

ANALISIS EKOHIDRAULIK VEGETASI RIPARIAN TERHADAP KUALITAS AIR SUNGAI WAY BATANGHARI BERDASARKAN INDEKS MAKROINVERTEBRATA

Eva Rolia^{1*}, Desma Andiestya Christi², Eri Prawati³

Corresponding Author Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1*}

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{2,3}

E-mail : roliaeva@yahoo.com^{1*}, desmaandiestyachristi@gmail.com²,

eri.prawati@gmail.com³

ABSTRAK

Kondisi vegetasi riparian yang berfungsi sebagai penyangga bagi lingkungan perairan sangat mempengaruhi kualitas ekosistem sungai. Degradasi vegetasi riparian dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan keanekaragaman hayati perairan, termasuk makroinvertebrata yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara kondisi vegetasi riparian dengan komposisi makroinvertebrata di Sungai Way Batanghari, Kota Metro. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pendekatan deskriptif kuantitatif korelasional, dengan pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampling di tiga lokasi yang memiliki variasi kondisi vegetasi riparian. Data yang diperoleh meliputi pengukuran kepadatan, tajuk, dan persentase tanaman asli dari vegetasi, serta komposisi makroinvertebrata yang dianalisis menggunakan Indeks Biotilik (FBI) untuk menilai kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Indeks Biotilik memiliki hubungan yang sangat kuat dan signifikan dengan kualitas air, dengan nilai koefisien korelasi Pearson sebesar 0,926. Sementara itu, persentase semak dan pohon menunjukkan hubungan yang lemah hingga sedang dengan kualitas air, tetapi tidak signifikan secara statistik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa vegetasi riparian yang lebih padat berkontribusi pada peningkatan keberagaman makroinvertebrata dan kualitas air, serta bahwa Indeks Biotilik dapat digunakan sebagai indikator biologis yang efektif untuk menilai kualitas air. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk pengelolaan dan restorasi ekosistem sungai yang berkelanjutan.

Kata Kunci : *Vegetasi Riparian, Makroinvertebrata, Kualitas Air, Indeks Biotilik, Sungai Batanghari.*

PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan sekitar, termasuk vegetasi riparian, sangat mempengaruhi kualitas ekosistem sungai. Vegetasi riparian adalah tumbuhan yang tumbuh di sepanjang tepi sungai dan memiliki peran penting sebagai penyangga antara ekosistem terestrial dan perairan (Gould et al., 2025; Majumdar & Avishek, 2023; Worku et al., 2026). Vegetasi riparian membantu menjaga

kualitas air, menstabilkan tepi sungai, mengurangi tingkat erosi, memberikan naungan yang membantu mengatur suhu air, menyaring polutan dari limpasan permukaan, dan menyediakan habitat bagi organisme perairan (Han et al., 2025; Kumwimba et al., 2024; Vagheei & Boano, 2025). Namun, degradasi vegetasi riparian akibat aktivitas manusia, seperti konversi lahan, pembangunan, dan pertanian intensif, dapat berdampak

langsung pada penurunan kualitas air sungai.

Penurunan kualitas air ini dapat terjadi melalui peningkatan beban sedimen, kelebihan nutrisi (eutrofikasi), dan masuknya polutan seperti pestisida dan logam berat. Dampak penurunan kualitas air tidak hanya mempengaruhi ketersediaan air bersih bagi manusia, tetapi juga mempengaruhi kelangsungan hidup organisme perairan, termasuk makroinvertebrata (Mendoza et al., 2026; Nsengimana et al., 2025). Makroinvertebrata, seperti serangga air, moluska, dan annelida, adalah indikator biologis yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan (Mureithi et al., 2025; Oliveira et al., 2025; Orozco-González & Ocasio-Torres, 2023). Keanekaragaman dan komposisi komunitas makroinvertebrata dapat mencerminkan tingkat kesehatan ekosistem sungai dan oleh karena itu penting untuk dipelajari lebih lanjut dalam konteks perubahan vegetasi riparian (Bae & Kim, 2025; He et al., 2023; Stappert et al., 2025).

Mengingat keterkaitan yang erat antara vegetasi riparian, kualitas air, dan makroinvertebrata, penelitian yang mengintegrasikan ketiga komponen ini sangat penting. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara kondisi vegetasi riparian dan komposisi makroinvertebrata di Sungai Way Batanghari, Kota Metro. Penelitian ini akan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi kondisi vegetasi riparian terhadap keanekaragaman makroinvertebrata di sungai.

Studi teoritis tentang vegetasi riparian menunjukkan bahwa vegetasi yang sehat dapat menjaga kualitas air dengan menstabilkan tebing sungai, mengurangi erosi, dan menyaring polutan yang masuk ke aliran sungai (Bega et al., 2024; kumwimba et al., 2024; Worku et al., 2026). Dalam konteks ini, makroinvertebrata berfungsi sebagai

bioindikator yang dapat memberikan gambaran tentang kualitas lingkungan perairan, yang dipengaruhi oleh kondisi vegetasi riparian (van Kouwen et al., 2025; Wozniak et al., 2025). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara vegetasi riparian dan makroinvertebrata sangat penting untuk pengelolaan berkelanjutan ekosistem sungai.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman peran vegetasi riparian dalam menjaga kualitas air dan mendukung keberagaman makroinvertebrata. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk pengelolaan dan restorasi ekosistem sungai yang lebih baik di masa depan serta dapat menjadi referensi bagi kebijakan pengelolaan sumber daya alam dan konservasi lingkungan di kawasan perairan lainnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Vegetasi Riparian

Vegetasi riparian merujuk pada komunitas tumbuhan yang tumbuh di sepanjang tepian sungai atau badan air. Vegetasi ini memainkan peran penting sebagai penghubung ekologis antara daratan dan perairan. Vegetasi riparian mentransfer energi, materi organik, serta memoderasi masukan nutrisi dan sedimen ke dalam badan air, menjadikannya komponen yang sangat penting dalam struktur dan fungsi ekosistem sungai. Vegetasi ini membantu mempertahankan kestabilan tepian sungai melalui sistem akar yang kokoh, mengurangi erosi, serta berfungsi sebagai filter bagi limpasan permukaan yang mengandung polutan (Andreoli et al., 2020; Biggs et al., 2025; Liu et al., 2023).

Vegetasi riparian yang beragam dan padat memiliki dampak positif terhadap kualitas air dan struktur komunitas makroinvertebrata. Vegetasi riparian menyediakan bahan organik

allochthonous (seperti daun dan cabang) yang berfungsi sebagai sumber energi dalam jejaring makanan perairan dan mendukung habitat bentik bagi organisme, termasuk makroinvertebrata, yang merupakan komponen utama dalam jaringan trofik sungai (Bogatov et al., 2024; Cararo & Rezende, 2024; Oester et al., 2025).

Teori ekologi zona penyangga menjelaskan bahwa vegetasi riparian berfungsi sebagai zona penyangga, menyerap nutrisi, sedimen, dan polutan dari permukaan tanah sebelum mencapai badan air. Konsep ini sangat penting untuk mempertahankan kualitas air, struktur habitat perairan, dan mendukung interaksi biologis antara komponen terestrial dan perairan (Ayala-Torres et al., 2025; kumwimba et al., 2024).

Degradasi Vegetasi Riparian

Degradasi vegetasi riparian terjadi ketika vegetasi alami di sepanjang tepi sungai rusak akibat aktivitas manusia seperti perubahan penggunaan lahan, pertanian, pembangunan, dan ekspansi perkotaan. Kehilangan vegetasi riparian mengurangi fungsi ekologisnya sebagai filter alami, yang menyebabkan peningkatan muatan sedimen, kelebihan nutrisi, dan polutan lainnya masuk ke dalam badan air. Dampak ini berkontribusi pada penurunan kualitas habitat sungai dan keseimbangan ekosistem akuatik (S. Gu & Li, 2024; Locke, 2024; Xu et al., 2021).

Sebuah studi di Brasil menunjukkan bahwa degradasi vegetasi riparian mengurangi kapasitas zona riparian untuk menahan kontaminan dan nutrisi, yang pada gilirannya berdampak negatif terhadap kualitas air (Melo et al., 2022). Penurunan vegetasi riparian memperbesar aliran permukaan, yang membawa sedimen dan polutan ke sungai, mempercepat proses eutrofikasi, dan menurunkan kadar oksigen terlarut. Semua faktor ini mengancam organisme akuatik yang sensitif terhadap perubahan

lingkungan (Gould et al., 2025; J.-Y. Gu et al., 2025).

Secara teori, efek tepi dalam ekologi menjelaskan bahwa perubahan struktur vegetasi di batas ekosistem (seperti di tepian sungai) mempengaruhi kondisi habitat secara keseluruhan. Degradasi zona riparian memperluas area yang terpapar tekanan ekologi dari lahan pertanian dan pemukiman perkotaan, yang memicu perubahan pada sifat fisik dan kimia air (Ramião et al., 2020).

Makroinvertebrata sebagai Bioindikator

Makroinvertebrata adalah organisme invertebrata yang menghuni sedimen dasar atau permukaan tubuh air. Kelompok ini mencakup berbagai taksa seperti serangga air, krustasea, cacing, dan moluska. Makroinvertebrata umumnya digunakan sebagai bioindikator kualitas air karena tingkat sensitivitas yang bervariasi antara spesies terhadap kondisi fisik dan kimia di lingkungan perairan. Kehadiran atau ketidakhadiran kelompok tertentu mencerminkan kondisi ekologi secara keseluruhan di sungai (Lukhabi et al., 2024; Ndatimana et al., 2023).

Makroinvertebrata memiliki karakteristik yang menjadikannya cocok untuk penilaian kualitas air: mereka adalah organisme yang bersifat tidak bergerak, berfungsi sebagai indikator gangguan ekologi yang beragam, dan menunjukkan respons yang berbeda terhadap polusi atau perubahan habitat. Indeks biotik yang berbasis pada makroinvertebrata memberikan gambaran kondisi ekologi yang lebih stabil dibandingkan dengan pengukuran fisik dan kimia air yang bersifat sementara (Abdullah Al et al., 2022; Simaika et al., 2024).

Pada tingkat spesies, beberapa makroinvertebrata yang toleran terhadap polusi muncul sebagai indikator stres lingkungan, sementara taksa yang lebih sensitif hilang ketika kualitas air menurun. Dengan demikian, evaluasi komunitas

makroinvertebrata merupakan alat yang efektif untuk memantau kualitas air dan kesehatan ekosistem sungai (Muntalif et al., 2023; Ni et al., 2024).

Kualitas Air Sungai

Kualitas air sungai mencerminkan kondisi fisik, kimia, dan biologi dari suatu badan air. Parameter fisik seperti suhu, transparansi, dan aliran berinteraksi dengan parameter kimia seperti pH, oksigen terlarut, nutrisi, serta parameter biologi seperti komunitas makroinvertebrata untuk menentukan kesehatan ekosistem sungai. Kualitas air yang baik menunjukkan fungsi ekologi yang sehat yang mampu mendukung kehidupan berbagai organisme akuatik (Li et al., 2025).

Penelitian komprehensif tentang kesehatan sungai menggunakan indikator biotik dan fisik mengungkapkan hubungan yang kuat antara kualitas vegetasi riparian, komunitas makroinvertebrata, dan kualitas air. Analisis kualitas air tidak hanya bergantung pada parameter fisik dan kimia, tetapi juga pada komposisi dan indeks makroinvertebrata, yang mencakup nilai indeks biotik untuk menilai tingkat polusi (Munyai et al., 2025; Oliveira et al., 2025).

Dari perspektif ekologi, kualitas air merupakan hasil dari kombinasi faktor alamiah dan antropogenik yang saling berinteraksi. Kerusakan vegetasi riparian dapat mengurangi kemampuan sungai dalam menyaring sedimen dan nutrisi, yang mengarah pada penurunan kualitas air, yang berdampak pada struktur komunitas organisme akuatik, termasuk makroinvertebrata. Penurunan kualitas air sering kali terlihat melalui penurunan nilai indeks biotik dan peningkatan parameter polutan seperti BOD, COD, dan TSS, yang merupakan indikator utama dalam penilaian ilmiah kualitas air (Bulto et al., 2026; J.-Y. Gu et al., 2025; Worku et al., 2026).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengkaji hubungan antara kondisi vegetasi riparian dan komposisi makroinvertebrata di Sungai Way Batanghari. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah untuk mengetahui hubungan antara dua variabel secara statistik tanpa mengubah atau memanipulasi keduanya. Variasi dalam kondisi vegetasi riparian yang diuji terdiri dari tiga kategori, yaitu vegetasi minimal, moderat, dan rapat, yang dipilih untuk memberikan gambaran mengenai kualitas ekosistem sungai berdasarkan vegetasi yang ada. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Ramião, J. P. et al. dan Mureithi, P. W. et al., yang menekankan pentingnya vegetasi riparian dalam mempengaruhi kualitas ekosistem perairan (Mureithi et al., 2025; Ramião et al., 2020).

Pengumpulan data dilakukan melalui purposive sampling dengan memilih tiga lokasi di Sungai Way Batanghari yang memiliki variasi kondisi vegetasi riparian. Sampel vegetasi diukur berdasarkan kepadatan, kanopi, dan persentase tanaman asli, sementara sampel makroinvertebrata diambil menggunakan metode transek sepanjang tepi sungai. Data yang diperoleh dari pengukuran vegetasi dan makroinvertebrata kemudian dianalisis menggunakan indeks keragaman, seperti Indeks Biothilic (FBI), untuk menilai kualitas air. Uji normalitas dilakukan untuk memastikan data terdistribusi normal, menggunakan uji Shapiro-Wilk dan Kolmogorov-Smirnov. Jika data tidak terdistribusi normal, analisis korelasi dilakukan menggunakan metode Spearman, dan korelasi Pearson digunakan untuk data yang terdistribusi normal.

Hasil penelitian ini akan diuji secara statistik untuk mengetahui kekuatan dan

arah hubungan antara kondisi vegetasi riparian dan komposisi makroinvertebrata. Uji korelasi akan mengidentifikasi hubungan yang signifikan dengan nilai p kurang dari 0,05, sementara nilai koefisien korelasi yang mendekati +1 atau -1 menunjukkan hubungan yang kuat. Analisis korelasi parsial juga akan dilakukan untuk mengontrol variabel lain, seperti suhu air dan pH, yang mungkin mempengaruhi hasil penelitian. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana kondisi vegetasi riparian mempengaruhi keragaman makroinvertebrata dan kualitas ekosistem di Sungai Way Batanghari.

HASIL PENELITIAN

Analisis Data

Berikut disajikan data mengenai pengukuran kualitas air, indeks biotik makroinvertebrata, dan persentase tutupan vegetasi riparian (semak dan pohon) pada sembilan titik pengamatan di tiga lokasi studi. Data ini menjadi dasar untuk menganalisis hubungan antara kondisi vegetasi riparian dan kualitas ekosistem perairan.

Tabel 1. Data Variabel Penelitian

Titik Lokasi i	Koordinat	Kualitas Air (Y _i)	Indeks Biotifik (X ₁)	Semak (X ₂)	Pohon (X ₃)
Titik GK1.1	5°07'44"S 105°18'09"E	2	1,78	0,15	0,25
Titik GK1.2	5°07'46"S 105°18'11"E	2	2	0,25	0,15
Titik GK1.3	5°07'48"S 105°18'13"E	3	2,17	0,32	0,19
Titik SMT2.1	5°07'46"S 105°18'55"E	2	2	0,1	0,45
Titik SMT2.2	5°07'46"S 105°18'58"E	1	1,33	0,1	0,4
Titik SMT2.3	5°07'46"S 105°19'01"E	3	2,33	0,2	0,4
Titik GS3.1	5°06'46"S 105°20'26"E	2	2	0,15	0,2
Titik GS3.2	5°06'48"S 105°20'30"E	2	1,87	0,4	0,2

Titik GS3.3	5°06'44"S 105°20'33"E	3	2,2	0,3	0,15
-------------	--------------------------	---	-----	-----	------

Informasi:

GK = Griya Kebun

SMT = SDN 3 Metro Timur

GS = Griya Sawah

Penelitian ini mengukur kualitas air dengan indeks makroinvertebrata sebagai variabel dependen, serta tiga variabel independen: Indeks Biotik, Indeks Semak, dan Indeks Pohon, yang mencerminkan polusi serta tutupan vegetasi riparian. Kualitas air berkisar antara 1 hingga 3, dengan nilai tertinggi pada GK 1.3, SMT 2.3, dan GS 3.3, serta nilai terendah pada SMT 2.2. Indeks biotik berkisar antara 1.33 hingga 2.33, tertinggi pada SMT 2.3 dan terendah pada SMT 2.2. Tutupan semak bervariasi antara 0.10 hingga 0.40, tertinggi pada GS 3.2 dan terendah pada SMT 2.1 serta SMT 2.2, sementara tutupan pohon berkisar antara 0.15 hingga 0.45, dengan nilai tertinggi pada SMT 2.1 dan terendah pada GK 1.2 dan GS 3.3. Secara umum, lokasi dengan kualitas air dan indeks biotik tinggi memiliki tutupan vegetasi yang lebih baik, sementara titik dengan penutupan rendah, seperti SMT 2.2, menunjukkan kualitas air dan indeks biotik yang rendah. Temuan ini menunjukkan adanya hubungan antara vegetasi riparian dan kualitas ekosistem perairan, yang akan dianalisis lebih lanjut dengan uji korelasi Pearson.

Pengujian dan Diskusi

Data dalam penelitian ini menggambarkan fenomena ekologi yang diamati di lapangan. Melalui analisis sistematis, data diubah menjadi informasi yang menjawab rumusan masalah penelitian. Hasil penelitian disajikan secara sistematis, dimulai dengan analisis deskriptif, diikuti dengan pengujian prasyarat, dan diakhiri dengan analisis hubungan antar variabel. Setiap hasil dilengkapi dengan interpretasi yang relevan untuk mempermudah pemahaman baik dari segi statistik maupun konteks ilmiah.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data mengikuti distribusi normal, menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov (K-S) dan Shapiro-Wilk (S-W). Karena ukuran sampel yang kecil ($n < 50$), dengan sampel penelitian ($n = 9$), uji Shapiro-Wilk dianggap lebih relevan sebagai referensi utama, sementara Kolmogorov-Smirnov digunakan sebagai pelengkap.

Tabel 2. Uji Normalitas

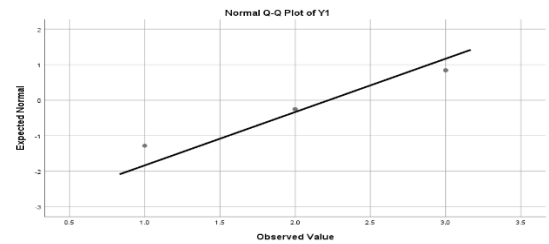
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y1	.297	9	.021	.813	9	.028
X1	.215	9	.200*	.904	9	.275
X2	.188	9	.200*	.930	9	.480
X3	.266	9	.065	.830	9	.044

Hasil uji menunjukkan bahwa variabel Y1 (Indeks Kualitas Air) memiliki nilai signifikansi 0,028 ($< 0,05$) dan X3 (Persentase Pohon) sebesar 0,044 ($< 0,05$), sehingga keduanya tidak terdistribusi normal. Sementara itu, X1 (Indeks Biotifik) memiliki nilai signifikansi 0,275 ($> 0,05$) dan X2 (Persentase Semak) sebesar 0,480 ($> 0,05$), sehingga keduanya terdistribusi normal. Ringkasan hasil uji normalitas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji Normalitas

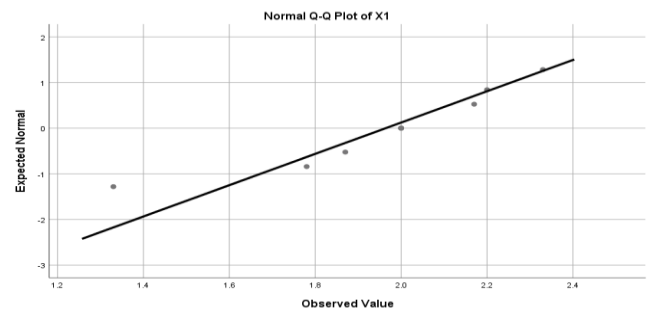
Variabel	Kolmogorov-Smirnov Sig.	Shapiro-Wilk Sig.	Interpretasi
Y1	0,021	0,028	Abnormal
X1	0,200*	0,275	Normal
X2	0,200*	0,48	Normal
X3	0,065	0,044	Abnormal

Grafik ini menunjukkan distribusi frekuensi nilai Y1 dengan rata-rata (Mean) = 2,22, deviasi standar (Std. Dev.) = 0,667, dan jumlah data (N) = 9. Histogram menunjukkan distribusi yang sedikit miring, dengan puncak pada rentang 1,5–2,5. Bentuk asimetris ini menunjukkan kemungkinan bahwa data tidak terdistribusi secara normal, berdasarkan hasil uji normalitas Shapiro-Wilk (Sig. = 0,028 $< 0,05$).



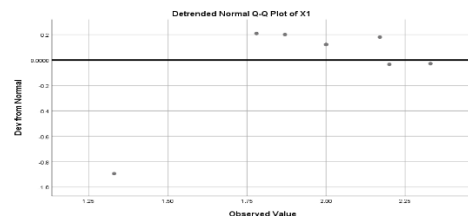
Gambar 1. Grafik Q-Q Normal Y1

Histogram X1 menunjukkan bentuk distribusi data yang relatif simetris, meskipun jumlah data ($n = 9$) tergolong kecil. Rata-rata (mean) adalah 1,96, dan deviasi standar (standard deviation) adalah 0,292. Sebagian besar nilai X1 terkonsentrasi di sekitar rata-rata, dengan puncak frekuensi tertinggi sekitar 2,0. Tidak terdapat skewness (kemiringan) yang ekstrem, sehingga secara visual distribusi data ini mendekati distribusi normal.



Gambar 2. Plot Grafik Normal Q-Q X1

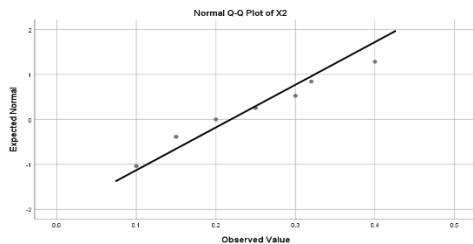
Sebagian besar titik data terletak sangat dekat dengan garis diagonal. Garis diagonal tersebut mewakili distribusi normal yang ideal. Kehadiran sedikit deviasi di ujung bawah (nilai kecil) dan ujung atas (nilai besar) menunjukkan adanya sedikit penyimpangan, namun tidak terlalu signifikan. Secara visual, pola ini masih dapat dianggap mengikuti distribusi normal.



Gambar 3. Plot Q-Q Normal yang Ditrendkan X1

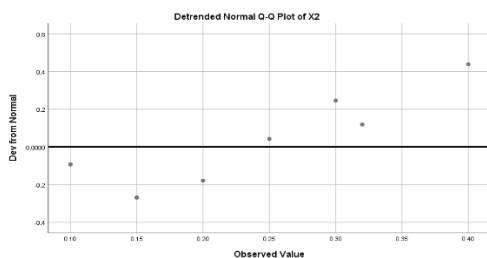
Grafik ini menunjukkan bahwa sebagian besar titik berada dekat dengan garis horizontal 0, yang menandakan

deviasi kecil dari normalitas. Hanya 1–2 titik yang sedikit terpisah, yang merupakan hal yang umum terjadi pada sampel kecil. Berdasarkan histogram, plot Q-Q, dan plot Q-Q yang telah dihilangkan tren (detrended), variabel X1 cenderung terdistribusi normal. Uji Shapiro-Wilk (Sig. = 0,275 > 0,05) juga menunjukkan bahwa X1 terdistribusi normal, sehingga tidak ada pelanggaran terhadap asumsi normalitas.



Gambar 4. Grafik Normal Q-Q Plot X2

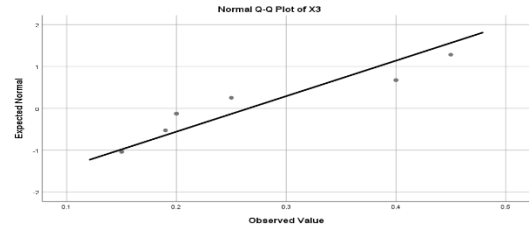
Grafik ini membandingkan data X2 dengan distribusi normal ideal, dengan garis diagonal hitam sebagai referensi. Titik data sebagian besar terletak dekat dengan garis diagonal, yang menunjukkan pola yang mendekati distribusi normal. Namun, terdapat sedikit deviasi pada nilai-nilai ekstrem di kedua ujung kiri dan kanan.



Gambar 5. Plot Q-Q normal yang diturunkan X2

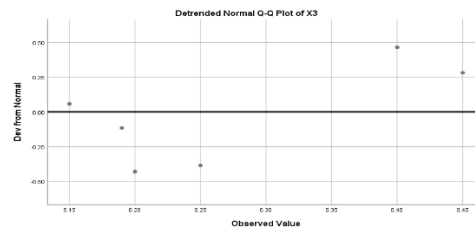
Grafik ini menunjukkan deviasi setiap titik dari garis normalitas, dengan garis nol sebagai posisi ideal. Sebagian besar titik yang dekat dengan garis nol menunjukkan deviasi kecil, kecuali pada nilai terbesar, yang sedikit lebih tinggi. Pola ini mengindikasikan bahwa data cukup mendekati distribusi normal, dengan sedikit variasi pada nilai ekstrem. Sebagai kesimpulan, nilai X2 memiliki rata-rata 0,22, sebaran data yang kecil (deviasi standar 0,105), dan jumlah sampel sebanyak 9. Histogram

menunjukkan konsentrasi data di sekitar rata-rata, plot Q-Q mendekati distribusi normal meskipun terdapat sedikit deviasi, dan plot Q-Q yang telah di-detrend mendukung temuan ini dengan sebagian besar data berada di dekat pola normal.



Gambar 6. Bagan plot Q-Q normal X3

Dalam plot Q-Q, sebagian besar titik data dekat dengan garis diagonal, menunjukkan bahwa data X3 cenderung mengikuti distribusi normal. Namun, ada sedikit penyimpangan di ujung bawah dan atas, menandakan perbedaan kecil dalam nilai ekstrem.



Gambar 7. Plot Q-Q normal yang diturunkan X3

Plot Q-Q yang diturunkan tren menunjukkan pola penyimpangan yang lebih jelas, dengan titik awal di bawah garis nol dan titik akhir di atasnya, menunjukkan sedikit penyimpangan pada ekor distribusi, meskipun data tetap mendekati distribusi normal. Berdasarkan analisis histogram, plot Q-Q, dan plot Q-Q yang diturunkan, distribusi data variabel X3 umumnya mendekati distribusi normal, dengan sedikit penyimpangan pada nilai ekstrem. Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 untuk semua variabel, yang berarti data didistribusikan secara normal. Dengan demikian, data memenuhi asumsi normalitas dan dapat dikenakan analisis parametrik seperti tes korelasi Pearson atau regresi.

Analisis Deskriptif

Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik data penelitian sebelum uji hubungan atau uji hipotesis dilakukan (Supriani et al., 2024). Nilai-nilai ini memberikan informasi tentang rata-rata, penyebaran data, dan bentuk distribusi setiap variabel.

Tabel 4. Analisis Deskriptif

		Statistic	Std. Error
Y1	Mean	22.222	.22222
	95% Lower Bound Confidence Interval for Mean	17.098	
	Upper Bound	27.347	
	5% Trimmed Mean	22.469	
	Median	20.000	
	Variance	.444	
	Std. Deviation	.66667	
	Minimum	1.00	
	Maximum	3.00	
	Range	2.00	
	Interquartile Range	1.00	
	Skewness	-.254	.717
	Kurtosis	-.040	1.400
	Mean	19.644	.09723
X1	95% Lower Bound Confidence Interval for Mean	17.402	
	Upper Bound	21.887	
	5% Trimmed Mean	19.794	
	Median	20.000	
	Variance	.085	
	Std. Deviation	.29168	
	Minimum	1.33	
	Maximum	2.33	
	Range	1.00	
	Interquartile Range	.36	
	Skewness	-1.242	.717
	Kurtosis	2.311	1.400
	Mean	.2189	.03510
	95% Lower Bound Confidence Interval for Mean	.1380	
Upper Bound	.2998		
X2	5% Trimmed Mean	.2154	
	Median	.2000	
	Variance	.011	
	Std. Deviation	.10529	
	Minimum	.10	
	Maximum	.40	
	Range	.30	
	Interquartile Range	.19	
	Skewness	.484	.717
	Kurtosis	-.933	1.400

X3	Mean	.2656	.03934
	95% Lower Bound Confidence Interval for Mean	.1748	
	Upper Bound	.3563	
	5% Trimmed Mean	.2617	
	Median	.2000	
	Variance	.014	
	Std. Deviation	.11802	
	Minimum	.15	
	Maximum	.45	
	Range	.30	
	Interquartile Range	.23	
	Skewness	.689	.717
	Kurtosis	-1.483	1.400

Nilai rata-rata Y1 adalah 2,22 dengan standar deviasi 0,67, menunjukkan variasi data sedang. Kisaran nilai untuk Y1 adalah 2,00 (1,00–3,00) dan median adalah 2,00, yang mendekati rata-rata, menunjukkan distribusi simetris. Kemiringan -0,254 menunjukkan sedikit kecenderungan ke kiri, dan kurtosis -0,040 menunjukkan distribusi mendekati normal. Rata-rata X1 adalah 1,96 dengan standar deviasi 0,29, menunjukkan variasi rendah. Kisaran X1 adalah 1,00 (1,33–2,33), dan median adalah 2,00, mendekati rata-rata, meskipun kemiringan -1,242 menunjukkan kecenderungan ke kiri, dan kurtosis 2,311 menunjukkan distribusi yang lebih runcing. Rata-rata X2 adalah 0,219 dengan standar deviasi 0,105, menunjukkan spread kecil. Kisaran X2 adalah 0,30 (0,10–0,40), dan median adalah 0,20, yang mendekati rata-rata. Kemiringan 0,484 menunjukkan kecenderungan ke kanan, sedangkan kurtosis -0,933 menunjukkan distribusi datar. Rata-rata X3 adalah 0,266 dengan standar deviasi 0,118; kisaran X3 adalah 0,30 (0,15–0,45), dengan median 0,20 sedikit di bawah rata-rata. Kemiringan 0,689 menunjukkan kecenderungan ke kanan, dan kurtosis -1,483 menunjukkan distribusi datar. Secara keseluruhan, keempat variabel tersebut memiliki nilai rata-rata yang mendekati median, menunjukkan distribusi simetris. Y1 dan X2 mendekati distribusi normal, sedangkan X1 dan X3 sedikit miring ke

kiri dan kanan. Variasi data relatif kecil, menunjukkan data representatif untuk analisis inferensial.

Uji Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk mengukur hubungan antara dua atau lebih variabel. Dalam penelitian ini, tiga pendekatan digunakan: Pearson, Spearman, dan korelasi parsial. Korelasi Pearson mengukur hubungan linier antara dua variabel atau rasio skala interval, dengan asumsi normalitas data, menghasilkan koefisien antara -1 dan +1. Korelasi Spearman, sebagai metode nonparametrik, digunakan untuk data abnormal atau ordinal, mengukur hubungan monoton, dan lebih tahan terhadap outlier. Korelasi parsial mengukur hubungan antara dua variabel setelah mengontrol pengaruh variabel lain. Ketiga pendekatan ini memungkinkan analisis hubungan variabel berdasarkan sifat data dan pengaruh variabel pengendali. Proses analisis dilakukan dengan SPSS melalui Analyze → Correlate → Bivariat (Pearson dan Spearman) dan Analyze → Correlate → Partial (korelasi parsial).

a. Korelasi Pearson (Parametrik)

Tabel 5. Korelasi Pearson

Korelasi Pearson (Parametrik)					
		Y1	X1	X2	X3
Y1	Pearson Correlation	1	.926**	.503	-.304
	Sig. (2-tailed)		.000	.168	.427
	N	9	9	9	9
X1	Pearson Correlation	.926**	1	.401	-.253
	Sig. (2-tailed)	.000		.285	.511
	N	9	9	9	9
X2	Pearson Correlation	.503	.401	1	-.677*
	Sig. (2-tailed)	.168	.285		.045
	N	9	9	9	9
X3	Pearson Correlation	-.304	-.253	-.677*	1
	Sig. (2-tailed)	.427	.511	.045	
	N	9	9	9	9

Berdasarkan output SPSS, hubungan antara kualitas air (Y₁) dan indeks biothylic (X₁) menunjukkan korelasi Pearson 0,926 dengan p = 0,000, yang berarti hubungan linier sangat kuat, positif, dan signifikan pada tingkat kepercayaan 99%. Peningkatan Indeks Biothylic cenderung meningkatkan kualitas air. Hubungan antara Kualitas Air (Y₁) dan Semak (X₂) memiliki koefisien 0,503 dengan p = 0,168, yang menunjukkan hubungan positif namun tidak signifikan. Sementara itu, hubungan antara Kualitas Air (Y₁) dan Pohon (X₃) memiliki koefisien -0,304 dengan p = 0,427, menunjukkan hubungan negatif yang lemah dan tidak signifikan. Ringkasan hasil analisis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Analisis Pearson

Variable X	Variabel Y	r	Sig. (2-tailed)	Strength & Direction of the Relationship
Y ₁ - X ₁	0,926	0	Very strong, positive	Very significant (p < 0,01)
Y ₁ - X ₂	0,503	0,168	Moderate, positive	Insignificant
Y ₁ - X ₃	-0,304	0,427	Weak, negative	Insignificant
X ₁ - X ₂	0,401	0,285	Weak, positive	Insignificant
X ₁ - X ₃	-0,253	0,511	Weak, negative	Insignificant
X ₂ - X ₃	-0,677	0,045	Strong, negative	Signifikan (p < 0,05)

Secara umum, hasil penelitian ini menegaskan bahwa indeks biothylic memiliki hubungan erat dengan kualitas air dan dapat digunakan sebagai indikator biologis utama dalam evaluasi ekosistem sungai. Sementara itu, parameter vegetasi seperti persentase semak dan pohon menunjukkan hubungan yang lebih kompleks dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan lainnya. Hasil penelitian ini mendukung temuan Barbour sebelumnya, yang menekankan pentingnya indikator biologis makroinvertebrata dalam

penilaian kualitas ekosistem perairan (Yadamsuren et al., 2020).

Korelasi Rho Spearman (Nonparametrik)

Analisis Spearman digunakan untuk memvalidasi hasil Pearson dan memastikan konsistensi hubungan antar variabel tanpa mengasumsikan distribusi normal. Nilai Koefisien Korelasi (ρ) menunjukkan arah dan kekuatan hubungan, sedangkan Sig. (2-tailed) mengukur signifikansi statistiknya.

Tabel 7. Korelasi Spearman

		Y1	X1	X2	X3
Spearman's rho	Y1				
	Correlation Coefficient	1.000	.910**	.573	-.368
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.107	.330
	N	9	9	9	9
	X1				
	Correlation Coefficient	.910**	1.000	.385	-.283
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.307	.460
	N	9	9	9	9
	X2				
	Correlation Coefficient	.573	.385	1.000	-.715*
	Sig. (2-tailed)	.107	.307	.	.030
	N	9	9	9	9
X3					
Correlation Coefficient	-.368	-.283	-.715*	1.000	
Sig. (2-tailed)	.330	.460	.030	.	
N	9	9	9	9	

Analisis Spearman digunakan untuk menguji hubungan tanpa asumsi normalitas. Hasil penelitian menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan signifikan antara Kualitas Air (Y₁) dan Indeks Biothylic (X₁) dengan koefisien 0,910 ($p = 0,001$). Hubungan antara Kualitas Air (Y₁) dan Semak (X₂) dinilai 0,573 ($p = 0,107$), menunjukkan hubungan positif moderat tetapi tidak signifikan. Sementara itu, hubungan antara Kualitas Air (Y₁) dan Pohon (X₃) dinilai -0,368 ($p = 0,330$), menunjukkan hubungan negatif yang lemah dan tidak signifikan. Hubungan antara Semak (X₂) dan Pohon (X₃) dinilai -0,715 ($p = 0,030$), yang menunjukkan hubungan negatif yang kuat dan signifikan.

Korelasi Parsial

Tes ini bertujuan untuk mengukur hubungan murni antara Y₁ (Kualitas Air) dan X₁ (Indeks Biothylic) dengan mengontrol pengaruh X₂ (Semak) dan X₃ (Pohon).

Tabel 8. Korelasi Parsial

		Partial Correlation	
Control Variables		Y1	X1
Y1	Correlation	1.000	.916
	Significance (2-tailed)	.	.004
	df	0	5
	Correlation	.916	1.000
X2 & X3	Significance (2-tailed)	.004	.
	df	5	0

Nilai $r = 0,916$ menunjukkan hubungan positif yang kuat antara kualitas air dan indeks biotik setelah pengaruh semak dan pohon dihilangkan. Nilai $p = 0,004 (< 0,01)$ menunjukkan hubungan ini sangat signifikan, dengan probabilitas kebetulan hanya 0,4%. Tingkat kebebasan ($df = 5$) sesuai dengan jumlah sampel dikurangi jumlah variabel yang terlibat.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun faktor vegetasi riparian (semak dan pohon) dikendalikan, hubungan antara kualitas air dan indeks biotik tetap kuat, yang berarti vegetasi bukanlah pengendali utama hubungan tersebut. Indeks biotik dirancang untuk merefleksikan kualitas air melalui keanekaragaman makroinvertebrata, sehingga meskipun kondisi vegetasi mempengaruhi ekosistem sungai, hubungannya dengan kualitas air bersifat tidak langsung dan tidak mengganggu hubungan antara kualitas air dan indeks biotik. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air dapat dilakukan secara efektif dengan mengukur indeks biotik tanpa perlu mempertimbangkan kondisi vegetasi batas dalam pengukuran cepat. Uji korelasi parsial menunjukkan bahwa setelah mengontrol pengaruh vegetasi riparian, hubungan antara kualitas air dan indeks biotik tetap sangat kuat dan

signifikan ($r = 0,916$; $p = 0,004$), menunjukkan bahwa kualitas air terkait erat dengan indeks biotil secara langsung tanpa secara signifikan dipengaruhi oleh komposisi vegetasi riparian yang dikendalikan.

Perbandingan ketiga tes ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Perbandingan Hasil Uji Korelasi

Test Method	r/p	P-value	Signifikansi	Information
Pearson	0,926	0	Signif.	Very powerful, positive
Spearman	0,91	0,001	Signif.	Very powerful, positif
Parsial	0,916	0,004	Signif.	Very powerful, positive

Ketiga metode analisis tersebut menunjukkan temuan yang konsisten, yaitu bahwa Indeks Biothylic memiliki hubungan yang sangat kuat dan signifikan dengan kualitas air, baik sebelum maupun sesudah pengendalian pengaruh vegetasi semak dan pohon. Hubungan negatif antara semak dan pohon menunjukkan hubungan struktural vegetasi riparian, tetapi pengaruhnya terhadap kualitas air tidak signifikan.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian tentang hubungan antara kondisi vegetasi riparian dan kualitas air di Sungai Way Batanghari, ditemukan bahwa vegetasi riparian yang lebih padat cenderung mendukung kualitas habitat yang lebih baik, meningkatkan keanekaragaman makroinvertebrata, dan meningkatkan kualitas air yang diukur melalui Indeks Biothylic.
2. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami peran vegetasi riparian dalam menjaga kualitas air dan ekosistem sungai

serta menunjukkan bahwa Indeks Biothylic dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai kondisi air sungai.

3. Implikasi dari penelitian ini adalah pentingnya menjaga dan memulihkan vegetasi riparian untuk pengelolaan kualitas air yang lebih baik dan keberlanjutan ekosistem sungai.
4. Keterbatasan penelitian ini terletak pada terbatasnya jumlah sampel dan ruang lingkup lokasi, yang hanya mencakup tiga titik pengamatan, sementara faktor eksternal seperti polusi industri dan aktivitas manusia tidak sepenuhnya terkendali.
5. Penelitian di masa depan disarankan untuk memperluas cakupan sampel dan lokasi, serta mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti polusi dan perubahan iklim untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas air sungai dan kondisi ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Al, M., Akhtar, A., Kamal, A. H. M., AftabUddin, S., Islam, Md. S., & Sharifuzzaman, S. (2022). Assessment of benthic macroinvertebrates as potential bioindicators of anthropogenic disturbance in southeast Bangladesh coast. *Marine Pollution Bulletin*, 184, 114217. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114217>
- Andreoli, A., Chiaradia, E. A., Cislighi, A., Bischetti, G. B., & Comiti, F. (2020). Roots reinforcement by riparian trees in restored rivers. *Geomorphology*, 370, 107389. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107389>
- Ayala-Torres, R., Dietterich, L. H., Wiest, S., & McKay, S. K. (2025). Developing predictive models of riparian buffer efficacy with meta-analysis. *Environmental*

- Challenges*, 20, 101258.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101258>
- Bae, M.-J., & Kim, E.-J. (2025). Taxonomic and functional responses of stream macroinvertebrates across different land use types. *Npj Biodiversity*, 4(1), 40.
<https://doi.org/10.1038/s44185-025-00110-9>
- Bega, J. M. M., Saltarelli, W. A., Gücker, B., Boëchat, I. G., Finkler, N. R., & Cunha, D. G. F. (2024). Effects of riparian vegetation restoration and environmental context on ecosystem functioning in tropical streams of southeastern Brazil. *Science of The Total Environment*, 948, 174906.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174906>
- Biggs, H., Haddadchi, A., Brasington, J., Bind, J., & Stout, J. (2025). The impact of riparian vegetation on bank erosion during extreme weather events. *Earth Surface Processes and Landforms*, 50(10), e70136.
<https://doi.org/10.1002/esp.70136>
- Bogatov, V. V., Sushchik, N. N., Kolmakova, A. A., & Gladyshev, M. I. (2024). Allochthonous versus autochthonous carbon subsidies in small river food webs depend on seasonality and riparian tree species. *Aquatic Sciences*, 86(2), 41.
<https://doi.org/10.1007/s00027-024-01060-3>
- Bulto, T. W., Alemu, T., Werku, B. C., & Ambelu, A. (2026). Effects of riparian vegetation on water quality and macro invertebrates in the Gilgel Gibe Tributaries, Southwest Ethiopia. *Applied Water Science*, 16(4), 112.
<https://doi.org/10.1007/s13201-026-02794-1>
- Cararo, E. R., & Rezende, R. de S. (2024). Effects of riparian forest and annual variation in stream environmental conditions on leaf litter breakdown and invertebrate communities in highland grassland streams. *Hydrobiologia*, 851(21), 5139–5150.
<https://doi.org/10.1007/s10750-024-05669-1>
- Gould, L., Franklin, H., & Sheldon, F. (2025). The relative influence of riparian vegetation structure and composition on instream health: A multivariate assessment. *Aquatic Sciences*, 88(1), 6.
<https://doi.org/10.1007/s00027-025-01236-5>
- Gu, J.-Y., Lee, J.-W., Lee, S.-W., Park, Y., & Park, S.-R. (2025). Enhancing Stream Ecosystems Through Riparian Vegetation Management. *Land*, 14(6), 1248.
<https://doi.org/10.3390/land14061248>
- Gu, S., & Li, S. (2024). Riparian habitat quality as an indicator of land use/land cover effects on riverine water quality. *Geography and Sustainability*, 5(1), 135–143.
<https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.11.005>
- Han, H., Yan, X., Li, X., Huang, Z., Yan, X., & Xia, Y. (2025). Significant differences in optimal riparian buffer zone on water quality between different segments within the same river. *Journal of Environmental Management*, 381, 125306.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125306>
- He, K., Chen, C., He, Y., Feng, X., Tang, H., Yang, L., He, Y., & Lyu, W. (2023). Differential responses of macroinvertebrates and phytoplankton to river health status in different habitats. *Aquatic Sciences*, 86(1), 12.
<https://doi.org/10.1007/s00027-023-01027-w>

- kumwimba, M. N., Akter, S., Li, X., Dzakpasu, M., Ifon, B. E., Manirakiza, B., Muyembe, D. K., Zhang, Y., Huang, J., & Guadie, A. (2024). Nutrient and sediment retention by riparian vegetated buffer strips: Impacts of buffer length, vegetation type, and season. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 369, 109050. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109050>
- Li, P., Xiong, S., Liu, J., Meng, X., Wang, A., Wang, C., Zhang, Y., & Wang, J. (2025). Spatiotemporal characteristics of macroinvertebrate functional feeding groups and biological assessment of water quality in the Hulan River Basin. *Global Ecology and Conservation*, 57, e03377. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03377>
- Liu, C., Qu, L., Clausen, J., Lei, T., & Yang, X. (2023). Impact of Riparian Buffer Zone Design on Surface Water Quality at the Watershed Scale, a Case Study in the Jinghe Watershed in China. *Water*, 15(15), 2696. <https://doi.org/10.3390/w15152696>
- Locke, K. A. (2024). Impacts of land use/land cover on water quality: A contemporary review for researchers and policymakers. *Water Quality Research Journal*, 59(2), 89–106. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2024.02>
- Lukhabi, D. K., Mensah, P. K., Asare, N. K., Akwetey, M. F. A., & Faseyi, C. A. (2024). Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: A case study of estuarine ecosystems along the coast of Ghana. *Heliyon*, 10(7), e28018. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28018>
- Majumdar, A., & Avishek, K. (2023). Riparian Zone Assessment and Management: An Integrated Review Using Geospatial Technology. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(5), 319. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06329-1>
- Melo, M. P. de, Crispim, B. do A., Viana, L. F., Lima, N. A. de, Melo, E. S. de P., Nascimento, V. A. do, & Barufatti, A. (2022). Effects of local land use on riparian vegetation, water quality, and *in situ* toxicity. *Revista Ambiente & Água*, 17, e2856. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2856>
- Mendoza, S. S., Morse, J. C., & Magbanua, F. S. (2026). Macroinvertebrate responses to stream water quality and the proposed biological monitoring working party index for the Philippines. *Water Biology and Security*, 5(2), 100465. <https://doi.org/10.1016/j.watbs.2025.100465>
- Muntalif, B. S., Chazanah, N., Ilmi, F., Sari, N. E., & Bagaskara, S. W. (2023). Distribution of the riverine benthic macroinvertebrate community along the citarum cascading dam system in West Java, Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 46, e02580. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02580>
- Munyai, L. F., Gumede, B. P., Dondofema, F., & Dalu, T. (2025). Environmental characteristics shape macroinvertebrate community structure across spatiotemporal scales in a subtropical African river system. *Scientific Reports*, 15(1), 6595. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91346-9>
- Mureithi, P. W., Aine, A., Basooma, R., Namumbya, J., Nansumbi, F.,

- Yegon, M. J., Meimberg, H., & Graf, W. (2025). Advancements in macroinvertebrate-based river bioassessment research in the Afrotropical region: Review and steps towards a regional framework. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(8), 935. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14272-3>
- Ndatimana, G., Nantege, D., & Arimoro, F. O. (2023). A review of the application of the macroinvertebrate-based multimetric indices (MMIs) for water quality monitoring in lakes. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(29), 73098–73115. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27559-0>
- Ni, L., Zhou, L., Hamad, A. A. A., Xu, C., Sang, W., Du, C., Nie, Y., Li, H., Shi, J., & Li, S. (2024). Community Structure and Water Quality Assessment of Benthic Macroinvertebrates in Hongze Lake. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 112(4), 58. <https://doi.org/10.1007/s00128-024-03877-y>
- Nsengimana, V., Twagirayezu, E., de Dieu Habiyaremye, J., Rutegwa, M., Nyandwi, V., & Ndatimana, G. (2025). Application of aquatic macroinvertebrates in water quality assessment of the Nyabarongo and Akagera Rivers in Rwanda. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(4), 370. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13817-w>
- Oester, R., de Omena, P. M., da Costa, L. C., Moretti, M. S., Altermatt, F., & Bruder, A. (2025). Riparian Forests and Macroinvertebrates Support Multiple Ecosystem Processes Across Temperate and Tropical Streams. *Ecosystems*, 29(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s10021-025-01024-0>
- Oliveira, J. S., Liberal, M. E. C., Leão, C. P., Cruz, M., Martins, J., Siqueira, R. M., & Godoy, B. S. (2025). Adaptation of the biotic index for macroinvertebrates in tributaries of the Itacaiúnas River. *Limnologica*, 111, 126239. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2025.126239>
- Orozco-González, C. E., & Ocasio-Torres, M. E. (2023). Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality: A Study of an Ecosystem Regulation Service in a Tropical River. *Ecologies*, 4(2), 209–228. <https://doi.org/10.3390/ecologies4020015>
- Ramião, J. P., Cássio, F., & Pascoal, C. (2020). Riparian land use and stream habitat regulate water quality. *Limnologica*, 82, 125762. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2020.125762>
- Simaika, J. P., Stribling, J., Lento, J., Bruder, A., Poikane, S., Moretti, M. S., Rivers-Moore, N., Meissner, K., & Macadam, C. R. (2024). Towards harmonized standards for freshwater biodiversity monitoring and biological assessment using benthic macroinvertebrates. *Science of The Total Environment*, 918, 170360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170360>
- Stappert, H.-M., Blanke, P., Hering, D., & Kail, J. (2025). Mitigating the effects of extreme low-flow on stream macroinvertebrates: The role of woody riparian vegetation and groundwater. *Hydrobiologia*, 852(18), 4671–4688. <https://doi.org/10.1007/s10750-025-05886-2>
- Supriani, Y., Wahidin, U., Nursobah, A., Arifin, B. S., & Mahmud, M. (2024). The Influence of Visionary

- Leadership and Compensation on Achievement Motivation and Its Impact on Lecturer Performance (Case Study of A Private Islamic Religious College In Metro Lampung City). *International Journal of Education and Digital Learning (IJEDL)*, 2(4), 1–13. <https://doi.org/10.47353/ijedl.v2i4.119>
- Vagheei, H., & Boano, F. (2025). Freshwater riparian zones in a changing climate: A comprehensive review. *Ecological Indicators*, 176, 113600. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113600>
- van Kouwen, L. A. H., van der Lee, G. H., Kraak, M. H. S., & Verdonschot, P. F. M. (2025). An empirically derived riparian forest preference index for lowland stream macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, 175, 113547. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113547>
- Worku, Y., Asmamaw, M., & Ambelu, A. (2026). The potential of riparian vegetation to improve surface water quality: Review paper. *Discover Applied Sciences*, 8 (5), 514. <https://doi.org/10.1007/s42452-026-08444-0>
- Wozniak, M. M., Lehman, R. W., Martin, J., Adams, S. R., Adams, G. L., & Halvorson, H. M. (2025). Stream macroinvertebrate associations with water chemistry and habitat in low-gradient basins with minimal anthropogenic land use. *Hydrobiologia*, 852 (18), 4621–4636. <https://doi.org/10.1007/s10750-025-05880-8>
- Xu, H., Cai, C., Du, H., & Guo, Y. (2021). Responses of water quality to land use in riparian buffers: A case study of Huangpu River, China. *GeoJournal*, 86 (4), 1657–1669. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10150-2>
- Yadamsuren, O., Morse, J. C., Hayford, B., Gelhaus, J. K., & Adler, P. H. (2020). Macroinvertebrate community responses to land use: A trait-based approach for freshwater biomonitoring in Mongolia. *Hydrobiologia*, 847(8), 1887–1902. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04220-2>