

Monitoring Of Aquatic Insects As Bioindicators Of River Pollution

Aksay K. Gurning*, Sofia Wantasen, Wilson M. Moniaga, Jackson F. Watung, Defly A.S Turang, Tommy B. Ogie

Faculty of Agriculture, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia, Universitas Sam Ratulangi. Jl. Kampus Bahu, Manado 95115, North Sulawesi, Indonesia.

*Corresponding author:
aksavgurning064@gmail.com

Manuscript received: 23 Oct. 2025
Revision accepted: 14 Dec. 2025

Abstract. Aquatic insects serve as reliable indicators for water quality. This study aims to monitor and identify various types of aquatic insects as bioindicators of pollution found in the Kali Pineleng River, Pineleng District, Minahasa Regency. Sampling was carried out using kick sampling, hand picking, and sweeping techniques at three Sosongian River stations. The process of identifying aquatic insects used the identification key of McCafferty (1981); Morse et al (1994); Yule & Y. Hoi Sen (2004). After identification, the data obtained were analyzed descriptively and quantitatively using the biotic index formula and diversity index. The results of the study found eight orders of aquatic insects with a total of 263 individuals from 24 families. The Hemiptera order dominates the number of individuals, followed by Ephemeroptera and Trichoptera. Sampling was conducted at three stations showing variations in composition and number of specimens, with Station II having the largest number of individuals. The Shannon-Wiener diversity index (H') showed a value of 1.45341, indicating moderate diversity in the aquatic insect community. In addition, the calculation of the Biotic Index (BI) at the three stations showed that the water quality was classified as "Good", reflecting the condition of the ecosystem that still supports the life of macroinvertebrates that are sensitive to pollution.

Keywords: Monitoring, aquatic insects, bioindicator, river pollution

Abstrak. Serangga air berfungsi sebagai indikator yang dapat diandalkan untuk kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk memantau dan mengidentifikasi berbagai jenis serangga air sebagai bioindikator pencemaran yang ditemukan di Sungai Kali Pineleng, Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik kick sampling, hand picking, dan sweeping di tiga stasiun Sungai Sosongian. Proses identifikasi serangga air menggunakan kunci identifikasi McCafferty (1981); Morse et al (1994); Yule & Y. Hoi Sen (2004). Setelah identifikasi, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan rumus indeks biotik dan indeks keanekaragaman.

Hasil penelitian menemukan delapan ordo serangga air dengan total 263 individu dari 24 famili. Ordo Hemiptera mendominasi jumlah individu, diikuti oleh Ephemeroptera dan Trichoptera. Pengambilan sampel dilakukan di tiga stasiun yang menunjukkan variasi komposisi dan jumlah spesimen, dengan Stasiun II memiliki jumlah individu terbanyak. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') menunjukkan nilai 1,45341, yang mengindikasikan keanekaragaman moderat pada komunitas serangga air. Selain itu, perhitungan Indeks Biotik (BI) di tiga stasiun menunjukkan bahwa kualitas air diklasifikasikan sebagai "Baik", mencerminkan kondisi ekosistem yang masih mendukung kehidupan makroinvertebrata yang sensitif terhadap polusi.

Kata kunci: Pemantauan, serangga air, bioindikator, polusi sungai

PENDAHULUAN

Biomonitoring dapat diartikan sebagai suatu teknik penggunaan respon makhluk hidup (organisme) secara sistematis untuk mengevaluasi perubahan-perubahan kualitas lingkungan (Náray & Kudász, 2016). Biomonitoring menggunakan

pengetahuan tentang ekosistem dengan berbagai dinamikanya untuk memantau berbagai langkah pengendalian lingkungan.

Serangga air termasuk salah satu kelompok makhluk hidup paling signifikan yang ditemukan di lingkungan perairan. Serangga air adalah jenis serangga yang

menghabiskan sebagian hidupnya di badan air, seperti sungai. Mereka berfungsi sebagai indikator yang andal untuk kualitas air. Beberapa serangga air rentan terhadap polusi, sedangkan yang lain mampu bertahan hidup dan berkembang biak di lingkungan yang tercemar. Untuk bertahan hidup, serangga terutama bergantung pada ketersediaan sumber makanan dan energi, seperti bahan organik. Serangga air merupakan bagian penting dari jaringan makanan di perairan dan berkontribusi terhadap siklus nutrisi dalam ekosistem perairan (Ejiadi *et al.* 2017)

Kelas kehidupan serangga yang sepenuhnya atau sebagian hidup di air dikenal sebagai serangga air. Makhluk-makhluk ini dapat bersifat berenang bebas, periphytic, atau benthik. Serangga air merupakan bagian penting dari jaringan makanan di perairan dan berkontribusi pada siklus nutrisi di lingkungan akuatik. Kelompok ini cenderung tinggal di dalam air untuk jangka waktu yang lama dalam berbagai kondisi. Beberapa spesies dapat bereaksi terhadap variasi dalam kualitas air, memberikan petunjuk tentang pencemaran. Sementara beberapa spesies serangga dapat bertahan hidup dan berkembang biak di perairan yang tercemar, yang lainnya sangat rentan terhadap pencemaran lingkungan. Karena karakteristik ini, serangga air dapat digunakan sebagai indikator kualitas air. Mereka sering digunakan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran air di berbagai lokasi (Jerry *et al.* 2023).

Sungai Kali Pineleng terletak di wilayah Minahasa, dekat Kota Manado, Sulawesi Utara, dan berperan penting bagi masyarakat sekitar. Sungai ini mengalir melalui kawasan perbukitan dan daerah dengan vegetasi alami, menyediakan air untuk irigasi, kebutuhan rumah tangga, serta mendukung ekosistem. Selain itu, Kali Pineleng juga bermuara ke Teluk Manado. Meski vital, sungai ini menghadapi tantangan seperti polusi akibat limbah domestik dan pertanian. Upaya konservasi

diperlukan untuk menjaga kelestarian sungai dan memastikan keberlanjutannya sebagai sumber daya air bagi lingkungan dan penduduk lokal (Ranny, 2014). Berdasarkan latar belakang di atas maka penting untuk dilakukan penelitian terkait bioindikator pencemaran terhadap lingkungan hidup. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memonitoring dan mengidentifikasi berbagai jenis-jenis serangga air sebagai bioindikator pencemaran yang terdapat di Daerah Aliran Sungai Kali Pineleng, Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa.

METODOLOGI

Pengambilan sampel serangga air dilakukan menggunakan teknik *kick sampling*, *hand picking*, dan sapuan pada tiga titik sungai Kali, yaitu titik hulu, tengah, dan hilir. Dimana titik pertama atau hulu masih kebanyakan vegetasi alami (hutan), pada titik kedua atau tengah kondisi yang terlihat banyak lahan pertanian dan pemukiman dan pada titik ketiga atau hilir terdapat pemukiman. 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 and oscoz Hoi Sen *et al.* (2011). Setelah diidentifikasi, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan formula indeks biotik dan indeks keragaman.

Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan formula indeks biotik dan indeks keberagaman.

a. Indeks Biotik (*Biotic Index:BI*)

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

$$BI = \sum ni ai / N$$

dimana;

ni = Jumlah spesimen pada setiap kelompok taksonomi

ai = skor toleransi polusi

N = jumlah serangga dalam sampel

b. Indeks Keragaman (H)

Penentuan indeks keragaman dapat menggunakan formula:

$$H = - (ni/N) \log ni/N$$

dimana:

H = Indeks Diversitas

ni = nilai penting dari setiap spesies

N = nilai total penting

c. Debit Air

Perhitungan debit air dilakukan menggunakan formula berikut:

$$V = Q \times A$$

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

dimana;

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

V = Kecepatan Aliran Air (m/s)

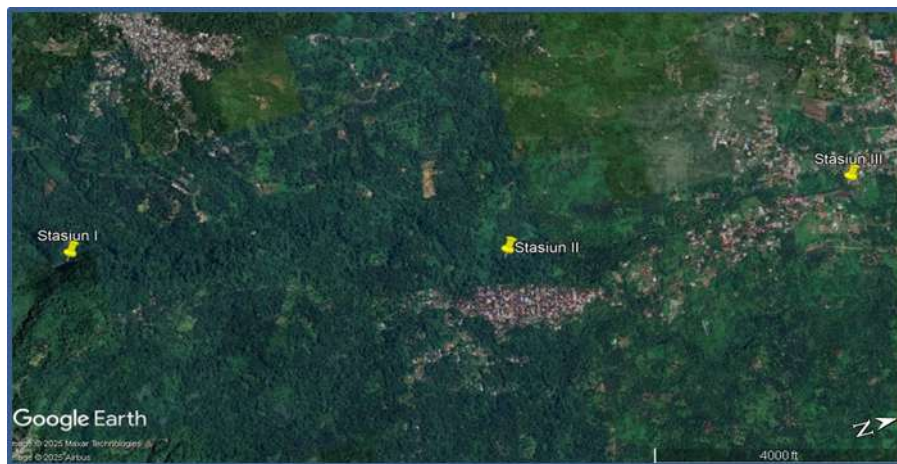
A = Luas Penampang Saluran Sungai (m²)

S = Jarak Tempuh (m)

T = Waktu Tempuh (m)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)



Gambar 4.1 Stasiun Pengambilan Sampel:

Titik Koordinat Stasiun I: 1°22'48.60"N 124°50'10.06"E ; Titik Koordinat

Stasiun II: 1°23'57.13"N 124°50'28.69"E; Titik Koordinat Stasiun III: 1°24'54.65"N 124°50'31.26"E

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, ditemukan sebanyak delapan ordo serangga air di Daerah Aliran Sungai Kali Pineleng, Kabupaten Minahasa. Ordo yang teridentifikasi antara lain adalah ordo Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, dan Plecoptera.

Identifikasi semua jenis serangga air yang ditemukan di Daerah Aliran Sungai Kali dilakukan hingga tingkat famili. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari tiga

lokasi pengambilan sampel, terdapat 24 famili yang terkumpul, yaitu famili Polycentropodidae, Hydropsychidae, Psychomyiidae, Ugandatridia (Ordo: Trichoptera); Baetidae, Tricorythidae, Drunella, Potamanthus, epeolus (Ordo: Ephemeroptera); Zygoptera, Coenagrionidae, Gomphidae, Libellulidae, Calopterygidae (Ordo: Odonata); Notonectidae, Geriidae, Veliidae (Ordo: Hemiptera); Mycetophilidae (Ordo: Diptera); Pyralidae (Ordo: Lepidoptera); Dytiscidae, Psephenidae, Hydrophilidae, Gyrinidae (Ordo: Coleoptera).

Tabel 1. Jenis Serangga Air di Stasiun II

Ordo	Famili	Jumlah
Ephemeroptera	Tricorythydae	25
	Drunella	1
	Potamanthus	1
	Epeolus	1
	Baetidae	45
Hemiptera	Veliidae	57
	Geriidae	16
Trichoptera	Hydropsychidae	14
	Polycentropodidae	6
	Ugandatridia	1
Coleoptera	Geriidae	1
Odonata	Coenagrionidae	4
	Libellulidae	2
	Calopterygidae	2
Lepidoptera	Pyralidae	1
Total Populasi		177

Pada Tabel 1. ditunjukkan hasil identifikasi serangga air yang ditemukan di stasiun I, dimana terdapat 63 sampel dari 6 ordo yaitu ordo Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Diptera dan Coleoptera. Pada stasiun I ditemukan tiga famili dari ordo Trichoptera, yaitu Polycentropodidae, Hydropsyche, Psychomyidae, Ordo Ephemeroptera terdiri dari satu famili yaitu Baetidae, Ordo Odonata terdiri dari tiga famili, yaitu Zygoptera, Coenagrionidae, Gomphidae, Ordo Hemiptera terdiri dari dua famili yaitu, Notonectidae, Geridae, Ordo Diptera terdiri dari satu famili yaitu, Mycetophilidae dan Ordo Coleoptera terdiri dari empat famili yaitu, Dytiscidae, Psephenidae, Hydrophilidae dan Gyrinidae.

Stasiun I merupakan lokasi pengambilan sampel yang disekitarnya didominasi oleh hutan alami. 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 dan adanya bebatuan, dan kedalaman sungai di lokasi ini tidak terlalu dalam.

Data jenis serangga air pada Tabel 4.2 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 57 serangga. Selanjutnya diikuti oleh famili Baetidae dari ordo Ephemeroptera dengan total mencapai 45 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 pemukiman dan lahan pertanian.

Debit air diperoleh dari kecepatan arus dan luas penampang. Hasil perhitungan pada tabel 4.4 menunjukkan nilai debit air tertinggi adalah $3,08 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu pada stasiun II, dan nilai debit air terendah adalah $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu pada stasiun I. Debit air dapat mempengaruhi ketersediaan oksigen terlarut dalam air (Trianto et al. 2020). Kecepatan arus (V) diperoleh dengan metode sederhana, yaitu menggunakan bola pingpong yang dihanyutkan setelah menempuh jarak dan waktu tertentu. Kecepatan arus pada setiap stasiun pengambilan sampel tidak terlalu berbeda. Nilai tertinggi kecepatan arus diperoleh

pada stasiun II dan terendah adalah pada stasiun I.

Tabel 2. Jenis Serangga Air di Stasiun II

Ordo	Famili	Jumlah
Ephemeroptera	Tricorythydae	25
	Drunella	1
	Potamanthus	1
	Epeolus	1
	Baetidae	45
Hemiptera	Veliidae	57
	Geriidae	16
Trichoptera	Hydropsychidae	14
	Polycentropodidae	6
	Ugandatridia	1
Coleoptera	Geriidae	1
Odonata	Coenagrionidae	4
	Libellulidae	2
	Calopterygidae	2
Lepidoptera	Pyrallidae	1
Total Populasi		177

Tabel 3. Jenis Serangga Air di Stasiun III

Ordo	Famili	Jumlah
Trichoptera	Hydropsychidae	1
	Polycentropodidae	2
Ephemeroptera	Tricorythydae	1
Hemiptera	Veliidae	16
Odonata	Coenagrionidae	1
	Libellulidae	2
Total Populasi		23

Tabel 4. Perhitungan Debit Air

Stasiun	V (m/s)	A (m ²)	Q = V x A (m ³ /s)
I	0,09	20	1,8
II	0,11	28	3,08
III	0,09	24	2,16

KESIMPULAN DAN SARAN

Ditemukan sebanyak delapan ordo serangga air dengan total 263 individu dari 24 famili. Ordo Hemiptera mendominasi jumlah individu, diikuti oleh Ephemeroptera dan Trichoptera. Pengambilan sampel dilakukan di tiga stasiun yang menunjukkan variasi dalam komposisi dan jumlah spesimen, dengan Stasiun II memiliki jumlah individu terbanyak. Indeks keragaman Shannon-Wiener (H') menunjukkan nilai 1,45341, yang mengindikasikan keragaman sedang dalam komunitas serangga air.

Perhitungan Indeks Biotik (BI) di ketiga stasiun menunjukkan bahwa kualitas air tergolong "Baik", mencerminkan kondisi ekosistem yang masih mendukung kehidupan makroinvertebrata yang sensitif terhadap pencemaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) Universitas Sam Ratulangi yang telah memberikan pendanaan penelitian melalui SKIM RTUU_K1 yang dibiayai Dana DIPA (SP-

DIPA-023.17.2.677519/2023 tanggal 20 November 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Akamagwuna, F. C., Edegbene, A. O., Ntloko, P., Arimoro, F. O., Nnadozie, C. F., Choruma, D. J., & Odume, O. N. (2022). Functional groups of Afrotropical EPT (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) as bioindicators of semi-urban pollution in the Tsitsa River Catchment, Eastern Cape, South Africa. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.13970>
- Adeyemo, O., Shogbanmu, T., Alarape, S., & Denslow, N. (2020). Biomonitoring of aquatic pollution: status and trends from genomics to populations. *Proceedings of the Nigerian Academy of Science*, 13(2s). <https://doi.org/10.57046/yujf3797>
- Anderson, C. B., Johnson, M., & Lopez, M. E. (2018). Establishing habitat-specific indicator species in Tierra del Fuego with freshwater macroinvertebrates. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 52(1), 145–154. <https://doi.org/10.1080/00288330.2017.1329747>
- Abida Butt, Khan, M. X., Aihetasham, A., Khan, M. A., Nazli, H., & Ramzan, A. (2021). Assessment of Water Quality of Soan River using Physicochemical Parameters and Aquatic Insects Diversity. *Biology Bulletin*, 48(6), 813–820. <https://doi.org/10.1134/S1062359021130021>
- 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
- Afifudin, A. F. M. and R. Irawanto. 2020. “Hubungan Keberadaan Makro-Invertebrata Dengan Kualitas Air Di Kebun Raya Purwodadi.” *Jurnal Biologi*, Universitas Islam Negeri.
- Buczyńska, E., Tarkowski, A., Sugier, P., Płaska, W., Zawal, A., Janicka, A., & Buczyński, P. (2023). Caddisflies (Trichoptera) of Protected Calcareous Fen Habitats: Assemblages, Environmental Drivers, Indicator Species, and Conservation Issues. *Insects*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/insects14110850>
- Berame, J. S., Hojilla, M. B., Trinidad, E., Lawsin, N. L., Orozco, J. A., Arevalo, I. J., & Alam, Z. F. (2021). Strategies and Approaches towards Environmental Biomonitoring of Freshwater Ecosystems in Philippines. *Nature Environment and Pollution Technology*, 20(4), 1545–1553. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2021.v20i04.016>
- 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>
- Ejiadi, Badrun Y, Gesriantuti N. Serangga Air Sebagai Bioindikator di Sungai Siak Kota Pekanbaru. *Pros 2nd CELSciTech*
- Harianja, M. F., Luke, S. H., Barclay, H., Chey, V. K., Aldridge, D. C., Foster, W. A., & Turner, E. C. (2023). The impacts of within-stream physical structure and riparian buffer strips on semi-aquatic bugs in Southeast Asian oil palm. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1203513>
- Hasriyanty., A. Anshary., S. Saleh., M.

- Yunus., & 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.
- Jerry S. R. K Manullang, Ir. Pierre H. Gosal M, Hendriek H. Karongkong SM. Kajian Spasial Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Pineleng, KabupatenMinahasa. 2013;72–80
- Kumar, R., & Kumar, Dr. S. (2025). The Special Issue Aquatic Insects: Biodiversity And Conservation Challenges" Of The Ramganga River At Moradabad. *Journal of Advanced Zoology*. <https://doi.org/10.53555/ajbr.v28i3s.7636>
- Kawirian RR, Nurcahyanto A, Abdillah D, Panggabean GT, Afif MI, Pulungan A, et al. Produktivitas Sekunder Organisme Bentik (Ordo Diptera) di Sungai Cigambreg, Desa Tapos, Kecamatan Tenjolaya, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *J Trop Fish Manag*
- Komarawidjaja, W. & Titiresmi, T. (2006). Teknik biomonitoringsebagai alternatif "tool" pemantauan kualitas lingkunganperairan. *J.Tek.Ling*, 2006, 144-147.
- Hertika, A. M. S., Sudaryanti, S., Musa, M., Amron, K., Putra, R. B. D. S., Alfarisi, M. A., ... Halimah, M. F. (2024). Benthic macroinvertebrates as bioindicators to detect the level of water pollution in the upstream segment of Brantas River Watershed in Malang, East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(2), 632–643. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250222>
- 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>
- Laily □ Z, Rifqiyati N, Kurniawan AP. Keanekaragaman Odonata pada Habitat Perairan dan Padang Rumput di Telaga Madirda. *J MIPA*
- Mohale, H. P., & Jawahar, P. (2023). Biomonitoring and bioindicators tools used for the aquatic ecosystems. *Environmental Management for Sustainable Development*, (March), 176–187. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/369366674_Chapter_-_19_Biomonitoring_and_Bioindicator_s_tools_Used_for_the_Aquatic_Ecosystems_Biomonitoring_and_Bioindicators_tools_Used_for_the_Aquatic_Ecosystems
- Mehana, E. S. E., Khafaga, A. F., Elblehi, S. S., Abd El-Hack, M. E., Naiel, M. A. E., Bin-Jumah, M., ... Allam, A. A. (2020, May 1). Biomonitoring of heavy metal pollution using acanthocephalans parasite in ecosystem: An updated overview. *Animals*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani10050811>
- Maramis RTD, Makal HVG. Keanekaragaman Jenis Dan Kelimpahan Populasi Serangga Air Sebagai Indikator Biologis Cemaran Air Pada Das Di Langowan.
- Meilin A, . N. Serangga Dan Peranannya Dalam Bidang Pertanian Dan Kehidupan. *J Media Pertan*. 2016;1(1):18.
- Meliawati M, Suyamto S, Abdillah NA, Mujijah M, Setiawan U. Inventarisasi Serangga Air Di Desa Bungurcopong Kecamatan Picung Pandeglang Banten. *Bioscientiae*. 2024;21(1):1.
- 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.
- Nath, B. B., & Gharpure, D. C. (2015). A novel computational approach of image analysis to quantify behavioural response to heat shock in *chironomus ramosus* larvae (Diptera: Chironomidae). *European Journal of Environmental Sciences*, 5(1), 57–61. <https://doi.org/10.14712/23361964.2015.78>
- Náray, M. & Kudász, F. (2016). Biological monitoring (biomonitoring). Hungarian Institute of Occupational Health. Retrieved from [https://oshwiki.eu/wiki/Biological_monitoring_\(biomonitoring\)](https://oshwiki.eu/wiki/Biological_monitoring_(biomonitoring)).
- Novhela S, Liana L, Febriani B, Mubarak Z, Zahir MI, Umayah A, et al. Spesies Hemiptera pada Tanaman Kangkung (*ipomoea aquatica*) di kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan.
- Özdamar, H., & Kıyak, S. (2025). On the Bioindicator Role of Aquatic Heteroptera Species in the Western Black Sea Region (Türkiye) and Its Surroundings. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 35(8). <https://doi.org/10.1002/aqc.70209>
- Suhri, A. G. M. I., Jafar, J., Utami, R. B., Rahmah, M. H., & Salatnaya, H. (2025). Diversity and Ecological Role of Aquatic Insects as Bioindicators of Water Quality in Tropical Streams. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 29(5), 403–418. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2025.415515.6435>
- Souza, N. F., Leal, J. S., Tourinho, L., Farjalla, V. F., Rocha, D. S. B., & Vale, M. M. (2024). Bioindicator aquatic insects at risk from climate change in a biodiversity hotspot. *Science of the Total Environment*, 948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174824>
- 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>
- Sadapotto, A., Amada, H. Y., & Budiaman. (2025). Diversity of aquatic insects at the abandoned marble mining site in Leang Leang Village, Maros Regency, South Sulawesi, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1445). Institute of Physics. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1445/1/012104>
- 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>
- Urdánigo Zambrano, J. P., Pérez Anchundia, K. M., Intriago Giler, E. B., Arriaga Llor, G. J., Zambrano Ganchozo, S. A., & Prieto Benavides, O. O. (2022). Bioindicators of water quality with different riparian cover in the Guapara micro watershed, Ecuador. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 39(4). [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v39.n4.07](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n4.07)