

## **Integrasi Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Kualitas Air untuk Mendukung Program Sanitasi Masyarakat**

### **Integration of Geographic Information Systems in Water Quality Mapping to Support Community Sanitation Programs**

**Poegoeh Prasetyo Rahardjo<sup>1a</sup>, Diena Widyastuti<sup>2</sup>, Anisa Zairina<sup>1</sup>, Yani Quarta Mondiana<sup>1</sup>, Alvin Candra Wijaya<sup>2</sup>, Siti Farida<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Kehutanan, Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno Hatta Malang 65142.

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Malang. Jl. Soekarno Hatta Malang 65142.

<sup>a</sup>Korespondensi : Poegoeh Prasetyo Rahardjo, E-mail: poegoehprasetyorahardjo@gmail.com

Diterima: 08-Juli-2025, Disetujui: 11-Juli-2025

#### **ABSTRACT**

*The decline in river water quality due to domestic and industrial pollution presents a major challenge in urban environmental management. This study aims to map the spatial distribution of water quality in the Upper Metro Sub-watershed using a Geographic Information System (GIS) approach to support community-based sanitation planning. The methodology involved the measurement of physical, chemical, and biological parameters at five monitoring stations. Water quality was evaluated using the STORET method and EPT Index (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), while spatial data were analyzed using IDW interpolation to generate pollution distribution maps. The results revealed a downstream degradation in water quality, indicated by increasing levels of BOD, COD, TSS, and phosphate, and decreasing DO. According to STORET classification, the upstream area was categorized as unpolluted, whereas the downstream stations were moderately polluted. The EPT index decreased from 12 taxa upstream to none downstream, reinforcing the chemical analysis. Spatial maps highlighted pollution hotspots in densely populated residential and small industrial zones. GIS integration proved effective in visualizing pollution zones and supporting decision-making in the Total Sanitation Program (STBM). This study offers technical and spatial recommendations to improve data-driven water quality management.*

**Keywords:** water quality, GIS, STORET, EPT, community sanitation, spatial interpolation

### ABSTRAK

Penurunan kualitas air sungai akibat pencemaran domestik dan industri merupakan tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran spasial kualitas air di Sub-DAS Metro Hulu menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendukung perencanaan sanitasi berbasis masyarakat. Metodologi yang digunakan meliputi pengukuran parameter fisik, kimia, dan biologi di lima stasiun pemantauan. Kualitas air dievaluasi menggunakan metode STORET dan Indeks EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), sedangkan data spasial dianalisis menggunakan interpolasi IDW untuk menghasilkan peta sebaran pencemaran. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kualitas air di hilir, yang ditunjukkan dengan meningkatnya kadar BOD, COD, TSS, dan fosfat, serta menurunnya DO. Berdasarkan klasifikasi STORET, daerah hulu dikategorikan tidak tercemar, sedangkan stasiun hilir tercemar sedang. Indeks EPT menurun dari 12 taksa di hulu menjadi tidak ada di hilir, yang memperkuat analisis kimia. Peta spasial menyoroti titik-titik panas pencemaran di kawasan pemukiman padat penduduk dan kawasan industri kecil. Integrasi GIS terbukti efektif dalam memvisualisasikan zona polusi dan mendukung pengambilan keputusan dalam Program Sanitasi Total (STBM). Studi ini menawarkan rekomendasi teknis dan spasial untuk meningkatkan pengelolaan kualitas air berbasis data.

**Kata kunci:** kualitas air, SIG, STORET, EPT, sanitasi masyarakat, interpolasi spasial

---

Rahardjo. P.P., D. Widyastuti., A. Zairina., Y.Q. Mondiana., A.C. Wijaya., S. Farida. Integrasi Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Kualitas Air untuk Mendukung Program Sanitasi Masyarakat. *Jurnal Green House*, 4(1),58-66. DOI: <https://doi.org/10.63296/jgh.v4i1.56>

---

## PENDAHULUAN

Permasalahan kualitas air dan sanitasi menjadi salah satu permasalahan yang harus mendapatkan perhatian terutama di perkotaan yang rawan pencemaran. Sumber-sumber air banyak yang sudah tercemar oleh limbah industri, limbah pertanian, limbah domestik, mikroplastik dan juga limbah B3, sedangkan fasilitas pengolahan air dan juga sanitasi masih belum efektif untuk menghilangkan atau mengurangi bahan pencemar dan polutan yang ada (Iswara, 2025). Sungai-sungai yang ada di Indonesia juga 70% sudah tercemar oleh limbah domestik (Kurniawan *et al.*, 2024). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada Tahun 2021 indeks kualitas air nasional hanya mencapai 53.33 poin dan masih jauh dari target nasional yaitu 55.20 poin (Antara, 2021). Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa pengelolaan sanitasi di masyarakat masih tergolong buruk. Dengan banyaknya sumber air yang tercemar membuat masyarakat terpaksa untuk menggunakan air yang berasal dari sumber yang tercemar tersebut serta melakukan praktek sanitasi yang tidak higienis yang berdampak pada kesehatan.

Tantangan tersebut dapat diatasi dengan melakukan pemantauan kualitas air, sehingga bisa menjadi kunci untuk mendukung program STBM (sanitasi berbasis Masyarakat). Bahkan WHO juga menekankan bahwa program pemantauan kualitas air ini adalah bagian penting dari program SDGs. Solusi untuk permasalahan cakupan data kualitas air ini salah satunya adalah dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian Jaywant & Arif (2024) menyebutkan bahwa dengan adanya integrasi SIG dengan data pemantauan bisa membangun sebuah data spasial yang andal untuk pemantauan serta untuk evaluasi kualitas air yang berkelanjutan. Sehingga dengan adanya dukungan analisis spasial maka dapat dibuat peta sebaran untuk parameter kualitas seperti BOD, COD, dan juga bisa mengidentifikasi pole pencemaran lintas wilayah. Sehingga secara umum SIG bisa digunakan secara efektif untuk memperluas cakupan pemantauan yang biasa dilakukan secara konvensional menjadi representasi spasial yang lebih luas dan bersifat real time.

Beberapa penelitian juga telah dilakukan dengan memanfaatkan SIG, seperti yang dilakukan oleh Lesmana & Alfian (2023), dimana dalam penelitian ini menggunakan ArcGIS untuk mengetahui sebaran kualitas air sungai yang tercemar oleh limbah pabrik gula, sejauh mana degradasi kualitas air. DAS Metro merupakan salah satu daerah aliran sungai yang cukup krusial yang ada di Kota Malang. Hal ini dikarenakan DAS Metro berfungsi sebagai sumber air untuk irigasi, industri dan juga untuk kebutuhan domestik. Dengan fungsi tersebut mengakibatkan DAS Metro mengalami tekanan pencemaran yang cukup tinggi, karena sungai metro ini mengalir melalui kawasan padat penduduk. Melihat permasalahan tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk memetakan kondisi kualitas air di Sub DAS Metro dan menganalisa keterkaitan kondisi kualitas air dengan tata guna lahan untuk mendukung program sanitasi masyarakat berbasis data.

## MATERI DAN METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Sub-DAS Metro Hulu, yang terletak di kawasan barat Kota Malang, Jawa Timur. Wilayah ini merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas Hulu dan memiliki karakteristik topografi urban-suburban dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi di sepanjang bantaran sungai. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada intensitas aktivitas antropogenik yang tinggi (pemukiman padat, drainase domestik, dan pembangunan tanpa perencanaan), yang berpotensi besar terhadap degradasi kualitas air. Penelitian dilaksanakan selama bulan Maret hingga Agustus 2024 untuk mengakomodasi variasi musiman pada parameter kualitas air.

### Teknik Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan metode survei deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel dengan menggunakan metode grab sampling dengan 5 stasiun pengamatan, stasiun pengamatan ini ditentukan dengan dasar heterogenitas penggunaan lahan (hulu, pemukiman, pertanian dan industri

ringan). Di setiap stasiun pengamatan diambil 3 titik pengambilan sampel yaitu kiri, tengah dan kanan untuk merepresentasikan kondisi melintang sungai. Pengambilan sampel dilakukan selama 4 minggu dengan interval 7 hari, sehingga terdapat 60 titik pengambilan sampel. Sampel air sungai diambil dalam rentang waktu pukul 08.00-12.00 WIB, hal ini dilakukan untuk menghindari adanya fluktuasi suhu dan adanya gangguan aktivitas warga.

### Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter fisika (suhu, kecepatan arus dan TSS), parameter kimia (pH, DO, Amonia, Fosfat, BOD dan COD), serta parameter biologi (makroinvertebrata). Untuk pengukuran makroinvertebrata dilakukan sebagai salah satu indikator kualitas air. Pengukuran makroinvertebrata dilakukan dengan cara sampel biota diambil dengan menggunakan metode kick-net selama satu menit pada substrat dasar sungai sesuai dengan prosedur standar (Barbour *et al.*, 1999). Makroinvertebrata yang sudah tertangkap disimpan dalam formalin 4% kemudian diidentifikasi hingga tingkat family atau genus dengan menggunakan kunci taksonomi invertebrata lokal. Fokus analisa taksonomi pada kelompok EPT karena kelompok ini sangat sensitif terhadap pencemaran (Ab Hamid & Md Rawi, 2017). Kelimpahan EPT dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Persentase EPT} = \left( \frac{n_{EPT}}{N} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

$n_{EPT}$  = jumlah individu ordo EPT

N = total jumlah individu makroinvertebrata yang ditemukan

Kriteria pencemaran

Tidak tercemar : Jumlah jenis EPT >7

Tercemar ringan : jumlah jenis EPT 3-7

Tercemar agak berat : jumlah jenis EPT 1-2

Tercemar sangat berat : jumlah jenis EPT 0 (Ecoton, 2011)

### Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini ada dua yaitu analisis kualitas air dan analisis spasial. Untuk analisis kualitas air dengan menggunakan metode STORET dan Indeks Pencemaran (IP) yang mengacu pada Kepmen Lingkungan Hidup dan standar nasional. Dalam Metode STORET diberikan nilai negatif (-1 sampai -3) untuk setiap parameter yang melebihi baku mutu, yang kemudian total skor kumulatif menunjukkan tingkat pencemaran (Saraswati *et al.*, 2014). Klasifikasi mutu air berdasarkan metode STORET dibagi menjadi empat yaitu:

- Kelas A (memenuhi baku mutu) skor 0
- Kelas B (cemar ringan) skor -1 s/d -10
- Kelas C (cemar sedang) skor -11 s/d -30
- Kelas D (cemar berat) skor  $\geq$  -30

Analisis yang kedua yang digunakan adalah analisis spasial dengan menggunakan SIG. Analisis data spasial dengan menggunakan ArcGIS dengan tahapan sebagai berikut:

- Digitasi pola aliran sungai dan tata guna lahan dari peta RBI Kelurahan Mojosari untuk membuat peta dsar aliran sungai dan sebaran lahan di sekitarnya
- Penyajian titik lokasi stasiun pemantauan untuk membuat visualisasi jangkauan area pengamatan
- Interpolasi spasial parameter kualitas air dengan metode IDW untuk membuat peta sebaran
- Overlay peta

- e. Buffering dan zonasi sempadan sungai untuk menganalisa pengaruh tata guna lahan terhadap kualitas air
- f. Klasifikasi mutu air berdasarkan hasil analisis STORET dan dianalisis secara spasial untuk pendistribusian zona pencemaran

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengukuran Kualitas Air

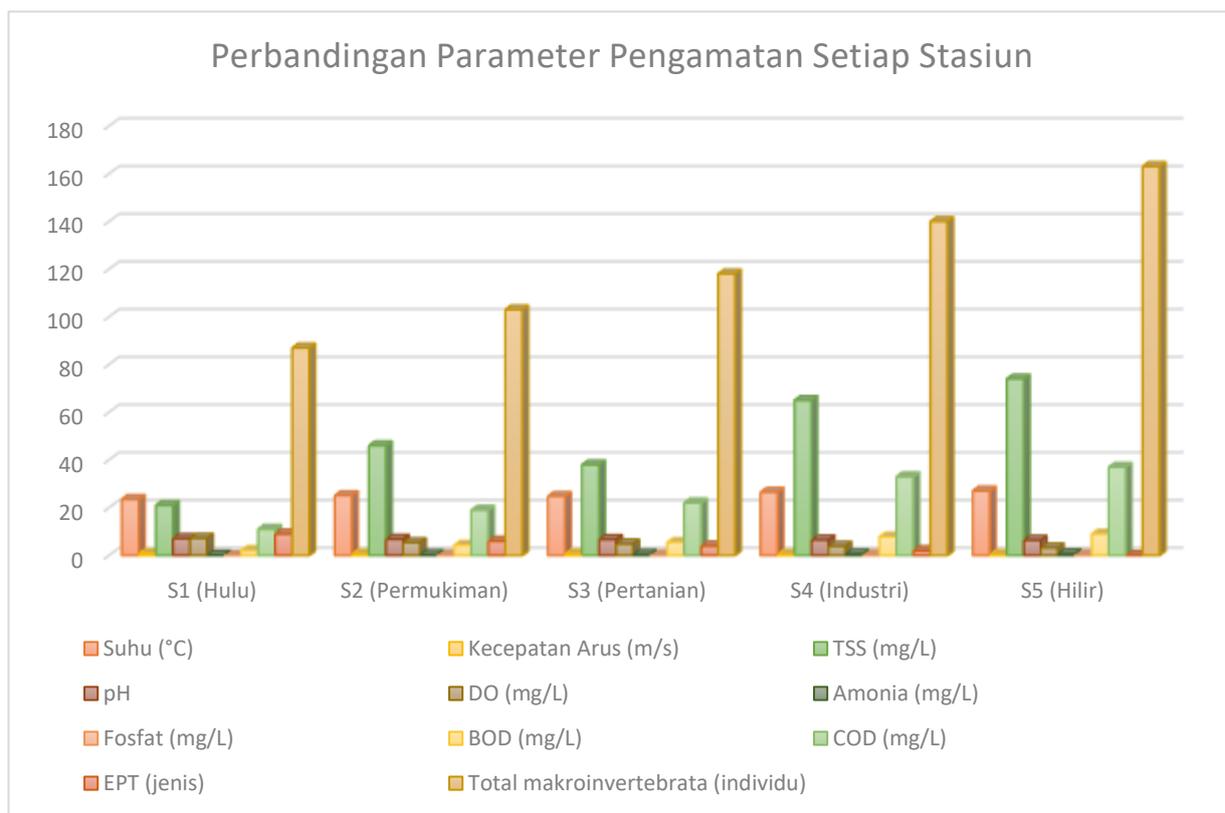
Hasil pengukuran parameter kualitas air pada lima stasiun pengamatan menunjukkan variasi yang signifikan. Untuk nilai rata-rata parameter pengamatan di tiap stasiun pengamatan bisa dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rata-rata hasil pengukuran parameter kualitas air

Parameter	S1 (Hulu)	S2 (Permukiman)	S3 (Pertanian)	S4 (Industri)	S5 (Hilir)	Baku Mutu (PP 82/2001)
Suhu (°C)	23.5	25.1	24.8	26.5	27.0	<30
Kecepatan Arus (m/s)	0.8	0.6	0.7	0.5	0.4	-
TSS (mg/L)	21	46	38	65	74	50
pH	7.1	6.8	6.7	6.5	6.4	6.5–8.5
DO (mg/L)	7.2	5.4	4.8	3.9	3.2	≥4
Amonia (mg/L)	0.12	0.36	0.42	0.58	0.63	0.5
Fosfat (mg/L)	0.08	0.21	0.24	0.31	0.35	0.2
BOD (mg/L)	2.1	4.3	5.5	7.8	9.0	≤6
COD (mg/L)	11	19	22	33	37	≤25
EPT (jenis)	12	9	6	3	0	>7 = tidak tercemar
Total makroinvertebrata (individu)	88	102	115	140	161	-

Tabel 1 menunjukkan bahwa pencemaran di Sub DAS Metro semakin meningkat pencemarannya ke arah hilir. Pada stasiun 1 dan stasiun 2 sebagian besar hasil parameter pengamatan masih berada dalam rentang baku mutu untuk kelas III, sedangkan pada stasiun 3-5 (bagian tengah sampai hilir) terjadi kenaikan tingkat pencemaran. Nilai BOD dan COD pada bagian hilir meningkat jika dibandingkan di bagian hulu. Peningkatan kadar BOD dan COD menunjukkan bahwa di bagian hilir beban limbah organiknya lebih besar, hal ini dikarenakan di daerah tengah sampai hilir berada di daerah pertanian dan juga industri. Nilai TSS juga semakin meningkat pada stasiun pengamatan 5, hal ini dikarenakan adanya peningkatan padatan tersuspensi yang diakibatkan oleh erosi dan juga pembuangan padatan. Sedangkan nilai DO menurun dari 7.2 mg/L menjadi 3.2 mg/L di bagian hilir, hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya pencemaran di bagian hilir berakibat berkurangnya kecepatan pelepasan oksigen di perairan.

Perbandingan parameter pengamatan di setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Perbandingan Parameter Pengamatan Setiap Stasiun

Gambar 1 menunjukkan bahwa parameter BOD, COD, TSS, Nitrat dan Fosfat semakin tinggi ke arah hilir, sedangkan untuk parameter air bersih menunjukkan semakin turun ke arah hilir. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran mengalami akumulasi sampai ke hilir, hal ini disebabkan oleh adanya aktivitas domestik dan juga industri yang ada di sepanjang bagian hilir.

### Kasifikasi Mutu Air Dengan Menggunakan Metode STORET

Hasil parameter yang sudah dilakukan selanjutnya dilakukan penentuan kualitas air dengan metode STORET. Dari hasil pengukuran di lima stasiun, hasil klasifikasi berdasarkan metode STORET dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil klasifikasi mut air berdasarkan skor STORET

Stasiun	Parameter Melebihi Baku Mutu	Skor STORET	Kategori Mutu
Stasiun 1	Tidak ada	0	A – Tidak tercemar
Stasiun 2	Fosfat	-1	B – Cemar ringan
Stasiun 3	BOD, COD, Fosfat	-7	B – Cemar ringan
Stasiun 4	BOD, COD, TSS, Fosfat	-11	C – Cemar sedang
Stasiun 5	BOD, COD, TSS, DO, Fosfat, Amonia	-15	C – Cemar sedang

Dari Tabel 1 terlihat bahwa hanya Stasiun 1 (hulu) yang tergolong tidak tercemar, dengan semua parameter memenuhi baku mutu. Stasiun 2 dan 3 sudah mulai mengalami pencemaran ringan, terutama karena kenaikan kadar fosfat dan senyawa organik (BOD, COD). Stasiun 4 dan 5, yang berada di wilayah padat permukiman dan industri kecil, menunjukkan skor yang lebih tinggi dan

masuk kategori tercemar sedang. Penurunan kualitas air dari hulu ke hilir ditunjukkan oleh penambahan jumlah parameter yang melampaui baku mutu dan peningkatan skor negatif. Misalnya, DO di Stasiun 5 berada pada 2,0 mg/L (di bawah ambang 4,0 mg/L), yang secara STORET diklasifikasikan sebagai pelanggaran berat (-3). Fosfat dan TSS di Stasiun 5 juga jauh melampaui ambang batas, mendukung klasifikasi mutu sebagai cemar sedang. Kecenderungan ini sesuai dengan hasil penelitian Lesmana & Alfian (2023) yang menunjukkan bahwa STORET efektif mendeteksi tekanan antropogenik di DAS perkotaan, terutama dalam menangkap degradasi yang tidak terlihat hanya dari satu parameter. Selain itu, Jaywant & Arif (2024) juga menyarankan bahwa STORET cocok digunakan dalam kombinasi dengan indeks biologis untuk mendukung pemetaan spasial kualitas air berbasis SI

### Kualitas Air Berdasarkan Indeks EPT

Pengamatan parameter untuk indikator biologi (makroinvertebrata) dilakukan pada setiap stasiun pengamatan. Hasil dari pengamatan menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah spesies EPT dari bagian hulu ke hilir. Rata-rata jumlah spesies EPT dan total makroinvertebrata pada tiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut

Tabel 3. Rata-rata jumlah spesies EPT dan total makroinvertebrata tiap stasiun

Stasiun	EPT (jenis)	Total Makroinvertebrata (individu)	Persentase EPT (%)
Stasiun 1	12	88	13.6%
Stasiun 2	9	102	8.8%
Stasiun 3	6	115	5.2%
Stasiun 4	3	140	2.1%
Stasiun 5	0	161	0%

Tabel 3 menunjukkan bahwa untuk nilai EPT tertinggi terdapat pada stasiun 1 di wilayah hulu, pada stasiun 5 nilai EPT mencapai titik nol yang artinya tidak ditemukan satu jenis pun takson EPT. Ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kualitas air yang signifikan ke arah hilir. Sehingga kualitas air berdasarkan EPT pada setiap stasiun dapat digolongkan untuk stasiun 1 (13.6%) masuk kategori tidak tercemar, stasiun 2 (8.8%) kategori tercemar sedang, stasiun 3 (5.2%) kategori tercemar sedang, stasiun 4 (2.1%) kategori tercemar berat dan stasiun 5 (0%) kondisi sangat tercemar. Penurunan nilai EPT sejalan dengan hasil pengukuran parameter kimiawi DO dan BOD dimana pada stasiun 1 nilai DO menunjukkan nilai tertinggi dan nilai BOD terendah, dan pada stasiun 5 dengan nilai EPT 0 nilai DO mengalami penurunan dan BOD mengalami kenaikan,

Hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lesmana & Alfian (2023) yang menyatakan bahwa nilai EPT mempunyai korelasi dengan tingkat kejernihan dan rendahnya konsentrasi bahan organik yang terlarut. Menurut Jaywant & Arif (2024) menjeaskan bahwa pada sungai di daerah perkotaan keberadaan ordo Plecoptera dan Trichoptera dipengaruhi oleh kontaminan anorganik dan penurunan oksigen terlarut yang diakibatkan adanya eutrofikasi.

Secara spasial distribusi EPT tertinggi terdapat pada daerah hutan dan yang rendah dengan aktivitas manusia, sebaliknya nihilnya EPT terdapat pada daerah dengan penggunaan lahan untuk pemukiman dan industri. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas habitat berperan penting terhadap keanekaragaman organisme EPT. Untuk itu keberadaan takson EPT dapat dijadikan indikator untuk memulihkan ekosistem perairan, dan dapat pula dimanfaatkan untuk mengevaluasi program STBM (Sanitasi Total Berbasis Masyarakat) untuk pemantauan jangka panjang.

### **Analisis Spasial Parameter Kualitas Air**

Berdasarkan hasil analisis spasial menunjukkan bahwa zona kontaminasi terdapat pada daerah dengan tata guna lahan berupa pemukiman dan industri. Daerah pemukiman mempunyai korelasi dengan kenaikan parameter pengamatan organik (BOD, COD, NH<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub>), hal ini sesuai dengan pola pencemaran air di daerah perkotaan (Brontowiyono *et al.*, 2022). Dengan menggunakan SIG dan interpolasi spasial memudahkan untuk menentukan titik-titik pencemaran. Dari hasil analisis didapatkan bahwa pada bagian tengah sampai ke hilir berada dalam klasifikasi tercemar sedang sampai berat, sedangkan untuk bagian hulu merupakan bagian yang tidak tercemar. Dengan adanya hasil analisis ini dapat digunakan untuk merencanakan perbaikan sanitasi masyarakat, dimana daerah yang teridentifikasi sebagai titik yang mengalami pencemaran yang berat bisa menjadi prioritas dalam pengelolaan limbah dan juga memberikan edukasi terhadap masyarakat terkait sanitasi.

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas air di Sub-DAS Metro Hulu mengalami degradasi yang signifikan dari hulu ke hilir, yang ditandai oleh peningkatan kadar BOD, COD, TSS, amonia, dan fosfat, serta penurunan DO. Berdasarkan perhitungan metode STORET, stasiun hulu tergolong tidak tercemar, sementara bagian hilir tergolong dalam kategori cemar sedang. Hal ini diperkuat dengan hasil pengamatan biologis menggunakan indeks EPT, di mana jumlah takson EPT menurun drastis dari 12 jenis di hulu menjadi 0 di hilir, mencerminkan penurunan kualitas habitat dan tekanan pencemaran yang tinggi. Integrasi data kualitas air dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan visualisasi spasial pencemaran secara akurat melalui interpolasi spasial metode IDW. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa zona dengan kualitas air terburuk beririsan langsung dengan wilayah pemukiman padat dan kawasan industri, sedangkan daerah hutan di bagian hulu menunjukkan kualitas air terbaik. Secara keseluruhan, integrasi SIG dalam pemantauan kualitas air terbukti menjadi pendekatan yang efektif untuk mendukung program Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM). Informasi spasial yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan intervensi sanitasi, edukasi masyarakat, dan pengelolaan limbah yang lebih terfokus, terutama pada wilayah yang diklasifikasikan sebagai zona pencemar sedang hingga berat.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ab Hamid, S., & Md Rawi, C. S. 2017. Application Of Aquatic Insects (Ephemeroptera, Plecoptera And Trichoptera) In Water Quality Assessment of Malaysian Headwater. *Tropical Life Sciences Research*, 28(2), 143–162. <https://doi.org/10.21315/Tlsr2017.28.2.11>
- Ali, A. 2013. Kajian Kualitas Air Dan Status Mutu Air Sungai Metro Di Kecamatan Sukun Kota Malang. *Bumi Lestari*, 13(2).
- Antara. 2021. Indonesia's Water Quality Index Still Below Target: Ministry. <https://en.antaraneews.com/news/205689/indonesias-water-quality-index-still-below-target-ministry>. Diakses Tanggal 5 Mei 2025
- Barbour et al., 1999. Standard Operating Procedure for Macro Invertebrate Kick Net Sampling. Us Epa Archive Document

- Brontowiyono, W., Asmara, A. A., Jana, R., Yulianto, A., & Rahmawati, S. 2022. Land-Use Impact On Water Quality Of The Opak Sub-Watershed, Yogyakarta, Indonesia. *Sustainability*, 14(7), 4346
- Ecoton. 2011. Panduan Penilaian Kesehatan Sungai Melalui Pemeriksaan Habitat Sungai Dan Biotilik. Surabaya :Djitoe Percetakan Surabaya;
- Iswara, A.P. 2025. Meninjau Dampak Pencemaran Air Dan Sanitasi Di Indonesia. <https://unair.ac.id/meninjau-dampak-pencemaran-air-dan-sanitasi-di-indonesia/#:~:Text=Polusi%20air%20dan%20sanitasi%20yang,Zat%20pencemar>
- Jaywant, S. A., & Arif, K. M. 2024. Remote Sensing Techniques For Water Quality Monitoring: A Review. *Sensors*, 24(24), 8041
- Kurniawan, A.T, et.al.2024. Implications Of Climate Change On Water Quality And Sanitation In Climate Hotspot Locations: A Case Study In Indonesia. *Water Supply* 1 February; 24 (2): 517–542
- Lesmana, S.B., & Alfian, A.F. 2023. Analisis Sebaran Kualitas Air Sungai Bedok Dengan Aplikasi Arc Gis. *Buletin Of Civil Engineering*; 3(2) 79-84
- Riyadi, A, Arief, R, Bagyo, Y. 2018. Water Pollution Index Approaches In Spatial Planning In City Tourism Area (Case Study: Malang Area). *Journal Of Indonesian Tourism And Development Studies*,6(2);136-142.
- Saraswati, S.P., Sunyoto, S., Kironotom, B.A., Hadisusanto, S. 2014. Kajian Bentuk Dan Sensitivitas Rumus Indeks Pi, Storet, Ccme Untuk Penentuan Status Mutu Perairan Sungai Tropis Indonesia. *Manusia Dan Lingkungan*, 21(2), Pp.129– 142