
**Pemetaan Sebaran Kadar Amonia Kali Surabaya di Kawasan Industri
Pabrik Daur Ulang Kertas**

Chintia Milanda✉

Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Kali Surabaya menjadi salah satu sungai yang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar karena melewati kawasan pemukiman. Pada sisi lain, terdapat berbagai industri pabrik termasuk pabrik daur ulang kertas yang berpotensi meningkatkan kadar amonia. Tingginya kadar amonia di perairan dapat menyebabkan gangguan ekosistem sungai hingga kematian organisme air. Penelitian bertujuan mengetahui persebaran kadar amonia di Kali Surabaya sehingga dapat dijadikan sebagai wilayah prioritas konservasi. Pemetaan kadar amonia menggunakan metode IDW dapat mengetahui tinggi rendahnya kadar amonia pada lokasi pengamatan yang diteliti. Penelitian ini dilakukan pada 5 titik yang mencakup kawasan pabrik daur ulang kertas. Hasil penelitian dengan interpolasi menunjukkan seluruh lokasi pengamatan memiliki kadar amonia melebihi standar baku mutu air sungai kelas II. Kadar amonia tertinggi terdapat pada titik 2 yang berada di salah satu outlet pabrik. Berdasarkan tingginya nilai kadar amonia di Kali Surabaya, disarankan untuk mengoptimalkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) oleh pabrik daur ulang kertas, serta pemerintah dan dinas terkait dapat turun langsung untuk melakukan pemantauan kadar amonia secara berkala.

Kata kunci: Amonia, Interpolasi, Pabrik kertas, Pemetaan

**Mapping of the Distribution of Ammonia Levels in Surabaya River in the Paper
Recycling Factory Industrial Area**

ABSTRACT

Kali Surabaya is one of the rivers utilized by the surrounding communities. It flows through residential areas and industrial zones, including a paper recycling factory that potentially contributes to increased ammonia levels. Elevated ammonia concentrations in aquatic environments can disrupt river ecosystems and lead to the death of aquatic organisms. This study was conducted to analyze the spatial distribution of ammonia levels in Kali Surabaya to identify priority areas for conservation. The Inverse Distance Weighting (IDW) method was used to map ammonia concentrations at the observation points. The research was carried out at 5 sampling locations, including areas adjacent to the paper recycling factory. The interpolation results showed that all observation points had ammonia levels exceeding the Class II river water quality standard. The highest ammonia concentration, recorded at Point 2 near one of the factory's outlets. Based on these findings, it is recommended that the paper recycling factory optimize its Wastewater Treatment Plant (WWTP) operations. Additionally, regular monitoring by government and relevant agencies is essential to control ammonia levels and support river conservation efforts.

Keywords: Ammonia, Interpolation, Paper industry, Mapping

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang tidak dapat dipisahkan dengan kebutuhan makhluk hidup. Pemenuhan kebutuhan air salah satunya bersumber dari air

sungai. Kali Surabaya menjadi salah satu sungai yang dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk memenuhi kebutuhan hidup. Kali Surabaya memiliki total

✉ Corresponding author
Address : Malang, Jawa Timur
Email : chintiamilanda@student.ub.ac.id

panjang 41 km yang mengalir dari DAM Mlirip Mojokerto sampai DAM Jagir Surabaya (Fitriatien et al., 2014). Kualitas air yang bersih sangat penting untuk mendukung kehidupan biota air dan kesehatan manusia yang memanfaatkan air sungai. Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 188/229/KPTS/013/2014 menetapkan Sungai Brantas di Kawasan Wringinanom sebagai kawasan suaka ikan. Kali Surabaya termasuk Anak Sungai Brantas yang ditetapkan sebagai kawasan suaka ikan karena melewati kawasan Wringinanom. Kali Surabaya juga dimanfaatkan sebagai sumber PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Kota Surabaya dan Sidoarjo bergantung pada debit Kali Surabaya untuk memproduksi PDAM yang mencapai 10.830 L/detik (Yulfiah et al., 2019). Fakta ini menunjukkan bahwa Kali Surabaya sangat berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat sekitar.

Kali Surabaya melewati kawasan pemukiman dan berbagai industri pabrik, termasuk pabrik daur ulang kertas. Aktivitas manusia dan kegiatan industri menghasilkan berbagai jenis limbah dan menjadikan Kali Surabaya sebagai tempat sasaran pembuangan. Beban pencemaran limbah yang diterima Kali Surabaya sebesar 75,48 ton/hari dengan 86% diantaranya berasal dari limbah industri dan 14% dari limbah domestik (Peters et al., 2019). Limbah industri maupun limbah domestik dapat mengandung 3B (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan. Limbah industri pabrik yang mencemari Kali Surabaya salah satunya bersumber dari pabrik daur ulang kertas. Aliran Kali Surabaya melewati *outlet* PT. Dayasa Aria Prima dan PT. Adiprima Suraprinta. Limbah kedua pabrik ini dialirkan ke Kali Surabaya sehingga monitoring dan pengelolaan limbah yang baik perlu dilakukan. Pengolahan limbah yang tidak optimal menyebabkan masuknya bahan-bahan berbahaya ke sungai dalam jumlah berlebihan sehingga menjadi sumber pencemar. Amonia (NH_3) merupakan senyawa anorganik yang ter-

kandung dalam limbah industri pabrik daur ulang kertas yang digunakan dalam proses produksi dan pengolahan limbah. Amonia menjadi produk sampingan hasil dekomposisi zat organik maupun anorganik dengan jumlah tinggi yang terkandung dalam air limbah (Ratri & Mahayana, 2022). Kandungan amonia yang berlebihan menyebabkan toksisitas yang mempengaruhi ekosistem perairan.

Kadar amonia di perairan dalam jumlah berlebihan dapat menyebabkan gangguan ekosistem sungai hingga kematian pada organisme air (Murti & Purwanti, 2014). Selain itu, amonia dapat berdampak bagi kesehatan manusia apabila jumlahnya melebihi batas toleransi detoksifikasi tubuh, seperti iritasi kulit, mata, dan gangguan saluran pencernaan. Dengan demikian, limbah yang dialirkan ke sungai harus memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, ditetapkan standar baku mutu air sungai Kelas II untuk kadar amonia sebesar 0,2 mg/L atau setara dengan 0,2 ppm. Pengujian kadar amonia di Kali Surabaya dari tahun 2010 sampai 2013 menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,173 mg/L dengan kisaran nilai 0,019 – 0,732 mg/L (Yudo & Said, 2019). Rata-rata nilai ini masih di bawah standar baku mutu atau termasuk batas aman, namun ditemukan juga pengukuran yang menunjukkan nilai amonia melebihi standar baku mutu. Oleh karena itu, monitoring kandungan amonia sangat penting dilakukan untuk mencegah kelimpahan polutan yang tercampur dalam air sungai. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memantau dan memvisualisasikan persebaran amonia di Kali Surabaya yaitu dengan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu teknologi yang dapat memasukkan, mengelola, menyimpan, menganalisis, memperbarui, manipulasi, memperbaiki, menampilkan, dan mengintegrasikan data dalam sistem informasi berbasis geografis

(Annugerah et al., 2016). Salah satu produk yang dihasilkan dari pengolahan data dengan SIG adalah peta. Visualisasi data yang ditampilkan melalui peta dapat memudahkan penyampaian informasi kepada berbagai kalangan. Umumnya, pemetaan sebaran suatu data memerlukan analisis secara keseluruhan untuk mendapatkan persebaran data. Namun, pemanfaatan SIG dapat digunakan untuk memetakan persebaran data hanya dengan pengukuran beberapa titik sampel salah satunya menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighting*). Yudanegara et al. (2021) menyatakan bahwa IDW merupakan suatu metode interpolasi data secara spasial yang mengasumsikan bahwa suatu titik memiliki pengaruh terhadap jarak secara lokal. Metode IDW banyak digunakan untuk memetakan besaran sedimen, kondisi geologi, elevasi, pemodelan ketinggian secara digital, konduktivitas hidrolik, serta kadar unsur di perairan.

Eksplorasi data menggunakan metode IDW sering digunakan karena mudah dipahami dan lebih sederhana. Metode IDW juga memudahkan pengguna dalam proses generalisasi data karena mampu memetakan wilayah yang tidak tersampel. Metode ini sangat dibutuhkan untuk memetakan kawasan perairan karena memudahkan peneliti dalam pengolahan data tanpa harus mengambil sampel di sepanjang aliran sungai. Interpolasi IDW mampu menaksir nilai pada lokasi yang tidak tersampel menggunakan data di sekitarnya (Madhlom et al., 2018). Teknologi ini banyak digunakan untuk mendukung berbagai kajian penelitian. Hasil penelitian -Sokolchuk & Sokac (2022) menunjukkan bahwa metode IDW memberikan hasil yang lebih baik untuk generalisasi data hidrologi dibandingkan metode interpolasi *Kriging* dan *Spline*. Hasil penelitian tersebut dibuktikan oleh tingkat kesalahan yang relatif kecil pada metode IDW dibandingkan metode lainnya. Selain itu, penelitian Kamaruddin et al. (2022) menunjukkan kemampuan metode IDW dalam

memetakan salinitas air permukaan di sepanjang perairan pantai Pulau Tuba, Langkawi. Hasil penelitian tersebut memiliki nilai akurasi sebesar 81,25% dalam memetakan salinitas air yang menunjukkan metode IDW akurat untuk pemetaan di kawasan aliran sungai. Hal ini menunjukkan potensi metode IDW untuk pemetaan di kawasan aliran sungai, termasuk pemetaan kadar amonia karena belum banyak diteliti sebelumnya.

Oleh karena itu, pemetaan kadar amonia Kali Surabaya digunakan metode IDW untuk mengetahui tinggi rendahnya kadar amonia. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan visualisasi persebaran kadar amonia Kali Surabaya terutama pada kawasan yang dilewati pabrik daur ulang kertas. Dengan demikian, hasil visualisasi yang ditampilkan dapat menjadi acuan lokasi konservasi ekosistem perairan guna mengoptimalkan kadar amonia di sungai sesuai standar baku mutu yang ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mulai dari pengambilan data lapangan, analisis laboratorium, hingga analisis spasial menggunakan teknologi penginderaan jauh. Pengambilan data lapangan dilakukan sebanyak 5 titik yang ditentukan dengan metode *purposive sampling* yang mencakup wilayah sebelum dan sesudah *outlet* pabrik daur ulang kertas. Selain itu, penentuan titik sampel didasarkan dengan pertimbangan jangkauan akses pengambilan sampel. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi botol kaca 300 mL, pipet, *ammonia checker*, fial kaca, *cool box*, ember, kamera, alat tulis, *software* ArcGIS 10.8, *Microsoft Excel* dan laptop. Sementara itu, bahan yang digunakan meliputi sampel air, reagen A, reagen B, kertas label, tisu, dan data nilai kadar amonia. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium ECOTON Foundation. Lokasi pengambilan sampel berada di aliran Kali Surabaya yang terletak di Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo. Titik pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1 yang men-

Tabel 1
Titik Koodinat Lokasi Pengamatan

Nama Titik	X	Y	Deskripsi Lokasi
Titik 1	680905.00 m E	9185752.00 m S	Sebelum outlet Pabrik A
Titik 2	677119.00 m E	9184949.00 m S	Outlet Pabrik A
Titik 3	674546.00 m E	9183559.00 m S	Di antara outlet Pabrik A dan B
Titik 4	673005.00 m E	9182388.00 m S	Outlet Pabrik B
Titik 5	668603.28 m E	9181671.05 m S	Setelah outlet Pabrik B

Sumber: Data Primer Diolah, 2024

Keterangan: Pabrik A = PT. Dayasa Aria Prima, Pabrik B = PT. Adiprima Suraprinta

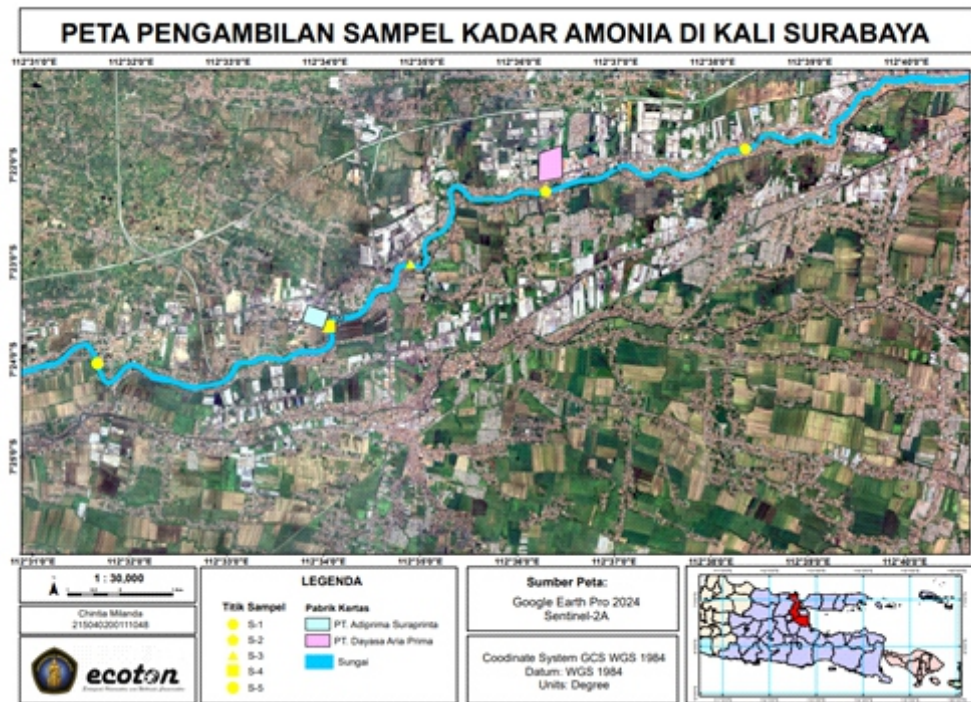
deskripsikan lokasi dan titik koordinat. Citra satelit diambil menggunakan Google Earth Pro. Titik koordinat yang disajikan dalam Tabel 1 berupa format UTM (*Universal Transverse Mercator*) untuk memudahkan *input* dan menyelaraskan data dari Google Earth Pro ke ArcGIS 10.8 selama analisis spasial.

Sampel air diambil dengan arah berlawanan arus sungai menggunakan ember. Sampel air dimasukkan ke dalam botol kaca 300 mL dan disimpan di dalam *cool box*. Pengambilan sampel air pada setiap titik digunakan untuk uji kadar amonia di laboratorium menggunakan *ammonia checker*. Sampel air dimasukkan ke dalam fial kaca sebanyak 1 mL, kemudian ditambahkan reagen B sebanyak 9 mL. Cara kerja *ammonia checker* dimulai dengan menekan tombol *power* hingga menampilkan kode C1. Sampel air yang telah ditambahkan reagen B dimasukkan ke dalam tabung *ammonia checker*. Alat ditutup dan tombol *power* ditekan satu kali, kemudian *amonia checker* akan memproses dan menampilkan kode C2. Selanjutnya, sampel dikeluarkan dari tabung dan ditambahkan 4 tetes reagen A. Sampel dihomogenkan dengan dibolak-balik sebanyak 3 kali. Sampel dimasukkan kembali ke dalam tabung dan tutup alat hingga rapat. Tombol *power* ditekan hingga memunculkan *timer* selama 3 menit 30 detik. Hasil kadar amonia ditampilkan pada *amonia checker* ketika *timer* telah selesai. Satuan kadar amonia yang ditampilkan berupa ppm (*part per million*). Analisis kadar amonia dilakukan sebanyak 3 ulangan pada setiap titik pengamatan. Data yang digunakan

berupa rata-rata hasil penjumlahan ketiga ulangan.

Hasil analisis laboratorium kadar amonia digunakan sebagai data primer untuk pemetaan dengan analisis spasial. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh yang diolah menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighting*). Pengolahan data dilakukan pada aplikasi ArcGIS 10.8 mulai dari pembuatan peta dasar hingga peta hasil. Digitasi sungai, *input* titik pengamatan, dan digitasi pabrik daur ulang kertas juga dilakukan untuk memberikan gambaran lokasi penelitian secara jelas seperti pada Gambar 1. Proses interpolasi diawali dengan membuat tabulasi data di *Microsoft Excel* yang berisi titik koordinat X, titik koordinat Y, nama titik, dan nilai kadar amonia (ppm). Data disimpan dalam format *Excel Workbook* dan dimasukkan di ArcGIS 10.8 sebagai *input point features* pada tool IDW. Data nilai amonia dimasukkan sebagai *Z value field* untuk diinterpolasi. *Layer* data hasil interpolasi disamakan dengan *layer* digitasi sungai sehingga generalisasi data dapat mengikuti aliran sungai.

Seluruh data yang dimasukkan akan diproses secara otomatis dan dapat menampilkan peta sebaran kadar amonia di Kali Surabaya termasuk pada lokasi yang tidak tersampel. Nilai kadar amonia disajikan dalam 2 hasil peta, yaitu peta kadar amonia sesuai standar baku mutu dan peta interpolasi berdasarkan rentang nilai. Peta pertama disesuaikan dengan mengikuti pedoman PP Nomor 22 Tahun 2021 yang menunjukkan standar baku mutu kadar amonia untuk Kelas II sebesar 0,2 mg/L. Peta kedua diklasifikasikan



Sumber : Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 1
Hasil Uji Amonia dalam Air Sungai

menjadi 9 kelas untuk menunjukkan perbedaan warna pada setiap lokasi pengamatan. Hasil interpolasi yang ditampilkan pada kedua peta selanjutnya dilakukan *layouting* untuk menambahkan penjelasan terkait makna simbol dan data yang ditampilkan dari peta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sebaran Kadar Amonia Berdasarkan Standar Baku Mutu

Kali Surabaya memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat sekitar karena menjadi sumber air PDAM, air irigasi, hingga kawasan suaka ikan. Berdasarkan pemanfaatannya, standar baku mutu yang digunakan untuk kebutuhan tersebut mengacu pada baku mutu air sungai kelas II. Menurut PP Nomor 22 Tahun 2021, kadar maksimum amonia yang diperbolehkan untuk air sungai kelas II sebesar 0,2 mg/L. Berdasarkan hasil analisis laboratorium pada Tabel 2, kandungan amonia di seluruh titik pengamatan melebihi standar baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan peta sebaran kadar amonia, lokasi tidak tersampel juga memiliki kadar amonia

yang melebihi standar baku mutu seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.

Peningkatan kadar amonia dapat disebabkan karena beberapa aktivitas yang berada di sekitar badan air Kali Surabaya. Amonia dapat terakumulasi dari berbagai sumber termasuk sumber antropogenik maupun alami. Sumber antropogenik yaitu berasal dari aktivitas manusia meliputi limpasan tanah pertanian, limbah industri, dan limbah rumah tangga atau domestik. Sedangkan sumber alami dapat terjadi karena proses mineralisasi nitrogen organik dan pemecahan nitrogen organik. Tingginya kandungan amonia (NH_3) secara signifikan dipengaruhi oleh amonium dan suhu air (Chen et al., 2021). Proses mineralisasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi nitrogen organik dapat mengubah bentuk nitrogen menjadi amonium (NH_4^+). Penurunan efisiensi desinfeksi kandungan amonium menyebabkan terjadinya pembentukan nitrit dalam air dan selanjutnya akan berubah menjadi amonia (Hu, 2023). Kegiatan pemupukan nitrogen pada aktivitas pertanian menjadi salah satu sumber tingginya kadar amonia di



Sumber : Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 2

Perbandingan Kandungan Amonia pada Pembuangan Limbah Pabrik Kertas

air. Residu pemupukan nitrogen yang tercuci oleh air akan menuju badan air sungai. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kawasan sungai dengan aktivitas masyarakat, pertanian, dan industri yang tinggi memberikan pengaruh yang besar terhadap nilai kadar amonia. Sungai Cileungsi di Desa Bojong Kulur dan Desa Tarikolot memiliki kadar amonia sebesar 0,460 mg/L dan 0,39 mg/L yang menandakan adanya pengaruh antara intensitas penggunaan lahan dengan kadar amonia di air sungai (Azizah, 2015).

Pupuk nitrogen mengandung amonium nitrat (NH_4NO_3) atau urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) yang berpotensi mengalami hidrolisis apabila bereaksi dengan air (H_2O). Reaksi hidrolisis tersebut akan menghasilkan amonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) (Křiška et al., 2023). Tingginya aktivitas pertanian di sekitar badan air Kali Surabaya menyebabkan akumulasi amonia turut berdampak. Dekomposisi bahan organik dari zat sisa peternakan seperti urine ataupun feses juga menjadi salah satu sumber amonia di Kali Surabaya (Serajuddin et al., 2024). Proses itu melibatkan mikroorganisme yang memecah nitrogen menjadi amonia. Amonia yang terbentuk dari reaksi itu

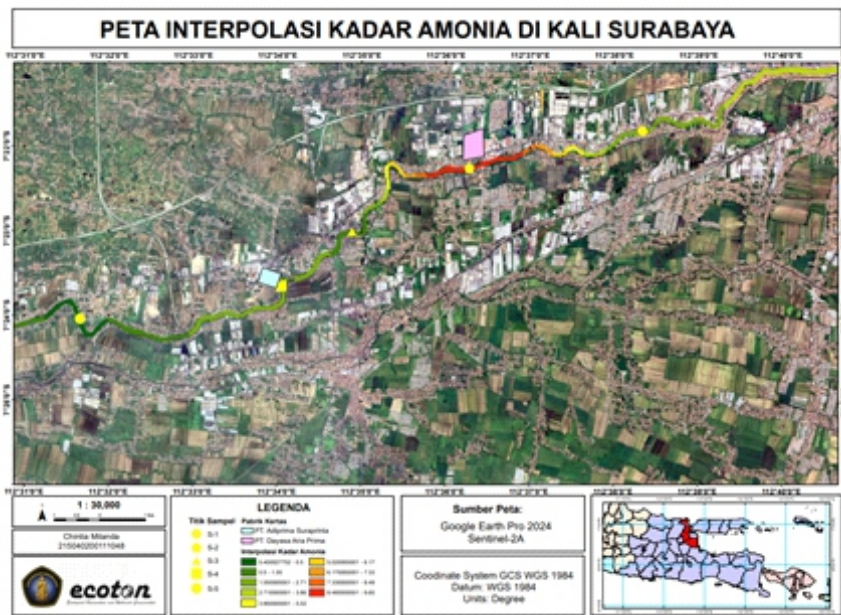
kemudian terlarut dalam air tanah ataupun limpasan air hujan menuju badan air sungai. Hal ini dipengaruhi intensitas peternakan dan curah hujan di Kali Surabaya. Banyaknya jumlah sumber pencemaran menyebabkan tingginya kadar amonia di perairan Kali Surabaya, sehingga seluruh wilayah yang diteliti menunjukkan kadar amonia yang melebihi baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan sumber pencemaran dari berbagai aktivitas yang memicu tingginya kadar amonia, adapun reaksi kimia yang terbentuk yaitu sebagai berikut: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

Tingginya kadar amonia di dalam sungai menyebabkan kematian ikan dan eutrofikasi pada ekosistem sungai. Amonia merupakan bentuk tak terionisasi dan lebih berbahaya karena dapat dengan mudah menembus membran sel organisme akuatik seperti insang ikan. Amonia yang memasuki insang menyebabkan kerusakan keseimbangan osmoregulasi dan fungsi pernapasan dari ikan. Amonia akan mengikat oksigen pada sistem hemoglobin sehingga ikan akan mengalami hipoksia atau kekurangan oksigen meskipun kadar oksigen terlarut tinggi (Sun et al., 2023). Kadar amonia di

Tabel 2
Hasil Analisis Laboratorium Kadar Amonia

Lokasi	Kadar Amonia (ppm)			
	Rata-rata	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Titik 1	2	3,2	1,3	1,5
Titik 2	10,8	16,3	5,7	10,3
Titik 3	1,2	1,2	0,7	1,8
Titik 4	1,7	7,9	1	1,4
Titik 5	0,4	0,7	0,3	0,2

Sumber: Data Primer Diolah, 2024



Sumber: Data Primer Diolah (2024)

Gambar 3
Peta Interpolasi dengan Metode IDW

air merupakan salah satu media paparan amonia eksternal apabila terkonsumsi oleh manusia. Berbeda dengan amonia yang berasal dari hasil metabolisme protein (internal), amonia eksternal dapat mengganggu kesehatan manusia terlebih terkonsumsi dalam jangka waktu panjang atau dalam konsentrasi tinggi. Amonia yang terminum ataupun tertelan dapat menyebabkan luka bakar pada jaringan karena sifatnya yang korosif. Amonia yang bereaksi dengan bahan kimia lain di dalam air seperti klorin pada limbah pabrik kertas membentuk suatu senyawa berbahaya yaitu kloramin. Beberapa kasus menunjukkan bahwa manusia yang mengkonsumsi air yang mengandung amonia mengakibatkan mual, muntah, dan gangguan ginjal (Kanjilal et al., 2024).

Sebaran Kadar Amonia Kali Surabaya di Kawasan Pabrik Daur Ulang Kertas Pengambilan sampel air Kali Surabaya adalah 5 titik yang merepresentasikan kawasan pabrik daur ulang kertas. Meskipun demikian, sebaran kadar amonia di Kali Surabaya dapat dipetakan secara keseluruhan termasuk pada lokasi yang tidak tersampel. Pemetaan ini menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode IDW yang mampu melakukan generalisasi data. Berdasarkan peta interpolasi kadar amonia Kali Surabaya dengan metode IDW yang disajikan pada Gambar 3, diketahui bahwa kadar amonia tertinggi berlokasi di titik 2, sedangkan kadar amonia terendah berlokasi di titik 5. Titik 2 terletak di *outlet* pabrik PT. Dayasa Aria Prima, sedangkan

titik 5 terletak di depan kantor Yayasan ECOTON yang merepresentasikan kawasan setelah pabrik PT. Adiprima Suraprinta.

Berdasarkan Gambar 3, titik 2 memiliki kadar amonia paling tinggi dibandingkan dengan titik pengamatan lainnya dengan rata-rata 10,8 ppm (Tabel 2). Tingginya kadar amonia di titik 2 diasumsikan karena kontaminasi limbah cair dari pabrik daur ulang kertas yang mengalir ke sungai. Bahan baku pembuatan kertas berasal dari kayu maupun bagian tumbuhan lainnya yang merupakan bahan organik. Amonia (NH_3) berasal dari produk sampingan pabrik daur ulang kertas yang terbentuk dari pemecahan bahan organik oleh mikroorganisme melalui proses amonifikasi (Peters et al., 2019). Dalam proses amonifikasi, mikroorganisme memanfaatkan enzim guna mengkonversi nitrogen organik menjadi amonia. Adapun bakteri yang berperan dalam proses amonifikasi diantaranya AOB (*Ammonia Oxidizing Bacteria*) dan bakteri amonifikasi (Iswantari et al., 2014). Akumulasi kadar amonia yang tinggi pada titik 2 juga dapat disebabkan oleh tingginya frekuensi pembuangan limbah ke sungai. Selain titik 2, lokasi pengambilan sampel di *outlet* pabrik kertas juga berada di titik 4. Namun, kadar amonia di titik 4 lebih rendah apabila di-

bandingkan dengan kadar amonia di titik 2. Hal ini dapat disebabkan oleh frekuensi pembuangan limbah ke sungai. Berdasarkan pengamatan visual pada beberapa selang waktu, pembuangan limbah di titik 2 berlangsung secara terus menerus pada selang waktu yang diamati. Sementara itu, pembuangan limbah di titik 4 hanya berlangsung pada waktu tertentu saja terutama pada malam hari. Adapun selang waktu yang diamati yaitu di pagi, siang, dan malam hari.

Pengamatan kadar amonia tidak hanya dilakukan pada *outlet* pabrik kertas, tetapi juga di kawasan sebelum dan sesudah *outlet*. Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa titik 5 memiliki kadar amonia paling rendah dibandingkan dengan kadar amonia di titik lainnya. Hal ini diasumsikan karena adanya bantaran sungai yang membatasi kawasan pemukiman dengan sungai, serta aktivitas masyarakat sekitar yang tidak secara langsung membuang limbah domestik ke sungai. Limbah domestik menjadi salah satu sumber kadar amonia di perairan yang berasal dari aktivitas masyarakat sekitar. Limbah domestik yang dibuang ke sungai dapat mengandung bahan organik dan beberapa nutrisi yang dapat meningkatkan kadar amonia di perairan melalui perombakan bahan organik yang mengubah nitrogen menjadi amonia (Iswantari et al., 2014). Hal ini menjadi



Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Gambar 4
Tumpukan Sampah Domestik pada Titik 3

alasan yang memperkuat tingginya kadar amonia di titik 1 dan titik 3 karena berbatasan langsung dengan kawasan pemukiman yang disertai aktifnya pembuangan limbah domestik ke sungai. Kondisi limbah domestik di bantaran dan badan sungai pada titik 3 disajikan pada Gambar 4.

Persebaran kadar amonia Kali Surabaya pada lokasi yang diteliti memiliki rentang nilai dengan rata-rata 0,4-10,8 ppm yang divisualisasikan dengan gradasi warna yang berbeda pada Gambar 3. Data kadar amonia sampel air pada 5 titik pengamatan digunakan sebagai data primer guna memperkirakan sebaran kadar amonia pada titik yang tidak tersampel. Metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) mampu melakukan generalisasi data pada lokasi tidak tersampel menggunakan data primer di sekitarnya. Metode IDW menerapkan prinsip bahwa pengaruh yang lebih besar diberikan oleh data dengan lokasi yang lebih dekat (Yudanegara et al., 2021). Artinya, kadar amonia pada lokasi yang tidak tersampel akan dipengaruhi oleh nilai kadar amonia di titik pengamatan yang paling dekat dengan lokasi tersebut. Berdasarkan Gambar 3, lokasi yang berada dekat dengan titik 2 divisualisasikan dengan warna merah yaitu warna yang serupa dengan warna di titik 2. Warna ini menunjukkan kadar amonia yang tinggi dibandingkan titik lainnya. Namun, aliran sungai yang mengarah ke titik 3 mengalami perubahan warna menjadi kuning dan selanjutnya menjadi kehijauan. Hal ini terjadi karena lokasi tersebut semakin dekat dengan titik 3 yang memiliki kadar amonia yang lebih rendah dibandingkan titik 2. Metode IDW memiliki tingkat akurasi yang baik untuk memetakan lokasi tidak tersampel. Berdasarkan penelitian Kamaruddin et al., (2021) yang melakukan interpolasi pH air di kawasan pesisir, nilai akurasi yang diperoleh antara hasil prediksi dengan nilai yang diamati yaitu 81,25% Nilai akurasi ini tergolong baik dan memiliki korelasi yang kuat. Selain itu, penelitian lain yang dilakukan Madhloom et al.

(2018), pada aliran Sungai Diyala dengan parameter kualitas air, hasil interpolasi metode IDW menunjukkan persentase kesalahan <10%. Hal ini menunjukkan bahwa metode IDW ini memiliki kemampuan dengan tingkat prediksi yang kuat dan dapat digunakan untuk melakukan generalisasi data pada aliran sungai.

SIMPULAN

Aliran Kali Surabaya pada daerah yang diteliti memiliki kadar amonia di atas standar baku mutu air sungai kelas II. Kadar amonia tertinggi berada di titik 2 yang berlokasi di dekat *outlet* pabrik daur ulang kertas PT. Dayasa Aria Prima. Limbah pabrik daur ulang kertas berpotensi meningkatkan kadar amonia di sungai karena berasal dari produk sampingan pemecahan bahan organik oleh mikroorganisme. Tingginya kadar amonia di dalam sungai dapat menyebabkan kematian ikan dan eutrofikasi, sehingga mengganggu ekosistem sungai. Generalisasi data menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* dapat menggambarkan sebaran kadar amonia termasuk lokasi yang tidak tersampel. Peta interpolasi sebaran kadar amonia menampilkan warna yang berbeda berdasarkan tinggi rendahnya kadar amonia di lokasi tersebut. Semakin terang warna pada peta, maka kadar amonia di lokasi tersebut semakin tinggi. Peta sebaran kadar amonia dapat dijadikan sebagai landasan penentuan prioritas lokasi konservasi untuk memulihkan kualitas air sungai secara berkala. Berdasarkan nilai kadar amonia di aliran Kali Surabaya yang melebihi standar baku mutu, disarankan untuk dilakukan tindakan konservasi terutama pada titik 2 yang menjadi lokasi prioritas karena memiliki kadar amonia tertinggi. Sehingga upaya konservasi yang dapat diimplementasikan seperti optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) oleh pabrik daur ulang kertas, serta pemantauan secara berkala dan regulasi yang ketat oleh pemerintahan dan dinas terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Annugerah, A., Astuti, I. F., & Kridalaksana, A. H. (2016). Sistem Informasi Geografis Berbasis Web Pemetaan Lokasi Toko Oleh-Oleh Khas Samarinda. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 11 (2) , 43 . <https://doi.org/10.30872/jim.v11i2.213>
- Azizah, M., & Azizah, M. (2015). CILEUNGSI Oleh : *Nusa Sylva*, 15(82), 47-54.
- Chen, J., Li, W., Qiao, P., Li, Y., Zheng, K., Wang, Y., Dong, X., Wang, S., Tan, L., Chu, F., Fang, N., & Zeng, Y. (2021). Characterizing ammonia emissions from water bodies using dynamic floating chambers. *Science of the Total Environment*, 796, 148978. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148978>
- Fitriatien, S. R., Irawan, M. I., & Karnaningroem, N. (2014). Pola Sebaran Polutan di Kali Surabaya Menggunakan Jaringan Kohonen. *Seminar Teknologi Lingkungan 2014 "Penyediaan Air Dan Sanitasi Di Daerah Rawan Bencana Berbasis Pemberdayaan Masyarakat," June*, 148-155. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/AP7JY> | ARKc7605/osf.io/ap7jy
- Hu, M. (2023). Spatiotemporal distribution and controlling factors on ammonium in waters in the central Yangtze River Basin, China. *Journal of Contaminant Hydrology*, 258 (September) , 104239 . <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104239>
- Iswantari, A., Wardiatno, Y., Pratiwi, N. T. M., & Rusmana, I. (2014). Fluks Bentik dan Potensi Aktivitas Bakteri Terkait Siklus Nitrogen di Sedimen Perairan Mangrove Pulau Dua, Banten (Benthic Fluxes and Potency of Bacterial Activity Related to Nitrogen Cycle in Pulau Dua Mangrove Sediments, Banten). *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(1), 109-117.
- Kamaruddin, S. A., Abd. Aziz, K. N., Roslani, M. A., & Zainol, Z. E. (2021). Sustainable Management of the Coastal Water pH of Pulau Tuba Using the Inverse Distance Weighted (IDW) Method. *Jurnal Intelek*, 16(2), 162-174. <https://doi.org/10.24191/ji.v16i2.428>
- Kamaruddin, S. A., Abd. Aziz, K. N., Roslani, A., Zainol, Z. E., Ahmad, A., Shaari, M. I., Nazri, R., & Tajam, J. (2022). The Mapping of Salinity Level Using The Inverse Distance Weighted (Idw) Interpolation Method Along The Coastal Area of Pulau Tuba, Langkawi. *Malaysian Journal of Sustainable Environment*, 9(1), 55. <https://doi.org/10.24191/myse.v9i1.17292>
- Kanjilal, B., Masoumi, A., Sharifi, N., & Noshadi, I. (2024). Ammonia harms and diseases: ammonia corrosion hazards on human body systems (liver, muscles, kidney, brain). *Progresses in Ammonia: Science, Technology and Membranes*, 307-324. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-88501-0.00008-2>
- Kriška, T., Škarpa, P., & Antošovský, J. (2023). Effect of Natural Liquid Hydroabsorbents on Ammonia Emission from Liquid Nitrogen Fertilizers and Plant Growth of Maize (*Zea Mays* L.) under Drought Conditions. *Plants*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/plants12040728>
- Madhloom, H. M., Al-Ansari, N., Laue, J., & Chabuk, A. (2018). Modeling spatial distribution of some contamination within the lower reaches of Diyala river using IDW interpolation. *Sustainability (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/su10010022>
- Md. Serajuddin, M. S., Chowdhury, M. A. I., Haque, M. M., & Khan, T. A. (2024). The Concentration of Organic & Ammonium Pollution and their Relationship in River Water: A Case Study. *Scholars Journal of Engineering and Technology*, 12(02), 82-88. <https://doi.org/10.36347/sjet.2024>

- p12i02.006
-
- Murti, R. S., & Purwanti, C. M. H. (2014). Optimasi waktu reaksi pembentukan kompleks indofenol biru stabil pada uji n-amonia air limbah industri penyamakan kulit dengan metode fenat.
- Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*
- , 30(1),29.
- <https://doi.org/10.20543/mkkp.v30i1.121>
-
- Peraturan Pemerintah. (2021).
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- .
-
- Peters, J. J., Almeida, M. I. G. S., O'Connor Šraj, L., McKelvie, I. D., & Kolev, S. D. (2019). Development of a micro-distillation microfluidic paper-based analytical device as a screening tool for total ammonia monitoring in freshwaters.
- Analytica Chimica Acta*
- , 1079,120-128.
- <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.05.050>
-
- Ratri, S. J., & Mahayana, A. (2022). Analisis Kadar Total Suspended Solid (TSS) dan Amonia (NH
- ₃
- N) Pada Limbah Cair Tekstil.
- Jurnal Kimia Dan Rekayasa*
- , 3(1),1-10.
-
- Sokolchuk, K., & Sokáč, M. (2022). Comparison of spatial interpolation methods of hydrological data on example of the Pripyat river basin (within Ukraine).
- Acta Hydrologica Slovaca*
- , 23(2), 226-233.
- <https://doi.org/10.31577/ahs-2022-0023.02.0025>
-
- Sun, S. X., Hu, C. T., Qiao, F., Chen, L. Q., Zhang, M. L., & Du, Z. Y. (2023). High dissolved oxygen exacerbates ammonia toxicity with sex-dependent manner in zebrafish.
- Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*
- , 266(August 2022), 109549.
- <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2023.109549>
-
- Yudanegara, R. A., Astutik, D., Hernandi, A., Soedarmodjo, T. P., & Alexander, E. (2021). Penggunaan Metode Inverse Distance Weighted (Idw) Untuk Pemetaan Zona Nilai Tanah (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Meneng, Bandar Lampung).
- Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*
- , 4(2), 85-90.
- <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2021.12534>
-
- Yudo, S., & Said, N. I. (2019). Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya.
- Jurnal Teknologi Lingkungan*
- , 20(1), 19.
- <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.2547>
-
- Yulfiah, Y., Suzantho, F., & Kusuma, M. N. (2019). Agihan Kualitas Air Kali Surabaya Berdasarkan Perbedaan Penggunaan Lahan.
- Jurnal Serambi Engineering*
- , 4(1), 426.
- <https://doi.org/10.32672/jse.v4i1.975>