

Inventory of Aquatic Insects as Bioindicators of Pollution in Sosongian Watershed, South Minahasa District .

Sara H. Roesli¹, James B. Kaligis¹,
Jackson F. Watung²

¹Jurusan/Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

²Jurusan/Prodi Hama Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author:
jacksonwatung@unsrat.ac.id

Manuscript received: 23 Nov 2025.

Revision accepted: 22 Dec. 2025.

Abstract. Over time, human activities have increased, resulting in potentially polluted rivers. Variations in aquatic insect populations in freshwater ecosystems can indicate the possibility of pollution. This study aims to inventory and identify various types of aquatic insects as bioindicators of pollution in the Sosongian watershed, South Minahasa Regency. Sampling was conducted using *kick sampling*, *hand picking*, and sweeping techniques at three Sosongian river stations. Identification of aquatic insects using identification key McCafferty (1981); Morse et al (1994); Yule & Hoi sen (2004); Nebois (1991); Carver (1991). The results found six orders and 21 families of aquatic insects.

Key Words: *Inventory, Aquatic Insects, Pollution Bioindicators*

Abstrak. Seiring berjalannya waktu, aktivitas manusia terus meningkat dan mengakibatkan sungai berpotensi tercemar. Variasi populasi serangga air yang ada dalam ekosistem air tawar bisa mengindikasikan kemungkinan pencemaran terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi dan mengidentifikasi berbagai jenis serangga air sebagai bioindikator pencemaran di DAS Sosongian, Kabupaten Minahasa Selatan. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *kick sampling*, *hand picking*, dan sapuan pada tiga stasiun sungai sosongian. Identifikasi serangga air menggunakan kunci identifikasi McCafferty (1981); Morse et al (1994); Yule & Hoi sen (2004); Nebois (1991); Carver (1991). Hasil penelitian ditemukan sebanyak enam ordo dan 21 famili serangga air.

Kata Kunci: *Inventarisasi, Serangga Air, Bioindikator Pencemaran*

PENDAHULUAN

Salah satu contoh sumber air yang selalu dijumpai adalah sungai. Selain sebagai sumber air bersih bagi kebutuhan sehari-hari, sungai adalah habitat bagi berbagai jenis biota air. Seiring berjalannya waktu, aktivitas manusia terus meningkat dan mengakibatkan sungai berpotensi tercemar. Karena bersifat sebagai ekosistem perairan terbuka, maka sungai berpeluang menerima masukan dari berbagai buangan atau limbah yang berasal dari aktivitas manusia di daerah pertanian, pemukiman, dan industri yang ada di sekitarnya (Zamroni et al, 2017). “Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan”, hal ini tertuang dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Aliran air sungai yang

terkontaminasi oleh komponen-komponen asing ini menyebabkan perubahan komposisi kimiawi air dan struktur populasi organisme yang hidup di dalamnya.

Dewasa ini, penerapan metode biologis dengan menggunakan serangga air untuk mengetahui kondisi ekosistem perairan sudah semakin berkembang. Metode ini merupakan cara yang tepat untuk mendeteksi perubahan kondisi air karena serangga air memiliki preferensi habitat dan sensitivitas terhadap perubahan lingkungan yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa serangga air merupakan bioindikator yang efektif untuk memberikan informasi perubahan ekosistem perairan. Suwarno (2015) mengemukakan bahwa keragaman serangga air pada kondisi perairan yang bersih cenderung lebih banyak jika dibandingkan dengan kondisi perairan tercemar. Keragaman serangga air cenderung menurun seiring dengan pergeseran lokasi survei menuju daerah hilir sungai, kecuali ordo Diptera (Hasriyanty et

al, 2022). Oleh karena itu, variasi populasi serangga air yang ada dalam ekosistem air tawar bisa mengindikasikan kemungkinan pencemaran terjadi.

Sungai Sosongian adalah sungai yang melintasi Desa Tumpaan Dua, Kecamatan Tumpaan, Kabupaten Minahasa Selatan. Seperti banyak sungai lainnya, aliran sungai Sosongian tentunya tidak terlepas dari berbagai aktivitas manusia di sekitarnya. Hal ini dapat mempengaruhi kebersihan air dan ekosistem sungai secara keseluruhan, serta mempengaruhi populasi dari serangga air di sungai Sosongian. Tujuan penelitian

ini adalah untuk menginventarisasi dan mengidentifikasi berbagai jenis serangga air sebagai bioindikator pencemaran di Daerah Aliran Sungai Sosongian, Kabupaten Minahasa Selatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan mengambil sampel serangga air di Daerah Aliran Sungai Sosongian, Kabupaten Minahasa Selatan. Pengambilan sampel serangga air dilakukan pada tiga stasiun Gambar 1.



Gambar 1. Stasiun Pengambilan Sampel.

Titik Koordinat Stasiun I: 01°14'03.97"N 124°38'30.36"E; Titik Koordinat Stasiun II: 01°14'04.76"N 124°37'56.04"E; Titik Koordinat Stasiun III: 01°13'59.76"N 124°37'11.09"E.

Identifikasi sampel dilaksanakan di laboratorium Entomologi dan Fitopatologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi. Penelitian ini berlangsung selama empat bulan yaitu sejak bulan Oktober 2024 – Januari 2025.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah formalin, alkohol 70%, etil asetat, jaring serangga air dan jaring serangga (aerial), Global Positioning System (GPS), botol pembunuh (killing bottle), botol koleksi, bola pingpong, kertas lakmus, kertas label, stopwatch, sstoples,

ember plastik, kuas, mikroskop, cawan petri, pipet, alat-alat gelas, dissecting set, dan alat dokumentasi.

Metode Penelitian

Pengambilan sampel serangga air dilakukan menggunakan teknik *kick sampling*, *hand picking*, dan sapuan pada tiga stasiun di Daerah Aliran Sungai Sosongian. Sampel serangga air yang diperoleh dari sungai dibawa ke laboratorium Entomologi dan Fitopatologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi untuk diidentifikasi. Proses identifikasi serangga air menggunakan kunci identifikasi McCafferty (1981); Morse *et al* (1994); Yule & Hoi Sen (2004), Nebois (1991), dan Carver (1991). Setelah diidentifikasi, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif

menggunakan formula indeks biotik dan indeks keragaman.

Untuk mengetahui debit air, maka kecepatan arus sungai diukur dengan menggunakan bola pingpong dan stopwatch. Ketika bola pingpong dilepaskan ke sungai, stopwatch diaktifkan. Jarak titik awal pelepasan bola pingpong dengan titik akhir yang ditentukan adalah sekitar tiga meter. Selain data debit air sungai, data pH setiap stasiun juga diambil menggunakan kertas lakmus.

Prosedur Kerja

Pengambilan sampel serangga air pradewasa menggunakan teknik *kick sampling* dilakukan menggunakan jaring serangga air berbentuk segitiga. Jaring tersebut diletakkan di dasar sungai yang berlawanan dengan arus air mengalir, kemudian bebatuan dan kerikil di sekitar jaring (satu hingga dua meter di atasnya) ditendang selama 10 menit menggunakan kaki. Sedangkan pada teknik *hand picking*, bebatuan dengan ukuran yang besar diambil dari dasar sungai dan dimasukkan ke dalam ember plastik. Serangga yang menempel atau bergerak pada permukaan bebatuan dikumpulkan dengan cara dibilas menggunakan air dan juga diambil menggunakan kuas. Teknik sapuan dilakukan untuk memperoleh serangga imago yang berada di sekitar sungai, ini diperlukan untuk memperkuat bukti keberadaan serangga air stadia pradewasa yang ada di dalam air sungai. Serangga air pradewasa yang terkumpul dimasukkan ke dalam sstoples berisi campuran air sungai dan formalin. Setelah sampel serangga air mati, larutan formalin dalam sstoples diganti dengan campuran antara air dan alkohol 70% dalam perbandingan 50:50, kemudian disimpan sebelum disortir dan diidentifikasi. Serangga imago yang diperoleh dimasukkan ke dalam *killing bottle* berisi etil asetat.

Sampel serangga air yang diperoleh dari sungai diidentifikasi di laboratorium

dengan membandingkan ciri morfologi sampel yang diamati dan ciri morfologi serangga air pada kunci identifikasi. Sampel serangga air yang diperoleh diidentifikasi sampai tingkat famili. Ciri morfologi sampel diamati menggunakan bantuan mikroskop. Setelah itu, botol koleksi diisi dengan campuran air dan alkohol 70% dalam perbandingan 50:50. Setiap sampel yang telah teridentifikasi dimasukkan ke dalam botol koleksi yang telah diberi label sesuai dengan famili.

Analisis Data

Dalam penelitian ini, data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan formula indeks keragaman (Shannon Wiener) dan indeks biotik (Hilsenhoff, 1977). Selain itu, dilakukan juga perhitungan debit air.

Penentuan indeks keragaman dilakukan menggunakan formula menurut Shannon Wiener:

$$H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \log \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

dimana

H = Indeks Diversitas

Ni = Nilai Penting dari Setiap Spesies

N = Nilai Total Penting

Kriteria indeks keragaman dibagi menjadi tiga, yaitu:

$H' < 1$: Keragaman jenis rendah

$1 < H' < 3$: Keragaman jenis sedang

$H' > 3$: Keragaman jenis tinggi

Perhitungan indeks biotik dilakukan menggunakan formula menurut Hilsenhoff (1977):

$$BI = \frac{\sum n_i \times a_i}{N}$$

Dimana:

n_i = Jumlah Spesimen Pada Setiap

Kelompok Taksonomi

a_i = Skor Toleransi Polusi

N = Jumlah Serangga Dalam Sampel

Tabel 1. Kategori kualitas air berdasarkan nilai indeks biotik menurut Hilsenhoff (1977)

Indeks Biotik	Kualitas Air
< 1.75	Sangat Baik
1.75 – 2.25	Baik
> 2.25 – 3.00	Cukup
> 3.00 – 3.75	Buruk
> 3.75	Sangat Buruk

Perhitungan debit air dilakukan menggunakan formula berikut:

$$Q = V \times A \text{ dimana}$$

$$V = \frac{s}{t} \text{ dan } A = P \times L$$

dimana:

Q = Debit, Volume Air yang melewati Saluran (m³/s)

V = Kecepatan Aliran Air (m/s)

A = Luas Penampang Saluran Sungai (m²)

s = Jarak Tempuh (m)

t = Waktu Tempuh (s)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis dan Populasi Serangga Air

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, ditemukan sebanyak enam ordo serangga air di Daerah Aliran Sungai Sosongian, kabupaten Minahasa Selatan.

Ordo yang teridentifikasi antara lain adalah ordo Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Lepidoptera, dan Coleoptera.

Penerapan kombinasi teknik pengambilan sampel *kick sampling*, *hand picking*, dan sapuan dapat membantu untuk menemukan beragam jenis serangga air. Teknik *kick sampling* dan *hand picking* dapat digunakan untuk memperoleh serangga air stadia pradewasa. Penemuan stadia imago dari jenis serangga air tertentu di atas permukaan sungai, dapat memperkuat bukti keberadaan serangga air stadia pradewasa yang sama di dalam air sungai. Contohnya, dalam penelitian ini ditemukan imago dari famili Chlorocyphidae dan Gerridae, namun tidak ditemukan stadia pradewasa dari famili yang sama.

Tabel 2. Jenis serangga air di Stasiun I

Ordo	Famili	Jumlah
Ephemeroptera	Baetidae	17
Odonata	Protoneuridae	9
	Coenagrionidae	1
	Libellulidae	3
	Calopterygidae	1
	Veliidae	15
Hemiptera	Gerridae	32
	Nepidae	1
Total Populasi:		79

Pada Tabel 3. ditunjukkan hasil identifikasi serangga air yang ditemukan di stasiun I, dimana terdapat 79 sampel dari tiga ordo yaitu ordo Ephemeroptera, Odonata, dan Hemiptera. Stasiun I merupakan lokasi pengambilan sampel yang disekitarnya didominasi oleh hutan alami dengan sedikit aktivitas pertanian.

Lokasi stasiun I berada jauh dari pemukiman, sehingga dapat dikatakan bahwa lokasi ini cenderung bebas dari aktivitas manusia yang signifikan. Sungai yang mengalir di stasiun I memiliki arus yang tergolong deras, alurnya lurus dan tidak berkelok-kelok, memiliki dasar sungai yang berpasir tanpa adanya bebatuan, dan

kedalaman sungai di lokasi ini tidak terlalu dalam.

Tabel 3. Jenis Serangga Air di Stasiun II

Ordo	Famili	Jumlah
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	61
	Baetidae	63
	Caenidae	15
Trichoptera	Tricorythidae	3
	Tasimiidae	3
	Hydropsychidae	2
	Philopotamidae	14
	Glossosomatidae	3
	Lepidostomatidae	6
	Rhyacophillidae	3
	Odontoceridae	1
	Protoneuridae	1
Odonata	Calopterygidae	3
	Chlorocyphidae	1
	Coenagrionidae	2
	Libellulidae	2
Lepidoptera	Crambidae	4
Coleoptera	Psephenidae	6
Hemiptera	Veliidae	65
	Gerridae	18
Total Populasi:		276

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan, jumlah serangga air terbanyak ditemukan di stasiun II dengan total 276 serangga.

Data jenis serangga air pada Tabel 3.2 menunjukkan bahwa famili Veliidae yang termasuk dalam ordo Hemiptera, merupakan famili dengan jumlah individu terbanyak yang teridentifikasi dari pengambilan sampel di stasiun II dengan

total individu mencapai 65 serangga. Lokasi stasiun II berada dibawah air terjun, memiliki arus yang tenang, dasar sungai berpasir dan terdapat banyak bebatuan kecil hingga besar, serta kedalaman sungai yang tidak terlalu dalam. Kondisi lingkungan disekitar stasiun II masih didominasi oleh hutan alami dan tidak terdapat aktivitas pertanian maupun pemukiman.

Tabel 4. Jenis Serangga Air di Stasiun III

Ordo	Famili	Jumlah
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10
Odonata	Coenagrionidae	1
Trichoptera	Rhyacophillidae	2
Hemiptera	Veliidae	5
Total Populasi:		18

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa jumlah serangga air dari famili Leptophlebiidae paling dominan di antara tiga famili lainnya, yaitu famili Coenagrionidae dari ordo Odonata, famili Rhyacophillidae dari ordo Trichoptera, dan famili Veliidae dari ordo Hemiptera. Pada stasiun III sudah terdapat aktivitas manusia

yang cukup signifikan. Lokasi stasiun III terletak di dekat pemukiman penduduk, lahan pertanian, dan peternakan. Daerah Aliran Sungai ini sering dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk berbagai keperluan, seperti mencuci pakaian, irigasi pertanian, sebagai sumber air minum ternak, dan tempat mengambil pasir.

Stasiun III memiliki arus yang cukup deras, dasar sungai berpasir dan terdapat batuan kecil di tepi sungai, serta kedalaman sungai yang cukup dalam.

Rata-rata nilai pH yang diperoleh dari setiap stasiun adalah 6. Ordo Ephemeroptera, Odonata, dan Hemiptera ditemukan pada setiap stasiun. Selain itu, ordo Trichoptera ditemukan pada stasiun II dan III. Menurut Diantari et al. 2018, pH tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keberadaan serangga EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).

Nilai debit air tertinggi adalah 1,68 m³/s yaitu pada stasiun III, debit air stasiun

I adalah 1,62 m³/s, dan nilai debit air terendah adalah 1,47 m³/s yaitu pada stasiun II. Debit air dapat mempengaruhi ketersediaan oksigen terlarut dalam air (Trianto et al. 2020).

Indeks Keragaman dan Indeks Biotik

Menurut Febrian, et al 2022, keragaman ditentukan dari banyaknya jenis serta kelimpahan individu yang merata pada setiap jenis yang diperoleh. Semakin banyak jenis yang diperoleh, maka semakin besar pula nilai suatu keragaman. Nilai ini dipengaruhi oleh jumlah total individu dari setiap jenis.

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Indeks Keragaman Daerah Aliran Sungai Sosongian

Ordo	Jumlah	ni/N	Ln ni/N	H'
Ephemeroptera	169	0,45308311	-0,791679705	-0,358696703
Trichoptera	34	0,091152815	-2,395217895	-0,218330854
Odonata	24	0,064343164	-2,743524589	-0,176527051
Lepidoptera	4	0,010723861	-4,535284059	-0,048635754
Coleoptera	6	0,016085791	-4,12981895	-0,066431404
Hemiptera	136	0,36461126	-1,008923534	-0,367864881
N	369			-1,236486647

Hasil perhitungan indeks keragaman yang disajikan pada tabel di atas menunjukkan bahwa keragaman jenis serangga air yang digabungkan dari tiga stasiun di Daerah Aliran Sungai Sosongian tergolong rendah karena nilai indeks keragaman yang diperoleh < 1.

Karakteristik lingkungan pada setiap stasiun menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan karakteristik lingkungan ini diduga dapat mempengaruhi jenis dan populasi serangga air yang terdapat di Daerah Aliran Sungai Sosongian. Stasiun II memiliki jenis serangga air yang lebih banyak dibandingkan dengan stasiun I dan III. Diduga hal ini disebabkan oleh perbedaan kondisi habitat. Lokasi stasiun II berada dibawah air terjun, sehingga pertukaran oksigen terus berjalan. Pada dasar sungai stasiun II, terdapat banyak bebatuan dengan ukuran beragam yang mendukung karakteristik habitat dari serangga air yang

sering menempel atau berlindung diantara bebatuan tersebut. Selain itu, lokasi stasiun II berada dibawah tebing dan dikelilingi hutan alami, sehingga kemungkinan sungai tercemar oleh aktivitas pertanian masih minim, namun sudah terdapat aktivitas manusia yang beresiko mencemari sungai seperti mencuci pakaian di sungai. Stasiun I juga masih dikelilingi oleh hutan alami dengan sedikit aktivitas pertanian. Stasiun I juga memiliki dasar sungai yang berpasir tanpa adanya bebatuan, sementara stasiun III terdapat batuan kecil di tepi sungai yang bisa terjangkau. Lokasi stasiun III sudah dikelilingi oleh pemukiman, lahan pertanian, dan juga perternakan yang beresiko mencemari sungai dengan limbah yang dihasilkan dari aktivitas setiap lahan tersebut.

Moniaga (2021) menyebutkan bahwa tingkat pencemaran air sungai dapat ditentukan dengan menggunakan formula indeks biotik menurut Hilsenhoff 1977.

Nilai indeks biotik stasiun I memiliki nilai diantara 1.75 – 2.25 (kualitas air: baik) dengan nilai 2,052631579, indeks biotik stasiun II memiliki nilai <1.75 (kualitas air: sangat baik) dengan nilai 1,494623656, indeks biotik stasiun III juga memiliki nilai <1.75 dengan nilai 1.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Daerah Aliran Sungai Sosongian terdapat enam ordo yaitu: a) Ephemeroptera; b) Hemiptera; c) Trichoptera; d) Odonata; e) Coleoptera; f) Lepidoptera. Ditemukan sebanyak 369 individu serangga air dengan jumlah populasi tertinggi terdapat pada ordo Ephemeroptera dan Hemiptera. Sementara jumlah populasi terendah terdapat pada ordo Lepidoptera. Indeks keragaman Daerah Aliran Sungai Sosongian tergolong rendah dengan nilai <1 yaitu -1,236486647. Pada sisi lain, indeks biotik stasiun III tergolong sangat baik dengan nilai < 1.75, yaitu 1. Selain itu, indeks biotik stasiun II dengan nilai < 1.75, yaitu 1,494623656 dan kualitas air dianggap sangat baik. Indeks biotik stasiun I tergolong baik dengan nilai 2,052631579. Disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan terkait inventarisasi serangga air sebagai bioindikator di sumber aliran sungai Sosongian yang berada pada area hulu di desa Kaneyan.

DAFTAR PUSTAKA

- AL-Ameen, N. I., & Al-Jaff, D. K. (2023). Sediment Assessment of Al-Hindiyah and Al-Abbasyia River / Iraq by aquatic oligochaeta community as bioindicators. *Baghdad Science Journal*, 20(1), 13–16. <https://doi.org/10.21123/bsj.2022.6728>
- Addo-Bediako, A. (2022). ASSESSMENT OF FUNCTIONAL FEEDING GROUPS OF AQUATIC INSECT COMMUNITIES IN THE MOHLAPITSI RIVER, SOUTH AFRICA. *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(5), 4283–4294. https://doi.org/10.15666/aeer/2005_42834294
- Azmi, W. A., Hussin, N. H., & Amin, N. M. (2018). Monitoring of water quality using aquatic insects as biological indicators in three streams of Terengganu. *Journal of Sustainability Science and Management*, 13(1), 67–76.
- Brasil, L. S., Oliveira-Junior, J. M. B., Shimano, Y., Dias-Silva, K., & Juen, L. (2022). AQUATIC INSECTS BIOINDICATORS OF LAND USE CHANGE IN PARÁ, BRAZIL: EVIDENCE AND PERSPECTIVES. *Oecologia Australis*, 26(3), 424–444. <https://doi.org/10.4257/oeco.2022.2603.03>
- Borkataki, S., Bhattacharyya, B., Medhi, B. K., & Bhagawati, S. (2021). Impact of water quality parameters on aquatic insect fauna of Majuli river island, Assam, India. *Journal of Environmental Biology*, 42(2), 333–342. [https://doi.org/10.22438/jeb/42/2\(SI\)/SI-223](https://doi.org/10.22438/jeb/42/2(SI)/SI-223)
- Chakravarty, T., & Gupta, S. (2021). Monitoring of river health using aquatic insects: A study on Jatinga River, North East India. *Aquatic Research*, 4(4), 363–375. <https://doi.org/10.3153/ar21031>
- Carver, M., G. F. Gross., dan T. E. Woodward. 1991. Hemiptera. Dalam: Naumann, I. D., P. B. Carne., J. F. Lawrence., E. S. Nielsen, J. P. Spradbery, R. W. Taylor, M. J. Whitten, M. J. Littlejohn (eds). *The Insects of Australia: A Textbook for Students and Research Workers*. Vol 1. Melbourne University Press. Victoria.
- Diantari, N. P. R., H. Ahyadi., I. S. Rohyani, dan I. W. Suana. 2018. “Keanekaragaman Serangga

- Ephemeroptera, Plecoptera, Dan Trichoptera Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Sungai Jangkok, Nusa Tenggara Barat.” *Jurnal Entomologi Indonesia* 14(3):135. doi: 10.5994/jei.14.3.135.
- Febrian, I., E. Nursaadah., dan B. Karyadi. 2022. Analisis Indeks Keanekaragaman, Keragaman, Dan Dominansi Ikan Di Sungai Aur Lemau Kabupaten Bengkulu Tengah. *Bioscientist Jurnal Ilmiah Biologi* 10(2):600. doi: 10.33394/bioscientist.v10i2.5056
- Grigoropoulou, A., Hamid, S. A., Acosta, R., Akindele, E. O., Al-Shami, S. A., Altermatt, F., ... Domisch, S. (2023). The global EPTO database: Worldwide occurrences of aquatic insects. *Global Ecology and Biogeography*, 32(5), 642–655. <https://doi.org/10.1111/geb.13648>
- Hilsenhoff, W. I. 1977. Use of Arthropods in Evaluate Water Quality of Streams. Technical Bulletin No.100. Department of Natural Resources. Madison, WI, pp. 1-15
- Hazarika, R. (2023). USE OF AQUATIC INSECTS TO ASSESS THE BIOLOGICAL STATUS OF A PERENNIAL POND IN ASSAM, NORTHEAST INDIA. *Indian Journal of Entomology*, 85(2), 297–302. <https://doi.org/10.55446/IJE.2022.794>
- Hasriyanty., A. Anshary., S. Saleh., M. Yunus., dan F. Pasaru. 2022. The Diversity of Aquatic Insects Surrounding the Gold Mining Areas of Central Sulawesi and Their Relation with Mercury Levels and Water Quality. *Jurnal Entomologi Indonesia* 19(3):235. doi: 10.5994/jei.19.3.235.
- Liaqat, I., Virk, N., & Mazhar Ali, N. (2023). Recent Advances in Evaluating Insects as Bioindicators of Heavy Metal Pollution. In *Heavy Metals - Recent Advances*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110212>
- Moniaga, W. M. 2021. Jenis, Populasi dan Parameter Ekologi Serangga Air serta Analisa Fisik Kimia Air sebagai Indikator Pencemaran di Daerah Aliran Sungai Tondano. [Disertasi]. Manado.
- Mario Arthur Favretto, Emili Bortolon dos Santos, & Osvaldo Onghero-Jr. (2023). Aquatic insects in plateau streams in Southern Brazil: a functional feeding group analysis. *Acta Biológica Catarinense*, 10(2), 12–21. <https://doi.org/10.21726/abc.v10i2.2054>
- Mahmoud, M. A., El-Naggar, H. A., Hasaballah, A. I., Haggag, A. A., & Selim, T. A. (2022). Aquatic insects as a biomonitoring and bioindicators for trace metals in the contaminated Al-Mahmoudia Canal, River Nile, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 26(1), 365–386. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2022.217582>
- Milosavljević, A., Milošević, Đ., & Predić, B. (2021). SPECIES IDENTIFICATION FOR AQUATIC BIOMONITORING USING DEEP RESIDUAL CNN AND TRANSFER LEARNING. *Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics*, 20(1), 001. <https://doi.org/10.22190/fuacr201118001m>
- McCafferty, W. Patrick. 1981. Aquatic Entomology. Printed in the United States of America; Arthur C. Bartlett.
- Morse, J. C., Y. Lianfang, dan T. Lixin. 1994. Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality. Hohai University Press. Nanjing.

- Nebois, A. 1991. Diptera. Dalam: Naumann, I. D., P. B. Carne., J. F. Lawrence., E. S. Nielsen, J. P. Spradbery, R. W. Taylor, M. J. Whitten, M. J. Littlejohn (eds). The Insects of Australia: A Textbook for Students and Research Workers. Vol 2. Melbourne University Press. Victoria.
- Parikh, G., Rawtani, D., & Khatri, N. (2021). "Insects as an Indicator for Environmental Pollution." *Environmental Claims Journal*, 33(2), 161–181.
<https://doi.org/10.1080/10406026.2020.1780698>
- Suwarno. 2015. Keragaman Serangga Akuatik Sebagai Bioindikator Kualitas Air di Danau Laut Tawar, Takengon. *Prosiding Semirate 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat*, Hal 461–470.
- Souto, R. de M. G., Corbi, J. J., & Jacobucci, G. B. (2019). Aquatic insects as bioindicators of heavy metals in sediments in cerrado streams. *Limnetica*, 38(2), 575–586.
<https://doi.org/10.23818/limn.38.33>
- S, S., R, S., & Kurup, B. S. (2024). Aquatic Insects as Bioindicators of Water Quality in the Achenkovil River, Kerala, India. *Current World Environment*, 18(3), 1192–1202.
<https://doi.org/10.12944/cwe.18.3.22>
- Trianto, M., Nuraini., Sukmawati., dan M. D. Kisman. 2020. Keanekaragaman Genus Serangga Air Sebagai Kualitas Perairan. *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi* 3(2):61–68.
- Thamsenanupap, P., Seetapan, K., & Prommi, T. (2021). Caddisflies (trichoptera, insecta) as bioindicator of water quality assessment in a small stream in northern thailand. *Sains Malaysiana*, 50(3), 655–665.
<https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5003-08>
- Wen, F., Yang, J., Huang, X., & Huang, X. (2022). Analysis of Differential Gene Expression of the Aquatic Insect *Protohermes costalis* (Walker) (Megaloptera: Corydalidae) in Response to Cadmium Exposure. *Environmental Entomology*, 51(4), 815–823.
<https://doi.org/10.1093/ee/nvac041>
- Xaaceph Khan, M., & Butt, A. (2023). Evaluation of Water Quality Using Physicochemical Parameters and Aquatic Insects Diversity. In *River Basin Management - Under a Changing Climate*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.108423>
- Yule, C. M., dan Y. Hoi Sen. 2004. Fresh Water Invertebrates of Malaysian Region. Academy of Sciences Malaysia. Kuala Lumpur.
- Zamroni, Y., G. Tresnani., I. Hadi., A. Muspiah., dan D. A. Candri. 2017. Monitoring Kualitas Air Sungai Aik Ampat Menggunakan Makroinvertebrata Biotik Indeks. *BioWallacea Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi* 3(3):106-109.