

Analisis Variasi Spasial dan Temporal Parameter Kualitas Air Sungai Kahayan: Implikasi Terhadap Proses *Self-Purification*

Regina Wahyudyah Sonata Ayu¹, Yuniarta Basani², Kadek Ayu Cintya Adelia², Mega Yumia⁴

^{1,2,4}Program Studi Matematika, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

³Program Studi Fisika, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

Email korespondensi: reginawsayu@mipa.upr.ac.id

Abstrak

Sungai Kahayan, sebagai salah satu sungai utama di Kalimantan Tengah, memiliki peran krusial dalam kehidupan masyarakat setempat. Namun, aktivitas manusia di sekitar sungai ini, seperti pembuangan limbah rumah tangga dan industri, mengakibatkan potensi pencemaran yang signifikan. Penelitian ini menggali variasi spasial dan temporal dari 11 parameter kualitas air Sungai Kahayan selama periode 2021–2023. Hasil analisis menggunakan teknik statistika multivariat, Analisis Klaster Hierarki (HCA) dan Analisis Komponen Utama (PCA), mengidentifikasi hubungan kompleks antar parameter. Hasil PCA menunjukkan bahwa parameter kualitas air dapat direduksi menjadi dua komponen utama (PC1 dan PC2), menjelaskan sekitar 84,24% variabilitas data. PC1 merepresentasikan tingkat polusi organik dan anorganik, sementara PC2 mencerminkan aspek-aspek kimia dan keseimbangan kimia dalam air. Analisis spasial menggunakan HCA mengelompokkan lokasi pengambilan sampel ke dalam dua klaster utama, menunjukkan perbedaan signifikan dalam kualitas air. Analisis temporal menggunakan MANOVA mengungkapkan perbedaan yang signifikan setiap tahun, terutama pada parameter pH, DO, BOD, NH3-N, TDS, TSS, dan Fe. Kemampuan *self-purification* Sungai Kahayan dievaluasi melalui analisis tren dengan melibatkan parameter DO, BOD, dan COD. Meskipun terjadi pemurnian diri, sungai belum mencapai zona air bersih pada titik terakhir pengambilan sampel. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang variasi spasial dan temporal kualitas air Sungai Kahayan, serta implikasinya terhadap proses *self-purification*. Hasilnya dapat menjadi dasar untuk pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan peningkatan pemahaman terhadap kondisi ekosistem sungai.

Masuk:

15 Maret 2025

Diterima:

22 Maret 2025

Diterbitkan:

26 Maret 2025

Kata kunci:

HCA; MANOVA; PCA; *Self-Purification*; Sungai Kahayan

1. Pendahuluan

Sungai Kahayan merupakan salah satu sungai utama di Kalimantan Tengah yang melintasi Kota Palangka Raya, Kabupaten Gunung Mas, dan Kabupaten Pulang Pisau dengan panjang 600 km dan rata-rata lebar dan kedalaman masing-masing adalah 450 m dan 7 m [1]. Sungai ini mempunyai peranan penting terhadap kehidupan masyarakat yakni sebagai sumber daya air, potensi perikanan, sebagai prasarana trasportasi, serta menjadi lokasi tempat tinggal yang disebut dengan lanting atau rumah apung [2]. Banyaknya aktivitas masyarakat di sekitar Sungai Kahayan ini menjadikannya rawan akan pencemaran. Tercatat bahwa terdapat sekitar 342 rumah lanting di sekitar Sungai Kahayan dan sampah serta limbah rumah tangga yang dihasilkan dibuang langsung ke badan air Sungai Kahayan [3]. Selain itu, hasil air buangan limbah Kota Palangka Raya berpengaruh pada baku mutu air Sungai Kahayan. Ini terlihat dari parameter BOD, TSS, Minyak dan Lemak serta total Coliform telah melewati ambang batas baku mutu air limbah domestik [4]. Hal ini didukung juga dengan data BPS bahwa status mutu kualitas sungai Kahayan berada pada level cemar sedang – cemar berat hingga tahun 2021 [5].

Air sungai yang tercemar menyebabkan kualitas air memburuk, terbatasnya penggunaan air dan fungsi ekosistem karena hanya sedikit spesies yang mampu bertahan hidup dengan adanya bahan kimia, nutrisi, salinitas, dan polutan antropogenik lainnya. Sungai pada dasarnya memiliki kemampuan *self-purification* yang mencakup kapasitasnya untuk mengasimilasi produk limbah aktivitas manusia tanpa membahayakan kehidupan di dalamnya [6]. Sungai mempunyai

peran penting dalam mengasimilasi atau mengalirkan limbah industri, limbah domestik, pembuangan kotoran, limpasan lahan pertanian yang berkontribusi terhadap pencemaran sungai. Akan tetapi, jika industri dan penduduk kota terus membuang limbah, polutan berbahaya di sungai, polusi akan meningkat dan pemurnian sendiri tidak akan efektif [7].

Kualitas air berkontribusi secara esensial dalam menentukan kemampuan *self-purification* pada sungai [8]. Efisiensi proses *self-purification* air sungai bergantung pada kualitas air [9]–[12]. Dalam hal ini, semakin rendah kualitas air berarti semakin sedikit oksigen bagi mikroorganisme untuk mengurai bahan organik, sedangkan semakin tinggi kualitas air berarti semakin sedikit unsur hara bagi tanaman yang menyerap polutan.

Proses *self-purification* pada sistem air alami seperti sungai merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan proses fisika, kimia, dan biologi yang berlangsung secara bersamaan [13]. Melalui proses ini, sungai dapat memulihkan atau menjernihkan dirinya setelah mencapai jarak tertentu. Pentingnya proses *self-purification* dan peningkatan kualitas air tidak dapat dipandang sebelah mata dalam konteks pemeliharaan ekosistem perairan, karena kedua aspek tersebut menjadi kunci untuk remediasi habitat dan pengelolaan keberlanjutan spesies perairan [14].

Pemantauan berkala dan sistematis terhadap kualitas air sungai perlu dilakukan untuk memastikan kelestarian lingkungan [15]. Program pemantauan lingkungan sungai dapat mencakup pengambilan sampel pada beberapa titik berbeda untuk menguji berbagai parameter fisika, kimia, dan biologi [16]. Namun demikian, analisis lingkungan sungai cenderung berhadapan dengan variabilitas yang tinggi antara lain disebabkan karena faktor hidrologi dan meteorologi, serta dampak antropogenik. Untuk itu diperlukan teknik analisis yang komprehensif terhadap data kualitas air sehingga bisa menjelaskan variabilitasnya baik secara spasial maupun temporal. Teknik analisis yang sudah banyak digunakan adalah teknik analisis statistika multivariat berupa analisis klaster (cluster analysis/CA) dan analisis komponen utama (principal component analysis/PCA) yang digunakan sebagai metode eksplorasi dan reduksi dimensi parameter kualitas air [17]–[20] dan multivariate analysis of variance (MANOVA) yang digunakan untuk memprediksi perbedaan pada kumpulan data kualitas air dan memperoleh informasi terkait variabilitas spasial dan temporal kualitas air sungai [8], [21].

Beberapa penelitian telah mengkaji mengenai kualitas air Sungai Kahayan antara lain adalah kajian kualitas air berdasarkan musim [22] serta kajian parameter kualitas air dibandingkan baku mutu [23]. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum mengkaji mengenai variasi spasial dan temporal kualitas air Sungai Kahayan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak pencemaran organik kualitas air serta kemampuan *self-purification* Sungai Kahayan. Untuk itu, berbagai beberapa teknik analisis statistika multivariat termasuk CA, PCA dan MANOVA diterapkan pada kumpulan data yang dikumpulkan sepanjang periode 3 tahun (2021–2023), yang memantau 11 parameter fisika dan kimia. Penerapan analisis multivariat memungkinkan pemilihan parameter yang mewakili variasi spasial dan temporal kualitas air untuk menetapkan program pemantauan selanjutnya.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data

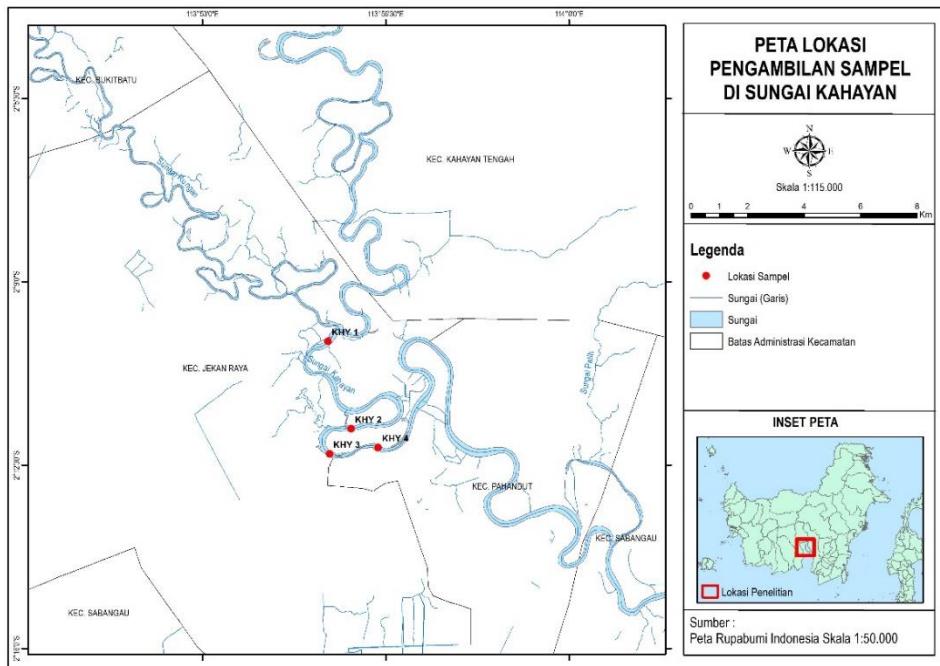
Data pada penelitian ini berupa data sekunder yang bersumber dari kumpulan data pemantauan kualitas air dari UPT Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kota Palangka Raya. Data yang akan digunakan dalam penelitian adalah data kualitas air dari tahun 2021-2023 yang diambil pada empat titik sampel yang diberi kode KHY1 (S: 02°10'08,20", E: 113°55'23,80"), KHY2 (S: 02°11'48,20", E: 113°55'50,40"), KHY3 (S: 02°12'17,30", E: 113°55'25,70") dan KHY4 (S: 02°12'10,00", E: 113°56'21,20") seperti terlihat pada Gambar 1.

Kumpulan data yang akan dianalisis terdiri dari 11 parameter fisika dan kimia kualitas air yakni: daya hantar listrik (DHL), pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), amonia (NH3-N), total dissolved solids (TDS), total suspended solids (TSS), sulfat (SO4), besi (Fe) dan fluorida (F).

2.2 Metode Analisis Data

Analisis multivariat pada data kualitas air Sungai Kahayan dilakukan dengan menggunakan CA, PCA dan MANOVA. Pada analisis komponen utama dataset yang kompleks akan direduksi menjadi beberapa komponen utama yang menjelaskan sebagian besar variasi [24]. Hal ini akan memudahkan identifikasi faktor-faktor dominan yang berkontribusi pada variasi kualitas air sungai. Sementara itu, dengan menggunakan analisis klaster, lokasi pengambilan sampel dikelompokkan berdasarkan kesamaan karakteristik sehingga memberikan gambaran mengenai variasi spasial dari dataset. Analisis yang digunakan adalah analisis klaster hirarki (Hierarchical Cluster Analysis/HCA). HCA dapat memberikan pemetaan visual tentang bagaimana variasi kualitas air tersebar di sepanjang sungai. Lokasi pengambilan sampel dari klaster yang sama dicirikan oleh homogenitas yang tinggi sementara lokasi sampel yang berasal dari kelompok yang berbeda dicirikan oleh heterogenitas yang tinggi [25]. Tingkatan kesamaan antara lokasi-lokasi tersebut saat observasinya digabungkan akan digunakan untuk membuat dendrogram.

Karena sampel data kualitas air Sungai Kahayan diambil pada waktu yang berbeda maka analisis multivariat dengan MANOVA digunakan untuk membandingkan variasi temporal selama periode waktu 2021, 2022, dan 2023. Software SPSS 26 digunakan dalam pengolahan dan analisis data baik PCA, HCA, maupun MANOVA. Selanjutnya, teknik analisis tren digunakan untuk mengidentifikasi distribusi dan indikasi terjadinya proses *self-purification*. Tren tersebut akan ditampilkan menggunakan chart guna memberikan gambaran mengenai konsentrasi masing-masing parameter kualitas air yang diperiksa dan hubungannya dengan jarak sungai yang tercemar.



Gambar 1. Peta Titik Lokasi Pengambilan Sampel di Sungai Kahayan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Statistika Deskriptif Parameter Kualitas Air Sungai Kahayan

Statistika deskriptif (mean dan standar deviasi) dari kesebelas variabel yang akan dianalisis untuk data tahun 2021-2023 disajikan pada Tabel 1 (*DHL* dalam $\mu\text{S}/\text{m}$, parameter lain selain *pH* dalam mg/L).

Tabel 1. Statistika Deskriptif Variabel Parameter Kualitas Air Sungai Kahayan

Variabel	KHY1	KHY2	KHY3	KHY4
DHL	$16,36 \pm 2,27$	$17,93 \pm 2,55$	$14,73 \pm 1,39$	$14,37 \pm 0,44$
pH	$6,02 \pm 0,37$	$5,89 \pm 0,34$	$5,75 \pm 0,30$	$5,74 \pm 0,28$
DO	$6,23 \pm 0,45$	$6,12 \pm 0,65$	$5,75 \pm 0,85$	$5,75 \pm 1,12$
BOD	$14,17 \pm 1,29$	$12,24 \pm 4,68$	$15,56 \pm 2,74$	$11,45 \pm 5,63$
COD	$50,76 \pm 14,06$	$35,41 \pm 5,32$	$31,38 \pm 4,83$	$31,25 \pm 4,15$
NH ₃ -N	$0,62 \pm 0,42$	$0,60 \pm 0,43$	$0,67 \pm 0,47$	$0,51 \pm 0,34$
TDS	$29,88 \pm 22,56$	$24,18 \pm 16,41$	$27,25 \pm 18,88$	$19,60 \pm 12,20$
TSS	$205,33 \pm 24,48$	$210,00 \pm 30,60$	$181,00 \pm 32,58$	$227,67 \pm 58,38$
SO ₄	$17,65 \pm 1,24$	$14,80 \pm 0,75$	$5,75 \pm 0,80$	$30,00 \pm 6,52$
Fe	$2,22 \pm 1,86$	$2,45 \pm 2,11$	$2,20 \pm 1,79$	$2,95 \pm 2,51$
F	$0,54 \pm 0,00$	$0,11 \pm 0,00$	$0,49 \pm 0,23$	$0,56 \pm 0,25$

Berdasarkan tabel terlihat bahwa secara rata-rata beberapa parameter tidak sesuai dengan baku mutu air sungai sebagai bahan baku air minum. Parameter-parameter tersebut adalah pH (baku mutu 6-9), DO (baku mutu 6 mg/L), BOD (baku mutu 2 mg/L), COD (baku mutu 10 mg/L), dan TSS (baku mutu 50 mg/L) [5]. Hal ini mengindikasi terjadinya pencemaran pada Sungai Kahayan. Titik lokasi dengan konsentrasi BOD tertinggi adalah KHY3 dengan rata-rata 15,56 mg/L. Konsentrasi TSS tertinggi berada di lokasi KHY4 yakni sejumlah 227,67 mg/L, sedangkan konsentrasi COD tertinggi berada di KHY1 sejumlah 50,76 mg/L.

3.2 Matriks Korelasi Parameter Kualitas Air Sungai Kahayan

Sebelum menerapkan teknik analisis multivariat terlebih dahulu dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui korelasi antara variabel-variabel parameter kualitas air yang satu dengan yang lainnya. Matriks korelasi (*correlation matrix*) dari 11 variabel yang dianalisis disajikan pada Tabel 2.

Table 2. Matriks Korelasi Variabel Parameter Kualitas Air Sungai Kahayan

Variabel	DHL	pH	DO	BOD	COD	NH ₃ -N	TDS	TSS	SO ₄	Fe	F
DHL	1										
pH	0,70	1									
DO	0,83	0,98	1								
BOD	-0,17	0,09	-0,01	1							
COD	0,41	0,94	0,84	0,22	1						
NH ₃ -N	0,21	0,25	0,22	0,92	0,25	1					
TDS	0,29	0,64	0,56	0,82	0,71	0,86	1				
TSS	0,04	0,04	0,08	-0,94	0,00	-0,96	-0,71	1			
SO ₄	-0,22	-0,05	-0,08	-0,83	0,00	-0,96	-0,68	0,96	1		
Fe	-0,34	-0,48	-0,44	-0,87	-0,48	-0,97	-0,95	0,86	0,88	1	
F	-0,83	-0,18	-0,38	0,27	0,16	-0,12	0,08	0,01	0,29	0,12	1

Keterangan: tingkat signifikansi $p < 0,05$, nilai R yang ditebalkan menandakan korelasi signifikan

Beberapa parameter fisika dan kimia berkorelasi positif dan negatif satu sama lain. Parameter DHL berkorelasi signifikan dengan DO ($R = 0,83$) dan F ($R = -0,83$). Parameter pH berkorelasi signifikan secara positif dengan DO ($R = 0,98$) dan COD ($R = 0,94$). Parameter DO dan SO₄ masing-masing berkorelasi positif secara signifikan dengan COD ($R = 0,84$) dan Fe ($R = 0,88$), sedangkan parameter TDS berkorelasi negatif secara signifikan dengan Fe ($R = -0,95$). Parameter BOD berkorelasi signifikan dengan NH₃-N ($R = 0,92$), TDS ($R = 0,82$), TSS ($R = -0,94$), SO₄ ($R = -0,83$), dan Fe ($R = -0,87$). Korelasi yang signifikan antara parameter organik BOD dengan amonia serta parameter DO dengan COD mengindikasikan bahwa pencemaran organik oleh aktivitas manusia (pembuangan limbah organik) mempengaruhi kualitas air dari sungai yang diteliti.

3.3 Principal Component Analysis (PCA)

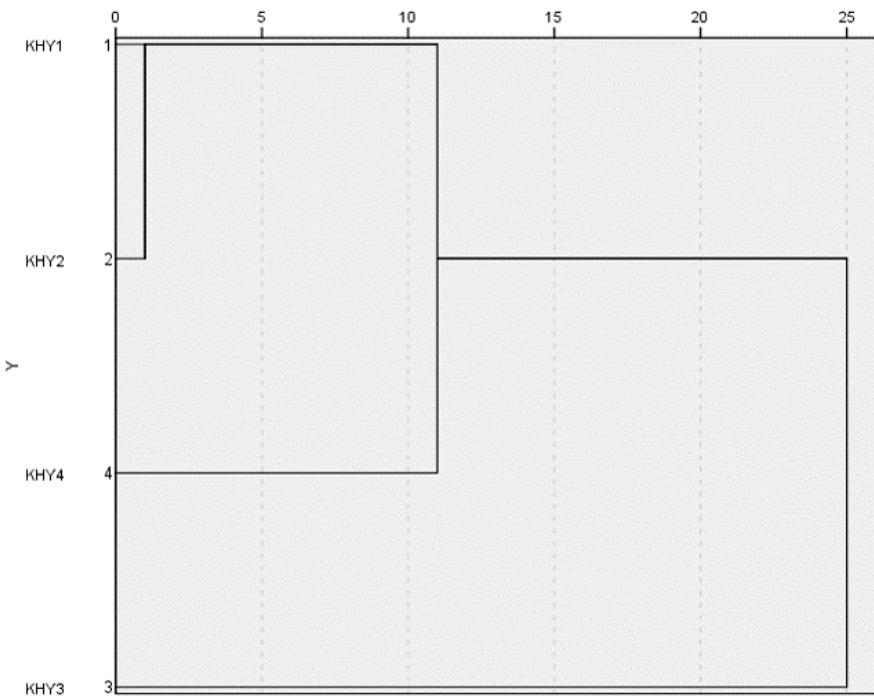
Dalam konteks penelitian ini, PCA digunakan untuk meringkas korelasi statistik antara komponen-komponen parameter kualitas air sungai yang diukur. Variabel parameter kualitas air terbagi ke dalam dua komponen utama PC1 dan PC2 yang menjelaskan secara keseluruhan 84,24% variabilitas data. Komponen utama pertama (PC1), sebesar 53,59% dari keseluruhan variabilitas data, mempunyai korelasi positif dengan BOD, NH₃-N, dan TDS, dan memiliki korelasi negatif dengan TSS, SO₄, dan Fe. PC1 menghasilkan reduksi data dimana hanya 6 variabel (dari total 11 variabel) untuk menjelaskan 53,59% total variansi. Komponen utama kedua (PC2) menjelaskan 30,65% variansi dan berkorelasi positif dengan DHL, pH, DO dan COD serta berkorelasi negatif dengan F (Tabel 3). Dalam hal ini, PC1 merepresentasikan tingkat polusi organik dan inorganik dalam air, sedangkan PC2 merepresentasikan dimensi yang mencerminkan aspek-aspek kimia dan keseimbangan kimia dalam air, serta potensial untuk mendukung kehidupan akuatik.

Tabel 3. Hasil PCA Parameter Kualitas Air Sungai Kahayan

Variabel	PC1 (53,59%)	PC2 (30,65%)
DHL	0,409	0,751
pH	0,562	0,790
DO	0,530	0,847
BOD	0,820	-0,537
COD	0,548	0,626
NH ₃ -N	0,940	-0,319
TDS	0,961	0,048
TSS	-0,801	0,583
SO ₄	-0,834	0,411
Fe	-0,995	0,100
F	-0,150	-0,406

3.4 Variasi Spasial pada Kualitas Air Sungai Kahayan: Hierarchical Cluster Analysis (HCA)

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis klaster yang merupakan analisis spasial untuk mendeteksi kesamaan kelompok antara lokasi pengambilan sampel. HCA dilakukan dengan menggunakan Metode Ward dan data yang akan dianalisis sebelumnya telah dinormalisasi menggunakan jarak Euclidean kuadrat sebagai ukuran kesamaan. Hasil analisis cluster disajikan menggunakan dendrogram (Gambar 2). Berdasarkan dendrogram terlihat bahwa lokasi pengambilan sampel diklasifikasikan ke dalam dua grup dimana klaster pertama terdiri dari titik KHY1, KHY2, dan KHY4, sedangkan klaster kedua terdiri dari titik KHY3. Klaster pertama terdiri dari dua sub grup dimana subgrup pertama berisikan titik KHY1 dan KHY2 dan subgrup kedua berisikan titik KHY4.



Gambar 2. Dendrogram Klasterisasi Lokasi Pengambilan Sampel Berdasarkan Karakteristik Kualitas Air Sungai Kahayan

Perbedaan antara kedua grup disebabkan karena tingginya tingkat polusi organik dan padatan terlarut. Sementara itu, lokasi KHY4 terpisah dari lokasi lain dalam grupnya disebabkan karena variasi tingkat polusi anorganik. Klaster pertama memiliki kualitas air lebih baik dari klaster kedua karena konsentrasi BOD yang lebih sedikit. Subgrup KHY1 dan KHY2 memiliki kualitas air yang lebih baik karena memiliki konsentrasi DO yang lebih tinggi. Kedua parameter ini merupakan parameter yang berperan penting dalam proses *self-purification*.

3.5 Variasi Temporal pada Kualitas Sungai Kahayan: MANOVA

Untuk mengetahui variasi temporal kualitas air Sungai Kahayan tahun 2021-2023, maka dilakukan multivariate analysis of variance (MANOVA). Berdasarkan hasil analisis dengan tingkat signifikansi 0,05 diperoleh bahwa terdapat perbedaan kualitas air yang signifikan setiap tahunnya terutama pada parameter pH, DO, BOD, NH₃-N, TDS, TSS dan Fe (Tabel 4). Untuk mengevaluasi variabel mana yang menyebabkan perbedaan signifikan tersebut maka dilakukan post hoc analysis dengan menggunakan kriteria Bonferroni untuk ketujuh parameter tersebut.

Tabel 4. Hasil Numerik MANOVA

Variabel	F	Sig.
DHL	0,232	0,797
pH	52,974	0,000
DO	27,382	0,000
BOD	6,195	0,020
COD	2,323	0,154
NH ₃ -N	188,647	0,000
TDS	63,963	0,000
TSS	8,691	0,008
SO ₄	0,234	0,796
Fe	152,994	0,000
F	0,241	0,791

Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan ($\rho < 0,05$) antara tahun 2023 dengan tahun 2021 dan 2022. Perbedaan tersebut disebabkan karena parameter pH, DO, dan TSS. Ketiga parameter ini erat kaitannya dengan aktivitas masyarakat sekitar Sungai Kahayan yang sering membuang sampah pada badan sungai [26] yang mengarah pada polusi antropogenik.

Tabel 5. Post Hoc Analysis Selama Periode Pengambilan Sampel 2021-2023

Variabel Dependen	(I) Tahun	(J) Tahun	Sig.
pH	2021	2022	0,000
		2023	0,002
	2022	2021	0,000
		2023	0,001
	2023	2021	0,002
		2022	0,001
DO	2021	2022	0,039
		2023	0,000
	2022	2021	0,039
		2023	0,006
	2023	2021	0,000
		2022	0,006
BOD	2021	2022	0,022
		2023	0,929
	2022	2021	0,022
		2023	0,127
	2023	2021	0,929
		2022	0,127
NH ₃ -N	2021	2022	0,000
		2023	0,000
	2022	2021	0,000
		2023	1,000
	2023	2021	0,000
		2022	1,000
TDS	2021	2022	0,000
		2023	0,000
	2022	2021	0,000
		2023	1,000
	2023	2021	0,000

Variabel Dependen	(I) Tahun	(J) Tahun	Sig.
TSS	2021	2022	1,000
		2023	1,000
		2022	0,011
2023	2022	2021	1,000
		2023	0,033
	2023	2021	0,011
Fe	2021	2022	0,000
		2023	0,000
		2022	0,000
2022	2023	2021	1,000
		2023	0,000
	2023	2021	1,000
2023	2023	2022	0,000
		2022	1,000

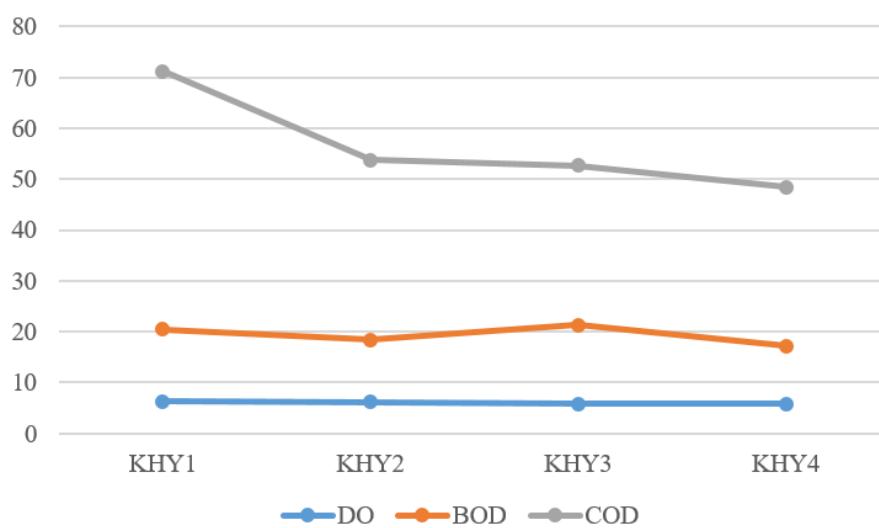
3.6 Kemampuan Self-Purification Sungai Kahayan

Proses identifikasi kemampuan pemurnian diri (*self-purification*) terhadap pencemaran air sungai di Kahayan dilakukan dengan menggunakan analisis tren, dengan tabel dan grafik garis yang menghubungkan nilai konsentrasi unsur dengan jarak sungai. Dengan cara ini, jarak pemurnian diri yang terjadi di aliran air sungai bisa diidentifikasi secara tepat. Kami menggunakan tiga bahan kimia parameter yang mewakili pemurnian diri proses, termasuk DO, BOD, dan COD, sebagai ilustrasi intensitas kontaminasi limbah itu mencemari air sungai di wilayah penelitian. Rata-rata konsentrasi ketiga parameter di empat lokasi titik pengambilan sampel disajikan pada Table 6.

Tabel 6. Konsentrasi COD, DO, dan BOD di Sungai Kahayan

Titik Pengambilan Sampel	Jarak (km)	COD (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
KHY1	± 0,00	50,76	6,23	14,17
KHY2	+ 3,17	35,41	6,12	12,24
KHY3	+ 1,17	31,38	5,75	15,56
KHY4	+ 1,72	31,25	5,75	11,45

Tren keseluruhan dari tiga parameter kimia pada air Sungai Kahayan ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan analisis yang berkaitan dengan tiga parameter kimia, pemurnian diri sungai di wilayah studi dapat terjadi, diindikasikan dengan konsentrasi BOD dan COD menurun pada titik sampel KHY2 dan KHY4. Namun, dengan kadar DO yang tidak meningkat sampai dengan lokasi terakhir KHY4, pemurnian diri sungai akibat pencemaran limbah belum mencapai zona air bersih yang mana adalah tahap terakhir dari proses tersebut.



Gambar 3. Tren Konsentrasi COD, BOD dan DO terhadap Jarak

4. Kesimpulan

Sebanyak 11 parameter fisika dan kimia selama tahun 2021–2023 dianalisis dan beberapa diantaranya tidak sesuai dengan baku mutu yakni pH, DO, BOD, COD, dan TSS. Data kualitas air telah dianalisis dengan menggunakan HCA dan PCA untuk mengidentifikasi korelasi di antara variabel dan mengelompokkan titik lokasi di sungai berdasarkan kualitas air yang serupa. Melalui PCA telah diperoleh jumlah parameter tereduksi (6) yang menjelaskan sebagian besar variansi dari kumpulan data parameter kualitas air. Penggunaan kombinasi PCA dan MANOVA telah memungkinkan identifikasi sumber variasi spasial dan temporal (polusi antrogenik) yang mempengaruhi kualitas air sungai. Selain itu, dari hasil HCA ditemukan hubungan antara kemampuan *self-purification* dan lokasi pengambilan sampel di sungai.

Sebaran pencemaran air sungai di lokasi titik sampel yang diteliti menunjukkan pola tren yang berfluktuasi. Tingkat kontaminasi limbah cenderung meningkat titik sampel KH3; untuk DO sebagai pendukung faktor proses *self-purification* air sungai cenderung menurun hingga lokasi titik sampel terakhir. Kondisi ini menandakan bahwa aliran sungai Kahayan memerlukan jarak yang lebih jauh untuk mencapainya fase sempurna dari proses pemurnian diri.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai melalui Hibah Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Sumber Dana PNBP Tahun 2023 Universitas Palangka Raya pada Skema Penelitian Dosen Pemula. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Palangka Raya yang telah mendanai penelitian ini serta kepada UPT Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kota Palangka Raya yang telah mendukung penyediaan data pemantauan kualitas air Sungai Kahayan.

Daftar Pustaka

- [1] BPS Provinsi Kalimantan Tengah, “Provinsi Kalimantan Tengah dalam Angka 2023,” Palangka Raya, 2023.
- [2] Y. O. R. Wainarisi and S. N. Tumbol, “Pergeseran Makna Sungai Kahayan bagi Masyarakat Dayak Ngaju di Desa Bukit Rawi Kabupaten Pulang Pisau,” *J. Moral Civ. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 181–194, 2022, doi: 10.24036/8851412612022627.
- [3] Novrianti, “Pengaruh Aktivitas Masyarakat di pinggir Sungai (Rumah Terapung) terhadap Pencemaran Lingkungan Sungai Kahayan Kota Palangka Raya Kalimantan Tengah,” *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 1, no. 2, pp. 35–39, 2016.
- [4] Leonardo, R. Elvince, and Ardianor, “Pengaruh Air Limbah Kota Palangka Raya Pada Kualitas Air Sungai Kahayan,” *J. Environ. Manag.*, vol. 1, no. 2, pp. 124–133, 2020.
- [5] Badan Pusat Statistik, *Statistika Lingkungan Hidup Indonesia 2023*. Jakarta: BPS, 2023.
- [6] V. Šaulys, O. Survil, and R. Stankevi, “An Assessment of Self-Purification in Streams,” *Water*, vol. 12, no. 1, p. 87, 2020, doi: 10.3390/w12010087.
- [7] R. Kaushik, “Mathematical Modelling on water pollution and Self-purification of River Ganges,” *Adv. Appl. Sci. Res.*, vol. 6, no. 7, pp. 57–64, 2015.
- [8] S. O. González, C. A. Almeida, M. Calderón, M. A. Mallea, and P. González, “Assessment of the water self-purification capacity on a river affected by organic pollution: application of chemometrics in spatial and temporal variations,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 21, no. 18, pp. 10583–93, 2014, doi: 10.1007/s11356-014-3098-y.
- [9] I. M. Aho, G. D. Akpen, and C. C. Aniakor, “Modelling Self Purification of River Benue Within Makurdi,” *Arid Zo. J. Eng. Technol. Environ.*, vol. 17, no. 3, pp. 347–356, 2021.
- [10] S. M. Nezad, K. Ebrahimi, and R. Kerachian, “Investigation of Seasonal Self-purification Variations of Karun River, Iran,” *Amirkabir J. Civ. Eng.*, vol. 49, no. 4, pp. 193–196, 2018, doi: 10.22060/ceej.2016.866.
- [11] W. D. Nugraha, A. Sarniningsih, and B. Alfisyah, “The Study of Self Purification Capacity Based on Biological Oxygen Demand (BOD) and Dissolved Oxygen (DO) Parameters,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 448, p. 012105, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/448/1/012105.
- [12] N. Y. H. Salih, A. O. Mohammad, and F. O. Mohammed, “Study on the Self-purification of Tanjaro River,” *Tikrit J. Agric. Sci.*, vol. 21, no. 4, pp. 54–62, 2021.
- [13] J. I. Obianyo, E. E. Ohazurike, O. O. Onyeike, I. Ije, S. Eboh, and L. I. Nwobia, “A Study of Self-purification Capacity of Anyim Stream,” *Niger. J. Technol.*, vol. 41, no. 2, pp. 359–364, 2022, doi: 10.4314/njt.v41i2.17.
- [14] B. O. L. Demars and J. R. Manson, “Temperature Dependence of Stream Aeration Coefficients and The Effect of Water Turbulence: A Critical Review,” *Water Res.*, vol. 47, no. 1, pp. 1–15, 2013, doi: 10.1016/j.watres.2012.09.054.
- [15] S. N. Zainurin *et al.*, “Advancements in Monitoring Water Quality Based on Various Sensing Methods: A Systematic Review,” *Int. J. Environ. Res. Public Heal.*, vol. 19, no. 21, p. 14080, 2022, doi: 10.3390/ijerph192114080.

- [16] S. Chidiac, P. El Najjar, N. Ouaini, Y. El Rayess, and D. El Azzi, "A Comprehensive Review of Water Quality Indices (WQIS): History, Models, Attempts and Perspectives," *Rev. Environ. Sci. Bio/Technology*, vol. 22, pp. 349-395, 2023, doi: 10.1007/s11157-023-09650-7.
- [17] T. C. Ogwueleka, "Use of Multivariate Statistical Techniques For The Evaluation of Temporal and Spatial Variations in Water Quality of The Kaduna River, Nigeria," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 187, p. 137, 2015, doi: 10.1007/s10661-015-4354-4.
- [18] D. Phung *et al.*, "Temporal and Spatial Assessment of River Surface Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques: A Study in Can Tho City, a Mekong Delta Area, Vietnam," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 187, p. 229, 2015, doi: doi.org/10.1007/s10661-015-4474-x.
- [19] D. Pratiwi, D. Sumiarsa, D. Oktavia, and S. Sunardi, "Water Quality Influences Self-Purification in the Cihawuk and Majalaya Segments Upstream of the Citarum River, West Java, Indonesia," *Water*, vol. 15, no. 16, p. 2998, 2023, doi: 10.3390/w15162998.
- [20] M. Rezaali, A. Karimi, N. M. Yekta, and R. F. Fard, "Identification of Temporal and Spatial Patterns of River Water Quality Parameters Using NLPCA and Multivariate Statistical Techniques," *Int.J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 17, pp. 2977-2994, 2020, doi: 10.1007/s13762-019-02572-4.
- [21] N. S. Nathan, R. Saravanan, and T. Sundararajan, "Spatial Variability of Ground Water Quality Using HCA, PCA and MANOVA at Lawspet, Puducherry in India," *Comput. Water, Energy, Environ. Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 243-268, 2017, doi: 10.4236/cweee.2017.63017.
- [22] E. V. Yanti, "Dinamika Musiman Kualitas Air di Daerah Sungai Kahayan Kalimantan Tengah," *Ziraa'ah*, vol. 42, no. 2, pp. 107-118, 2017, doi: 10.31602/zmip.v42i2.774.
- [23] Abdurrahman, R. Kentkhute, and L. N. Hasinah, "Kualitas Air Sungai Kahayan, Palangka Raya, Kalimantan Tengah," *BALANGA J. Pendidik. Teknol. dan Kejurut.*, vol. 11, no. 1, pp. 56-63, 2023, doi: 10.37304/balanga.v11i2.10747.
- [24] I. T. Jolliffe and J. Cadima, "Principal Component Analysis: A Review and Recent Developments," *Phil. Trans. R. Soc.*, vol. 374, no. 2065, p. 20150202, 2016, doi: 10.1098/rsta.2015.0202.
- [25] Triyani and Syarpin, "Pemberdayaan masyarakat Daerah Aliran Sungai (DAS) Kahayan di Kelurahan Palangka Kota Palangka Raya Melalui Program Ecoliteracy," *Unri Conf. Ser. Community Engagem.*, vol. 4, pp. 78-85, 2022, doi: 10.31258/unricsce.4.78-85.