3. Menunjukkan bahwa stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3 menunjukkan tingkat keanekaragaman yang rendah karena nilai indeks keanekaragamannya berada pada kurang dari 1. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya berdasarkan Firdaus dkk (2014) yang menunjukkan bahwa keanekaragaman makrozoobentos di Kanal Mangetan berada pada kategori rendah. Menurut Meisaroh dkk (2018) bahwa dengan tingkat keaneka-

ragaman yang rendah mampu diindikasikan jumlah individu yang rendah dan tidak merata serta kestabilan komunitas yang rendah dan keadaan lingkungan tercemar berat.

Perhitungan *Famili Biotic Index* (FBI) ditunjukkan pada tabel 1 yakni stasiun 1 memiliki hasil 6,16; dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan Tabel 1. Kualitas air agak buruk sedangkan untuk stasiun 2 dan stasiun 3 dengan nilai 7,43 dan 7,45 menunjukkan kualitas air pada stasiun tersebut adalah buruk. Menurut Kartikasari (2013) penggunaan indeks biologi seperti perhitungan FBI pada makroinvertebrata dapat mencerminkan kualitas perairan, sehingga dalam hasil FBI yang termasuk kedalam kualitas agak buruk dan buruk dapat terjadi akibat masuknya polutan yang sedang hingga parah kedalam perairan. Hal tersebut diperkuat Galindo-Pérez dkk (2017) bahwa dengan hasil FBI yang menunjukkan kualitas air buruk maka sangat berkaitan dengan banyaknya polutan yang masuk ke-

Tabel 3
Hasil Perhitungan Indeks Biologi

| No | Indeks Biologi | Nilai | | |
|----|----------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 |
| 1 | H' | 0,62 | 0,91 | 0,71 |
| 2 | FBI | 6,16 | 7,43 | 7,45 |
| 3 | D | 0,73 | 0,54 | 0,58 |
| 4 | E | 0,38 | 0,66 | 0,64 |

Sumber: Data Primer, 2021

dalam perairan dikarenakan setiap famili memiliki nilai toleransi yang berbeda sehingga dengan keadaan tercemar maka famili makrozoobentos yang diperoleh akan memiliki nilai yang tinggi karena memiliki tingkat ketahanan yang tinggi terhadap polutan dibandingkan dengan bioindikator yang memiliki sifat sensitif terhadap pencemaran lingkungan, maka famili makrozoobentos memiliki nilai rendah.

Hasil pada perhitungan dominansi pada stasiun 1 memiliki hasil 0,73; stasiun 2 memiliki hasil 0,54; stasiun 3 memiliki hasil 0,58. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh mendekati ketetapan yaitu 1 sehingga pada ketiga stasiun tersebut terdapat dominansi suatu spesies. Menurut Indriyanto (2015) dalam Nuraina dkk (2018) bahwa dominansi menjadi parameter yang menyatakan terpusatnya suatu organisme dalam suatu komunitas dan mampu terpusat pada satu jenis organisme atau beberapa jenis sehingga mempengaruhi tinggi rendahnya suatu dominansi. Hal ini sesuai dengan data yang diperoleh bahwa terjadi dominansi pada satu spesies, terlihat pada stasiun 1 famili Tharidae yang mendominasi dengan jumlah 135 ekor, pada stasiun 2 dan stasiun 3 famili Chironomonidae mendominasi dengan jumlah 164 ekor dan 119 ekor pada masing-masing stasiun, dengan dominasi famili tersebut berdasarkan pada Rini (2011) bahwa famili Tharidae tahan akan polutan dan famili Chironomonidae yang sangat tahan akan polutan dapat diketahui bahwa kualitas air yang buruk.

Perhitungan indeks keseragaman menunjukkan pada stasiun 1 memiliki hasil 0,38 yang menandakan tingkat keseragaman yang rendah, sedangkan pada stasiun 2 dan stasiun 3 memperoleh hasil 0,66 dan 0,64 pada masing-masing stasiun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat keseragaman

pada stasiun 2 dan stasiun 3 adalah tinggi. Menurut Pasengo (1995) dalam Suhendra dkk (2019) bahwa semakin kecil tingkat keseragaman maka menunjukkan penyebaran jumlah individu yang tidak sama dan menunjukkan dominasi pada salah satu individu sedangkan jika semakin besar indeks keseragaman maka jumlah individu merata. Hal ini sesuai dengan hasil terutama pada stasiun 1 yang memiliki tingkat keseragaman paling rendah dan tingkat dominasi yang paling tinggi, dengan adanya keseragaman yang rendah dan dominasi yang tinggi menurut Rizka dkk (2016) dalam Suhendra dkk (2019) bahwa kondisi tersebut terjadi akibat adanya gangguan dari kondisi lingkungannya yang akan mempengaruhi factor lain seperti ketersediaan sumber nutrisi, kompetisi antar spesies dan begitu juga dengan intra spesies.

Penelitian keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Kanal Mangetan merupakan penelitian permulaan yang dapat dikembangkan kembali sehingga saran untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan pengulangan pada setiap stasiun minimal 3 kali, selain itu dapat menambahkan titik pengambilan sampel dengan menambah sub stasiun pada setiap titik. Penambahan tidak hanya dalam pengambilan sampel namun juga dapat dilakukan penambahan parameter seperti parameter fisika dan kimia. Pengolahan data juga perlu ditambahkan terutama pada perhitungan stastika yang menghubungkan antara sifat fisika, kimia, dan biologi pada perairan Kanal Mangetan. Pengembangan penelitian ini berfungsi untuk meningkatkan kevalidan data untuk memperkuat kualitas air di Kanal Mangetan. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka kehadiran atau tidaknya makrozoobentos dapat menggambar-

kan kualitas perairan serta keanekaragaman yang diperoleh bisa memberikan gambaran terkait keseimbangan alam dengan hasil yang rendah maka terjadinya pencemaran pada Kanal Mangetan sehingga perlu adanya upaya untuk menjaga lingkungan dari berbagai sektor yaitu masyarakat, pemerintah, dan industri yang beroperasi di sekitar Kanal Mangetan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dar, M. A., Belal, A. A., & Madkour, A. G. (2018). The differential abilities of some molluscs to accumulate heavy metals within their shells in the Timsah and the Great Bitter lakes, Suez Canal, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(4), 291–298. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.008>
- Desmawati, I., Adany, A., & Java, A. (2019). *Studi Awal Makrozoobentos di Kawasan Wisata Surabaya*. 8(2).
- Dewiyanti, G. A. D., Bambang, I., & Moehammadi, N. (2015). Kepadatan Dan Keanekaragaman Plankton di Perairan Mangetan Kanal Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur dari Daerah Hulu, Daerah Tengah dan Daerah Hilir Bulan Maret 2014. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3(1), 37–46.
- Diantari, N. P. R., Ahyadi, H., Rohyani, I. S., & Suana, I. W. (2018). Keanekaragaman serangga Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Jangkok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 14(3), 135. <https://doi.org/10.5994/jei.14.3.135>
- Dimenta, R. H., Agustina, R., & Machrizal, R. (2020). *Kualitas Sungai Bilah Berdasarkan Biodiversitas Fitoplankton*. 11(2), 24–33.
- Dornfeld, C. B., Rodgher, S., Negri, R. G., Espíndola, E. L. G., & Daam, M. A. (2019). *Chironomus sancticaroli* (Diptera, Chironomidae) as a Sensitive Tropical Test Species in Laboratory Bioassays Evaluating Metals (Copper and Cadmium) and Field Testing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 76(1), 42–50. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0575-1>
- Dwirastina, M., & Ditya, Y. C. (2018). Penilaian Kualitas Perairan Ditinjau dari Keanekaragaman Infauna di Sungai Kumbe, Papua. *Jurnal Limnotek*, 25(1), 30–38.
- Firdaus, D. F. R., Irawan, B., & Soedarti, T. (2014). Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos di Saluran Induk Mangetan Kanal, Kabupaten Sidorarjo. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 2(2), 11–15.
- Galindo-Pérez, E. J., Chávez-Sandoval, B. E., Espinoza-Graciano, E., Del Carmen Flores-Martínez, M., Del Pilar Villeda-Callejas, M., Bhalli, J. A., Tejocote-Pérez, M., & García-Franco, F. (2017). Cave macroinvertebrates as bioindicators of water quality. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(5), 5–17. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-01>
- Izimiarti. (2021). Keanekaragaman Makrozoobentos Di Air Terjun Kulu. *Jurnal Sumberdaya Dan Lingkungan*, 2(1), 261–272.
- Kartikasari, D. (2013). Application of Water Quality and Ecology Indices of Benthic Macroinvertebrate To Evaluate Water Quality of Tertiary Irrigation in Malang District. *Journal of Tropical Life Science*, 3(3), 193–201. <https://doi.org/10.11594/jtIs.03.03.09>
- Meisaroh, Y., Restu, I. W., & Pebriani, D. A. A. (2018). Struktur Komunitas Makrozoobenthos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Pantai Serangan Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1), 36. <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i01.p05>
- Nuraina, I., Fahrizal, & Prayogo, H. (2018). Ismi Nuraina, Fahrizal, Hari Prayogo. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(1), 137–146.
- Rachman, H., Priyono, A., & Usli, D. A. N. Y. (2017). Makrozoobenthos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Di Sub Das Ciliwung Hulu. *Media Konservasi*, 21(3), 261–269. <https://doi.org/10.29244/medkon.21.3.261-269>
- Rini, Daru Setyo. 2011. *Ayo Cintai Sungai Panduan Penilaian Kesehatan Sungai Melalui Pemeriksaan Habitat Sungai dan Biotilik*. Gresik: ECOTON
- Sahidin, A., Zahidah, Herawati, H., Wardiatno, Y., & Partasmita, R. (2018). Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir

- Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(3), 1123–1129. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190347>
- Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattulloh, P. (2018). Komparasi Indeks Keanekaragaman dan Indeks Dominansi Fitoplankton di Sungai Ciliwung Jakarta (Comparison Of Diversity Index And Dominant Index of Phytoplankton At Ciliwung River Jakarta). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 75. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.3338>
- Sudarso, J., Imroatushshoolikhah, & Mui, N. (2015). Komunitas Makrozoobentos di Dua Tipe Mikrohabitat Danau Tondano (Macrozoobenthos Communities in Two Types of Microhabitat of Lake Tondano). *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 41(3), 327–338.
- Suhendra, N., Hamdani, H., Hasan, Z., & Padjadjaran, U. (2019). *Pesisir Pangandaran*. X(1).
- Tarida, Pribadi, R., & Pramesti, R. (2018). Struktur Dan Komposisi Gastropoda Pada Ekosistem Mangrove Di Kecamatan Genuk Kota Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(2), 106–112.
- Turley, M. D., Bilotta, G. S., Chadd, R. P., Extence, C. A., Brazier, R. E., Burnside, N. G., & Pickwell, A. G. G. (2016). A sediment-specific family-level biomonitoring tool to identify the impacts of fine sediment in temperate rivers and streams. *Ecological Indicators*, 70, 151–165. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.040>
- Ulfah, Y., & Zainuri, M. (2012). Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Wilayah Morosari Desa Bedono Kecamatan Sayung Demak. *Diponegoro Journal of Marine Research*, 1(2), 188–196. <https://doi.org/10.14710/jmr.v1i2.2037>
- Yunita, F., Leiwakabessy, F., & Rumahlatu, D. (2018). Macrozoobenthos Community Structure in the Coastal Waters of Marsegu Island, Maluku, Indonesia. *International Journal of Applied Biology*, 2(1), 1–11.
- Zakiawati, D., Afiati, N., & Purnomo, P. W. (2021). Makrozoobentos Sebagai Indikator Status Pencemaran Antar Musim di Anak Sungai Bogowonto, Yogyakarta. *Jurnal Pasir Laut*, 5(1), 17–25.