BOUWPLANK
Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan
Vol. 6 No. 2, Oktober 2026

E-ISSN 2807-5579
P-ISSN 2807-5889
Halaman 66-77

Distribusi Spasial Amonia (NH_3-N) Pada Air Tambak di Kawasan TPA Griya Jabon Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Metode *Ordinary Kriging*

Adi Supriyanto[1*], Listin Fitrianah[2]

[1,2]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo
*Email Korespondensi: adisupri443@gmail.com

ABSTRAK

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan yang berpotensi menghasilkan lindi dengan kandungan senyawa kimia kompleks, salah satunya nitrogen amonia (NH_3-N). Keberadaan lindi yang masuk ke lingkungan sekitar dapat mencemari perairan tambak dan menurunkan kualitas air, sehingga berdampak negatif terhadap ekosistem akuatik dan kegiatan budidaya perikanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi spasial konsentrasi amonia (NH_3-N) pada air tambak di kawasan sekitar TPA Griya Jabon, Sidoarjo, serta mengidentifikasi arah gradien dan zona konsentrasi tinggi pencemaran. Metode yang digunakan adalah pendekatan geostatistik dengan teknik interpolasi *Ordinary Kriging* yang diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Data yang digunakan berupa hasil uji laboratorium kadar NH_3-N dari 10 sampel air tambak pada beberapa titik pengambilan yang telah ditentukan secara spasial menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Analisis laboratorium dilakukan sesuai standar SNI 06-6989.30-2005 menggunakan metode fenat secara spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi NH_3-N pada seluruh titik sampel berada pada rentang 0,50 ppm hingga 7,30 ppm, di mana 9 dari 10 titik sampel telah melampaui baku mutu lingkungan berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 0,5 mg/L. Pola distribusi spasial menunjukkan zona konsentrasi tertinggi (5,22–7,30 ppm) terkonsentrasi di wilayah Semambung dengan gradasi warna merah hingga jingga, sedangkan zona konsentrasi terendah (0,44–1,81 ppm) berada di wilayah Balongtani dan Tambakkalisogo dengan gradasi warna hijau. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran pola distribusi spasial NH_3-N dalam bentuk peta tematik yang informatif, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi area yang berpotensi tercemar dan melebihi baku mutu lingkungan.

Kata kunci : Amonia (NH_3-N), Distribusi Spasial, *Ordinary Kriging*, Lindi dan Tambak.

ABSTRACT

Landfills are a source of environmental pollution that can generate leachate containing complex chemical compounds, one of which is ammonia nitrogen (NH_3-N). Leachate entering the surrounding environment can contaminate pond waters and degrade water quality, thereby negatively impacting aquatic ecosystems and aquaculture activities. This study aims to analyze the spatial distribution of ammonia (NH_3-N) concentrations in pond water in the area surrounding the Griya Jabon Landfill in Sidoarjo, as well as to identify the direction of the gradient and zones of high pollution concentrations. The method used is a geostatistical approach employing the Ordinary Kriging interpolation technique, processed using ArcGIS software. The data consisted of laboratory test results for NH_3-N levels from 10 pond water samples collected at sampling points that were spatially determined using the Global Positioning System (GPS). Laboratory analysis was conducted in accordance with SNI 06-6989.30-2005 standards using the phenate method via spectrophotometry. The results showed that NH_3-N concentrations at all sampling points ranged from 0.50 ppm to 7.30 ppm, with 9 out of 10 sampling points exceeding the environmental quality standard of 0.5 mg/L as stipulated in Government Regulation No. 22 of 2021. The spatial distribution pattern shows that the zone with the highest concentrations (5.22–7.30 ppm) is concentrated in the Semambung area, depicted in shades of red to orange, while the zone with the lowest concentrations (0.44–1.81 ppm) is located in the Balongtani and Tambakkalisogo areas, depicted in shades of green. This study is expected to provide an overview of the spatial distribution pattern of NH_3-N in the form of informative thematic maps, which can then be used to identify areas with potential pollution that exceed environmental quality standards.

***Keywords* :** *Ammonia (NH_3-N), Spatial Distribution, Ordinary Kriging, Leachate, and Ponds.*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan intensifikasi aktivitas antropogenik di berbagai wilayah. Perubahan penggunaan lahan, peningkatan volume limbah domestik, serta aktivitas industri dan pengelolaan sampah berkontribusi terhadap penurunan kualitas badan air permukaan maupun air tanah. Badan Pusat Statistik Indonesia menunjukkan bahwa kualitas air di beberapa wilayah di Indonesia masih berada pada kondisi tercemar ringan hingga berat akibat tekanan aktivitas manusia [1]. Sumber pencemar air berasal dari berbagai aktivitas, salah satunya dari pengelolaan sampah pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang menghasilkan residu dalam bentuk cair maupun padat. Air lindi yang dihasilkan dari timbunan sampah mengandung berbagai senyawa pencemar yang berpotensi masuk ke lingkungan perairan di sekitarnya. Kandungan senyawa meliputi bahan organik, logam berat, serta senyawa nitrogen yang dapat mempengaruhi kualitas air dalam konsentrasi tertentu. Keberadaan senyawa nitrogen dalam lindi, khususnya dalam bentuk amonia (NH_3-N), sering digunakan sebagai indikator pencemaran karena mencerminkan tingkat dekomposisi bahan organik serta beban limbah yang masuk ke dalam sistem perairan [2]. Kawasan di sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) umumnya memiliki karakteristik penggunaan lahan yang beragam, termasuk aktivitas budidaya perikanan seperti tambak yang dikelola oleh masyarakat. Interaksi antara aktivitas pengelolaan persampahan dan lingkungan sekitarnya berpotensi mempengaruhi kualitas air, terutama melalui proses pergerakan air dalam tanah maupun aliran permukaan [3]. Air lindi dapat mengalami pergerakan secara alami mengikuti gradien hidrologi lingkungan sehingga memungkinkan terjadinya distribusi senyawa terlarut ke area sekitar [4]. Proses tersebut dapat menyebabkan masuknya zat terlarut ke badan air permukaan seperti tambak yang berada di sekitar kawasan TPA. Keberadaan senyawa kimia dalam lindi, apabila berada dalam konsentrasi tertentu, berpotensi mempengaruhi kualitas air tambak serta keseimbangan ekosistem perairan [2].

Lindi atau *leachate* didefinisikan sebagai cairan yang terbentuk akibat masuknya air eksternal, seperti air hujan ke dalam timbunan sampah yang kemudian melarutkan dan membilas materi terlarut termasuk produk hasil dekomposisi biologis sampah. Cairan ini memiliki karakteristik yang sangat kompleks karena mengandung konsentrasi polutan organik dan anorganik yang tinggi, sehingga menjadikannya salah satu limbah cair yang paling sulit ditangani dalam sistem pengelolaan persampahan. Konsentrasi amonia yang tinggi bersifat toksik yang menyebabkan penurunan pasokan oksigen dalam jumlah besar dan perubahan yang tidak diinginkan dalam ekosistem perairan. Amonia beracun bagi ikan yang dibudidayakan secara komersial pada konsentrasi di atas 1,5 mg N/L, dan pada beberapa kasus konsentrasi yang dapat diterima hanya 0,025 mg N/L. Ikan memiliki beberapa mekanisme untuk mentoleransi kelebihan amonia dan mengurangi toksisitas amonia termasuk ekskresi dan konversi. Namun, paparan amonia pada tingkat berlebihan menyebabkan ekskresi amonia terganggu, sehingga terjadi peningkatan penyerapan amonia dan bahkan kematian [5]. Peningkatan konsentrasi nitrogen amonia (NH_3-N) di lingkungan perairan akibat rembesan lindi secara signifikan memperburuk kualitas ekosistem tambak melalui penurunan kadar oksigen terlarut dan gangguan metabolisme biota budidaya. Penelitian Baorong dkk, [6] menyimpulkan terdapat korelasi positif yang sangat signifikan antara tingginya konsentrasi amonia dan nitrit dengan tingkat prevalensi infeksi parasit *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) pada tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Pasuruan, Lamongan, dan Tuban. Hasil analisis menunjukkan udang yang terinfeksi EHP ditemukan pada tambak dengan kualitas air yang buruk, di mana konsentrasi amonia dan nitrit yang melebihi 1 mg/L secara langsung dapat memicu dan meningkatkan risiko penyebaran infeksi parasit yang menghambat pertumbuhan udang.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji dampak lindi terhadap kualitas lingkungan perairan. Penelitian Khan dkk, [7] menunjukkan adanya pencemaran COD dan BOD dengan konsentrasi di atas ambang baku mutu pada air sumur warga di sekitar TPA Kupang Sidoarjo. Sebagian besar studi yang ada masih terbatas pada pengujian titik sampel tunggal secara periodik tanpa memetakan pola persebaran spasialnya secara kontinu. Penggunaan teknik interpolasi geostatistik seperti *Ordinary Kriging* telah terbukti efektif dalam memetakan distribusi logam berat pada tanah sawah di Sidoarjo [8], tetapi aplikasinya untuk memantau sebaran spesifik amonia pada media air tambak yang berbatasan dengan TPA masih sangat

terbatas. Terdapat celah informasi (*gap*) mengenai bagaimana arah gradien sebaran amonia secara spasial di area budidaya kawasan Kupang, Sidoarjo. Metode *Ordinary Kriging* merupakan pendekatan geostatistik yang banyak digunakan dalam analisis spasial untuk mengestimasi nilai suatu parameter pada lokasi yang tidak terukur berdasarkan hubungan spasial antar titik sampel. Metode *Ordinary Kriging* bekerja dengan memanfaatkan model semivariogram untuk menggambarkan tingkat kemiripan atau korelasi antar data berdasarkan jarak dan arah, sehingga mampu menghasilkan estimasi yang lebih akurat [6]. Penerapan *Ordinary Kriging* dalam bidang lingkungan telah digunakan untuk memetakan distribusi berbagai parameter kualitas air, termasuk pencemar berbasis nitrogen, karena kemampuannya dalam mengidentifikasi pola sebaran dan zona konsentrasi tinggi. Keunggulan metode *Ordinary Kriging* terletak pada kemampuannya dalam meminimalkan kesalahan estimasi serta memberikan bobot yang optimal pada setiap titik data berdasarkan struktur spasialnya [7]. Penggunaan metode *Ordinary Kriging* dinilai relevan dalam penelitian kualitas air karena dapat menggambarkan distribusi pencemar secara kontinu dalam suatu wilayah. Pendekatan ini memungkinkan visualisasi sebaran konsentrasi NH_3-N dalam bentuk peta tematik yang informatif. Pemanfaatan *Ordinary Kriging* dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran distribusi spasial amonia secara lebih komprehensif pada kawasan tambak di sekitar TPA.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi spasial konsentrasi NH_3-N pada air tambak di sekitar TPA Griya Jabon Sidoarjo menggunakan metode *Ordinary Kriging*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pola sebaran pencemaran serta menjadi dasar dalam pengelolaan lingkungan tambak secara berkelanjutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan fasilitas teknis yang menjadi tahap akhir dari sistem manajemen persampahan, berfungsi menampung serta mengolah residu limbah secara aman untuk mencegah degradasi lingkungan [9]. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, TPA didefinisikan sebagai tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan [10]. Komponen utama TPA meliputi sistem pelapisan dasar (*liner*), sistem pengumpulan lindi, sistem pengelolaan gas, dan sistem penutup harian [11]. Dalam konteks lingkungan, TPA berpotensi menghasilkan lindi sebagai hasil perkolasi air melalui timbunan sampah, sehingga pengelolaan TPA harus memperhatikan sistem pengendalian lindi secara optimal sesuai baku mutu lingkungan [4].

2.2 Perairan Tambak

Tambak merupakan ekosistem perairan buatan di kawasan pesisir yang dirancang sebagai media budidaya organisme akuatik. Stabilitas ekosistem ini sangat bergantung pada kondisi parameter fisika dan kimia air yang terjaga, terutama alkalinitas untuk menjaga keseimbangan pH dan metabolisme biota [12]. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2017, perairan tambak sebagai bagian dari lingkungan sumber daya ikan dilindungi secara hukum dan wajib dijaga kelestariannya. Standar kualitas air untuk budidaya mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 yang menetapkan baku mutu parameter fisik dan kimia, termasuk batas maksimum amonia (NH_3-N) sebesar 0,5 mg/L untuk kegiatan budidaya perikanan [13]. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 menjadi landasan utama yang memuat pedoman perlindungan serta pengelolaan lingkungan tersebut [14]. Nilai ambang batas yang ditetapkan dalam regulasi ini berfungsi sebagai acuan baku mutu yang sangat krusial. Keseimbangan ekosistem perairan tambak dapat terjaga secara berkelanjutan melalui kepatuhan terhadap standar parameter tersebut. Pengelola wajib memastikan setiap unsur kualitas air berada dalam batas konsentrasi yang telah ditentukan pemerintah. Rincian mengenai parameter dan batas konsentrasi yang ditetapkan disajikan pada Tabel 1.

Penetapan standar angka baku mutu memiliki tujuan utama untuk menjamin perairan tetap berada dalam kondisi ideal. Kelestarian sumber daya ikan serta pencegahan degradasi lingkungan menjadi fokus utama dari penerapan standar. Setiap parameter kualitas air memiliki

ambang batas spesifik yang harus dipatuhi oleh seluruh pengelola tambak. Pemantauan berkala wajib dilaksanakan melalui mekanisme pengujian laboratorium yang akurat dan terukur. Amanat mengenai prosedur pengujian ini tertuang secara jelas di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2017 [15]. Munculnya ketidaksesuaian angka parameter dengan baku mutu menjadi indikator kuat adanya pencemaran di lingkungan perairan. Kondisi tersebut membawa risiko besar bagi stabilitas siklus biologis yang berlangsung di dalam seluruh ekosistem tambak.

Tabel 1. Baku Mutu Kualitas Air

Parameter	Baku Mutu (Satua)	Peran dalam Tambak
Suhu	Deviasi 3 dari alami (°C)	Mempengaruhi laju metabolisme biota
Derajat Keasaman (pH)	6,5–8,5	Menjaga keseimbangan kimiawi air
Oksigen Terlarut (DO)	> 5 (mg/L)	Kebutuhan vital respirasi di dalam air
Salinitas	Sesuai peruntukan (‰)	Menjaga tekanan osmotik tubuh biota
Amonia (NH_3-N)	≤ 0,5 (mg/L)	Mencegah toksisitas yang merusak jaringan

2.3 Lindi

Lindi atau *leachate* merupakan cairan polutan yang timbul dari proses degradasi biokimia sampah organik di area TPA, terbentuk ketika air hujan meresap ke dalam timbunan sampah dan melarutkan berbagai materi organik, unsur hara, serta logam berat [4]. Secara kimiawi, lindi cenderung bersifat basa akibat akumulasi senyawa amonia, dengan volume yang sangat dipengaruhi oleh intensitas curah hujan dan komposisi sampah [4]. Kandungan lindi meliputi parameter pencemar utama seperti COD, BOD_5, amonia nitrogen (NH_3-N), serta logam berat seperti arsenik (As), kadmium (Cd), nikel (Ni), dan mangan (Mn). Mekanisme persebaran lindi berlangsung melalui infiltrasi vertikal menuju akuifer dan aliran lateral di atas permukaan tanah, dengan radius dampak yang mampu menyebar hingga beberapa kilometer dari sumber pencemaran [15]. Proses pengolahan lindi dilakukan melalui berbagai teknologi seperti UASB, *constructed wetland*, koagulasi-flokulasi, dan klorinasi untuk mereduksi beban cemaran organik sebelum dibuang ke lingkungan [3].

2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan infrastruktur teknologi berbasis komputer untuk mengelola, memanipulasi, dan menganalisis data yang memiliki referensi koordinat spasial terhadap permukaan bumi [16]. SIG mengintegrasikan manajemen basis data dengan kapabilitas visualisasi kartografis tingkat lanjut untuk merepresentasikan fenomena geografis secara dinamis [29]. Data dalam SIG terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu data spasial (titik koordinat, jalan, sungai, batas wilayah) dan data atribut (informasi non-spasial seperti nama pemilik atau jenis material) [17]. Dalam bidang lingkungan, SIG dimanfaatkan untuk analisis *buffer*, *weighted overlay*, interpolasi spasial, dan pemodelan hidrologi guna mendukung pengambilan keputusan berbasis keruangan [13].

2.5 ArcGIS

ArcGIS merupakan platform Web GIS yang berfungsi mengelola dan mengimplementasikan informasi spasial secara global melalui integrasi aplikasi cerdas, teknik analisis data tingkat lanjut, dan layanan berbasis awan. Perangkat lunak ini mencakup ArcMap untuk pemrosesan data spasial, ArcCatalog untuk pengelolaan berkas, dan ArcToolbox untuk instrumen analisis seperti *buffer*, *overlay*, dan *intersect* . ArcGIS telah banyak diterapkan dalam penelitian lingkungan, termasuk pemetaan kualitas air tanah, analisis kerawanan bencana, dan pemodelan sebaran polutan. Kemampuan ArcGIS dalam memvisualisasikan data secara dinamis menjadikannya instrumen strategis untuk mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data spasial [18].

2.6 *Kriging*

Kriging merupakan teknik interpolasi geostatistik yang digunakan untuk memprediksi nilai parameter di lokasi yang belum diukur berdasarkan data titik sampel yang tersedia, dengan memanfaatkan analisis semivariogram untuk menghasilkan estimasi varians kesalahan minimum. Jenis-jenis *kriging* yang umum diterapkan meliputi *Ordinary Kriging*, *Universal Kriging*, *Co-Kriging*, dan *Block Kriging*, di mana *Ordinary Kriging* menjadi yang paling sering digunakan

karena mengasumsikan rata-rata populasi konstan dalam area studi [15]. Metode ini bekerja melalui pembuatan model semivariogram (sferis, eksponensial, atau Gaussian) untuk menggambarkan ketergantungan spasial antar titik sampel, kemudian menghitung bobot optimal untuk estimasi nilai pada lokasi yang tidak tersampling. Validasi hasil *kriging* dilakukan melalui metode *cross-validation* untuk memastikan akurasi prediksi mendekati nilai lapangan [19].

2.7 *Ordinary Kriging*

Ordinary Kriging (OK) merupakan metode estimasi geostatistika yang menganggap data lapangan sebagai representasi variabel acak terintegrasi, dengan model variogram sebagai komponen kunci yang menghubungkan titik-titik data dalam analisis keruangan [8]. Metode ini mengaplikasikan sistem pembobotan rata-rata bergerak (*weighted moving average*) untuk menekan potensi kesalahan serta meminimalkan varians pada hasil prediksi akhir. Keunggulan utama OK terletak pada kemampuannya menghasilkan prediksi yang akurat dan tidak bias terhadap data observasi asli, dengan memanfaatkan korelasi antar lokasi geografis untuk memperkirakan nilai pada titik yang tidak memiliki data sampel. Penelitian terdahulu menunjukkan OK memiliki performa lebih baik dibandingkan metode deterministik seperti IDW (*Inverse Distance Weighting*) dalam pemetaan distribusi kadar mineral dan kualitas air [20]. Penerapan OK dalam penelitian lingkungan, termasuk pemetaan sebaran amonia di air tambak, memiliki landasan teoritis dan praktis yang kuat karena kemampuannya menghasilkan peta kontur distribusi yang kontinu dan representatif [21].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan geostatistik spasial yang bertujuan memetakan distribusi konsentrasi amonia (NH_3-N) pada air tambak di sekitar TPA Griya Jabon, Sidoarjo, menggunakan metode *Ordinary Kriging* berbasis ArcGIS.

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di kawasan tambak sekitar TPA Jabon, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, yang mencakup Desa Tambak Kalisogo, Desa Semambung, dan Desa Balongtani. Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan, meliputi tahap persiapan, pengambilan sampel, analisis laboratorium, dan pengolahan data.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel utama penelitian adalah konsentrasi amonia (NH_3-N) dalam air tambak (mg/L) sebagai variabel dependen. Variabel independen berupa koordinat geografis (X, Y) titik sampling. Variabel kontrol meliputi pH, suhu, dan DO yang diukur secara *in-situ* sebagai data pendukung.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi GPS, botol sampel steril 600 mL, *cool box*, pH meter, DO meter, termometer, serta perangkat lunak ArcGIS dan Microsoft Excel. Bahan yang digunakan adalah sampel air tambak, data spasial (citra satelit dan peta RTRW Sidoarjo), serta reagen laboratorium untuk uji amonia.

3.4 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian terdiri atas empat fase:

1. Tahap Persiapan. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan referensi terkait karakteristik amonia, lindi TPA, dan metode Ordinary Kriging. Observasi lapangan dilakukan untuk menentukan batas area dan titik sampling secara purposive sampling berdasarkan jarak dari TPA.
2. Tahap Pengumpulan Data. Koordinat setiap titik sampling ditentukan menggunakan GPS. Pengambilan sampel air tambak mengacu pada SNI 8995:2021, disertai pengukuran parameter in-situ (pH, suhu, DO). Sampel disimpan dalam cool box untuk menjaga integritas selama transportasi ke laboratorium. Sepuluh titik sampel dikelompokkan menjadi tiga kategori berdasarkan jarak dari TPA, seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koordinat Titik Sampel

Kode Samper	Titik Koordinat	Jarak dari TPA (m)
ST-1	-7,550413, 112,762041	235
ST-2	-7,552859, 112,766406	528
ST-3	-7,554197, 112,762144	600
ST-4	-7,547611, 112,758046	635
ST-5	-7,546219, 112,768689	639
ST-6	-7,554013, 112,769975	897
ST-7	-7,551796, 112,779003	1.728
ST-8	-7,544674, 112,746248	1.976
ST-9	-7,561582, 112,751644	1.921
ST-10	-7,564706, 112,768220	1.812

3. Tahap Analisis Laboratorium. Pengujian kadar amonia (NH_3-N) dilakukan di Laboratorium DLHK Kabupaten Sidoarjo menggunakan metode fenat secara spektrofotometri sesuai SNI 06-6989.30-2005 dengan pengujian ganda (*duplo test*). Hasil uji ditabulasi bersama data koordinat menggunakan Microsoft Excel.
4. Tahap Pengolahan Data dan Pemetaan. Data koordinat dan konsentrasi amonia diolah dalam ArcGIS menjadi *point shapefile*. Analisis geostatistik dilakukan melalui pembuatan model semivariogram untuk menentukan parameter interpolasi *Ordinary Kriging*. Proses interpolasi menghasilkan peta distribusi spasial konsentrasi amonia secara kontinu. Validasi dan interpretasi hasil dilakukan dengan membandingkan terhadap baku mutu PP No. 22 Tahun 2021.

3.5 Metode Analisis Data

Data dianalisis secara kuantitatif menggunakan metode geostatistik *Ordinary Kriging* yang mampu memberikan estimasi nilai pada lokasi tidak ter sampel dengan mempertimbangkan hubungan spasial antar titik melalui analisis semivariogram. Analisis diawali dengan pembuatan semivariogram eksperimental untuk mengukur tingkat ketergantungan spasial antar titik sampel berdasarkan jarak (lag distance). Semivariogram dihitung menggunakan persamaan:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h]^2 \quad \text{.....(1)}$$

di mana γ(h) adalah nilai semivarians pada jarak h, N(h) adalah jumlah pasangan titik pada jarak h, $Z(x_i)$ adalah nilai konsentrasi amonia pada titik x_i, dan $Z(x_i + h)$ adalah nilai pada titik yang berjarak h dari x_i. Model teoritis semivariogram terbaik dipilih melalui uji coba tiga model umum, yaitu sferis, eksponensial, dan Gaussian, dengan kriteria pemilihan berdasarkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) terkecil. Dari model semivariogram terpilih diperoleh tiga parameter utama yang menggambarkan struktur spasial data:

1. Nugget (C_0) : menggambarkan varians pada jarak sangat dekat ($h \rightarrow 0$), yang merepresentasikan efek mikro-variabilitas atau kesalahan pengukuran pada skala yang lebih kecil dari jarak sampling. Nilai nugget yang mendekati nol menunjukkan konsistensi pengukuran yang baik.
2. Sill (C) : merupakan nilai varians maksimum yang dicapai pada saat semivariogram mendatar (plateau), mencerminkan varians total data. Semakin tinggi nilai sill, semakin besar variabilitas konsentrasi amonia di wilayah studi.
3. Range (a) : menunjukkan jarak maksimum di mana data masih memiliki ketergantungan spasial (autokorelasi). Di luar jarak range, nilai antar titik dianggap tidak berkorelasi. Range yang pendek mengindikasikan perubahan spasial yang cepat, sedangkan range yang panjang menunjukkan pola sebaran yang lebih seragam.

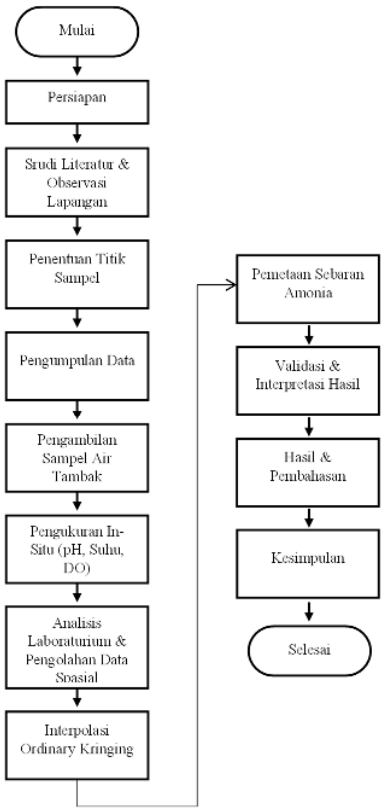
Setelah model semivariogram dan ketiga parameter tersebut ditentukan, interpolasi *Ordinary Kriging* dilakukan untuk menghitung bobot optimal setiap titik sampel dengan meminimalkan varians estimasi. Nilai estimasi pada lokasi tidak tersampel ($\hat{z}(x_0)$) dihitung menggunakan persamaan:

$$\widehat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \tau_i \; Z(x_i) \quad \text{..... (2)}$$

di mana λ_i adalah bobot kriging yang diperoleh dari solusi sistem persamaan kriging berdasarkan model semivariogram, dan $Z(x_i)$ adalah nilai konsentrasi amonia pada titik sampel di sekitar lokasi estimasi. Hasil interpolasi divisualisasikan dalam peta distribusi spasial untuk mengidentifikasi pola sebaran dan zona konsentrasi amonia yang melebihi baku mutu lingkungan. Validasi hasil dilakukan melalui metode *cross-validation* dengan membandingkan nilai estimasi terhadap data aktual untuk memastikan akurasi prediksi.

3.6 Diagram Alur Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 1 sebagai panduan sistematis dari tahap persiapan hingga luaran akhir berupa peta sebaran amonia.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Amonia (NH_3-N) pada Air Tambak

Berdasarkan hasil analisis laboratorium menggunakan metode fenat secara spektrofotometri sesuai SNI 06-6989.30-2005, diperoleh data konsentrasi amonia (NH_3-N) pada 10 sampel air tambak di sekitar TPA Jabon, Sidoarjo. Data disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Konsentrasi Amonia (NH_3-N) Air Tambak

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)	Baku Mutu ^#^ (mg/L)	Keterangan
1	SL-1	2,09	0,5	Melebihi Mutu
2	SL-2	5,22	0,5	Melebihi Mutu
3	SL-3	5,48	0,5	Melebihi Mutu
4	SM-4	0,50	0,5	Sesuai Mutu
5	SM-5	1,41	0,5	Melebihi Mutu
6	SM-6	2,29	0,5	Melebihi Mutu
7	ST-7	1,00	0,5	Melebihi Mutu
8	ST-8	0,71	0,5	Melebihi Mutu
9	ST-9	0,92	0,5	Melebihi Mutu
10	ST-10	7,30	0,5	Melebihi Mutu

Keterangan: ^#^ Baku mutu berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Kelas III untuk Budidaya Perikanan

Berdasarkan Tabel 3, konsentrasi amonia tertinggi terdapat pada titik ST-10 (7,30 ppm) di Desa Semambung, sedangkan terendah pada titik SM-04 (0,50 ppm) di Desa Balongtani. Dari 10 titik sampel, hanya 1 titik (SM-04) yang memenuhi baku mutu, sedangkan 9 titik lainnya telah melampaui batas maksimum 0,5 mg/L berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Kondisi ini mengindikasikan telah terjadi pencemaran amonia yang signifikan pada perairan tambak di sekitar TPA Griya Jabon. Tingginya konsentrasi amonia pada air tambak berpotensi mengganggu ekosistem perairan. Amonia bersifat toksik bagi ikan budidaya pada konsentrasi di atas 1,5 mg N/L, bahkan pada jenis tertentu batas toleransi hanya 0,025 mg N/L [2]. Paparan amonia berlebih mengganggu mekanisme ekskresi pada ikan, meningkatkan penyerapan racun, dan berisiko menyebabkan kematian massal [8].

4.2 Parameter Pendukung Kualitas

Pengukuran parameter pendukung dilakukan secara *in-situ* untuk mengetahui kondisi perairan saat pengambilan sampel. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Pendukung

Parameter	Baku Mutu ^#^ (mg/L)	Kisaran Hasil	Keterangan
pH	6,5-8,5	7,42-8,78	Sesuai baku Mutu
Suhu	Deviasi ±3°C dari alami	28–35°C	Sesuai baku Mutu
DO	> 3 mg/L	5,40–6,00 mg/L	Sesuai baku Mutu

Keterangan: ^#^ Baku mutu berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Kelas III untuk Budidaya Perikanan

Nilai pH di seluruh titik berkisar 7,42–8,78 yang masih dalam rentang optimal (6,5–8,5) untuk kehidupan biota akuatik. Suhu air berkisar 28–35°C, masih dalam toleransi untuk budidaya ikan bandeng dan udang. Konsentrasi DO berkisar 5,40–6,00 mg/L, berada di atas ambang batas minimum 3 mg/L dan mendukung respirasi biota. Meskipun parameter pendukung masih dalam batas aman, tingginya konsentrasi amonia menunjukkan adanya beban pencemaran yang tidak dapat direduksi oleh kondisi perairan yang ada.

4.3 Peta Distribusi Spasial Amonia (NH_3-N)

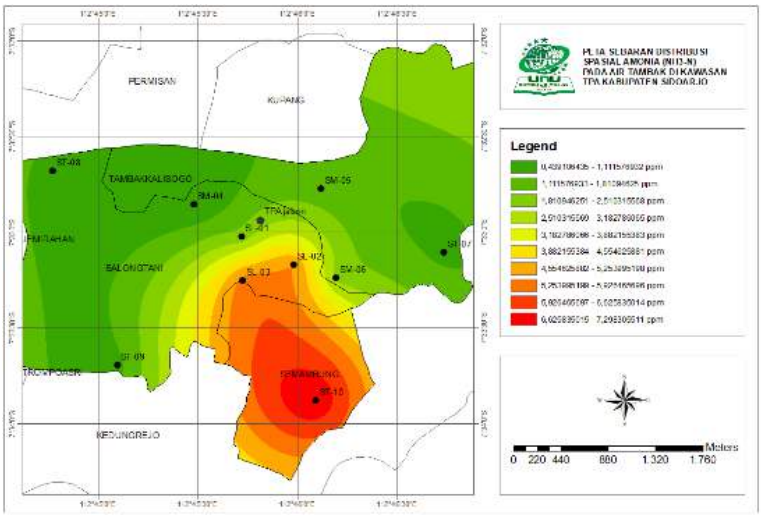
Analisis distribusi spasial konsentrasi amonia dilakukan menggunakan metode interpolasi *Ordinary Kriging* dalam ArcGIS. Metode ini memanfaatkan model semivariogram untuk menggambarkan korelasi spasial antar titik sampel, sehingga menghasilkan estimasi nilai pada lokasi yang tidak terukur secara kontinu [9]. Pemilihan model semivariogram terbaik dilakukan melalui uji coba tiga model teoritis, yaitu sferis, eksponensial, dan Gaussian. Berdasarkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) terkecil, model spherical terpilih sebagai model terbaik dengan karakteristik parameter semivariogram sebagai berikut: nilai *nugget* (C_0) sebesar 0,042, nilai *sill* (C) sebesar 3,851, dan *range* (a) sebesar 1.206 meter. Nilai *nugget* yang relatif kecil mengindikasikan tingkat kesalahan pengukuran yang rendah dan konsistensi data yang baik. Nilai *range* sebesar 1.206 meter menunjukkan bahwa ketergantungan spasial konsentrasi amonia masih berlaku hingga jarak tersebut, di mana nilai di luar jarak tersebut dianggap tidak memiliki korelasi spasial yang signifikan.

Validasi model interpolasi dilakukan menggunakan metode cross-validation, yaitu dengan menghilangkan satu titik sampel secara bergantian dari proses interpolasi, kemudian membandingkan nilai estimasi dengan nilai aktual untuk setiap titik. Hasil cross-validation menunjukkan nilai RMSE sebesar 0,742, yang mengindikasikan bahwa rata-rata kesalahan estimasi relatif kecil dibandingkan rentang konsentrasi amonia yang diamati (0,50-7,30 ppm). Nilai koefisien korelasi (R^2) antara data aktual dan hasil estimasi diperoleh sebesar 0,873, yang menunjukkan adanya hubungan linier yang sangat kuat antara nilai prediksi dan data observasi. Hal ini menegaskan bahwa metode Ordinary Kriging dengan model semivariogram *spherical* memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat diandalkan dalam memprediksi sebaran konsentrasi amonia di lokasi yang tidak tersampel [9]. Hasil interpolasi disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, pola sebaran konsentrasi amonia membentuk gradasi dari merah (konsentrasi tinggi), jingga-kuning (konsentrasi sedang), hingga hijau (konsentrasi rendah). Wilayah studi terbagi menjadi tiga zona utama sebagai berikut:

1 Zona Konsentrasi Tinggi (Merah–Jingga; 5,22–7,30 ppm). Terkonsentrasi di wilayah Semambung (titik ST-10, SL-02, SL-03). Faktor penyebab tingginya konsentrasi adalah kedekatan dengan pemukiman dan area pertanian yang berkontribusi terhadap beban organik, serta aktivitas budidaya itu sendiri berupa sisa pakan dan feses ikan yang membusuk di dasar tambak.
2 Zona Konsentrasi Sedang (Kuning; 1,81–3,18 ppm). Meliputi titik ST-07 (1,00 ppm), SM-05 (1,41 ppm), SL-01 (2,09 ppm), dan SM-06 (2,29 ppm). Zona ini berdekatan dengan TPA sehingga berpeluang menerima pencemar dari rembesan lindi [6].
3 Zona Konsentrasi Rendah (Hijau; 0,44–1,81 ppm). Meliputi titik SM-04 (0,50 ppm), ST-08 (0,71 ppm), dan ST-09 (0,92 ppm). Rendahnya konsentrasi disebabkan oleh efektivitas pertukaran air dan sirkulasi pasang-surut yang mendorong proses pembilasan alami (*flushing*) dan pengenceran (*dilution effect*).

4.4 Analisis Hubungan NH_3-N dengan Jarak terhadap TPA

Untuk memperkuat interpretasi distribusi spasial, dilakukan analisis korelasi antara konsentrasi amonia (NH_3-N) dengan jarak titik sampel terhadap TPA Griya Jabon. Hasil analisis disajikan pada Tabel 5.



Gambar 2. Peta Distribusi Spasial Amonia (NH_3-N)

Tabel 5. Hubungan Jarak Titik Sampel terhadap Konsentrasi NH_3-N

Kode Sampel	Jarak dari TPA (m)	Konsentrasi NH_3-N (ppm)	Kategori
SL-01	235	2,09	Dekat
SL-02	528	5,22	Dekat
SL-03	600	5,48	Dekat
SM-04	635	0,50	Sedang
SM-05	639	1,41	Sedang
SM-06	899	2,29	Sedang
ST0-07	1.728	1,00	Jauh
ST-08	1.976	0,71	Jauh
ST-09	1.921	0,92	Jauh
ST-10	1.812	7,30	Jauh

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa tidak terdapat korelasi linier yang sederhana antara jarak titik sampel terhadap TPA dengan konsentrasi amonia. Titik dengan jarak terdekat dari TPA (SL-01, 235 m) memiliki konsentrasi 2,09 ppm, sedangkan titik dengan jarak terjauh (ST-08, 1.976 m) memiliki konsentrasi 0,71 ppm. Namun, titik ST-10 yang berjarak 1.812 m justru mencatat konsentrasi tertinggi (7,30 ppm), sementara titik ST-04 yang berjarak 635 m mencatat konsentrasi terendah (0,50 ppm). Fenomena ini mengindikasikan bahwa sebaran amonia tidak semata-mata dikendalikan oleh jarak dari TPA, melainkan dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang lebih kompleks, antara lain:

1. Arah aliran air permukaan dan hidrologi. Pergerakan lindi dari TPA mengikuti gradien hidrologi dan arah aliran sungai, sehingga konsentrasi tinggi tidak selalu terjadi pada titik terdekat, melainkan pada area yang menjadi reseptor aliran air dari TPA.
2. Aktivitas antropogenik lokal. Wilayah Semambung (ST-10) yang memiliki konsentrasi tertinggi merupakan area dengan aktivitas pemukiman dan pertanian yang padat, berkontribusi terhadap beban organik dari limbah domestik dan pertanian yang terbawa ke perairan tambak.
3. Dinamika pasang-surut dan sirkulasi air. Efek pembilasan alami (*flushing*) dan pengenceran (*dilution effect*) pada titik-titik tertentu (SM-04, ST-08, ST-09) mampu menurunkan konsentrasi amonia meskipun lokasinya relatif dekat dengan TPA [4].
4. Kondisi oseanografi dan morfologi tambak. Perbedaan kedalaman, sirkulasi air, dan karakteristik sedimen dasar antar lokasi tambak mempengaruhi laju akumulasi dan degradasi bahan organik.

Hasil ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa pencemaran amonia di kawasan tambak merupakan hasil interaksi multifaktor antara rembesan lindi TPA, aktivitas antropogenik lokal, dan dinamika hidrologi perairan, bukan semata-mata fungsi jarak linier dari sumber pencemar. Pendekatan geostatistik *Ordinary Kriging* terbukti mampu menangkap kompleksitas ini melalui model semivariogram yang mempertimbangkan korelasi spasial antar titik secara lebih komprehensif dibandingkan analisis jarak sederhana [6].

4.5 Analisis Keterkaitan Parameter Pendukung terhadap Dinamika Amonia

Secara biokimia, dinamika amonia sangat dipengaruhi oleh pH dan suhu. Pada titik ST-10 yang menjadi pusat zona merah, tercatat suhu tertinggi 35°C, yang mempercepat laju dekomposisi bahan organik (amonifikasi). Pada titik SL-01 di zona transisi, nilai pH mencapai 8,78. Kombinasi suhu >30°C dan pH >8,0 mendorong konversi ion amonium (NH_4^+) yang relatif tidak berbahaya menjadi molekul amonia bebas (NH_3) yang bersifat toksik akut. Sementara itu, konsentrasi DO yang stabil di atas 5 mg/L di seluruh titik tidak efektif mereduksi amonia karena proses amonifikasi berlangsung secara anaerobik di sedimen dasar tambak yang kaya material organik sisa pakan [22]. Hal ini menunjukkan bahwa kecukupan oksigen di permukaan air tidak cukup untuk mengeliminasi senyawa toksik selama sedimen dasar dalam kondisi jenuh bahan organik dan didukung suhu serta pH tinggi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap 10 sampel air tambak di sekitar TPA Griya Jabon, Sidoarjo, konsentrasi amonia (NH_3-N) berada pada rentang 0,50 ppm hingga 7,30 ppm, di mana 9 dari 10 titik sampel telah melampaui baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 0,5 mg/L. Hasil ini mengindikasikan bahwa perairan tambak di kawasan tersebut telah mengalami pencemaran amonia yang signifikan. Pola distribusi spasial yang dihasilkan melalui metode *Ordinary Kriging* menunjukkan sebaran konsentrasi amonia membentuk gradien dari selatan menuju utara, barat, dan timur. Zona konsentrasi tertinggi (5,22–7,30 ppm) terkonsentrasi di wilayah Semambung dengan gradasi merah hingga jingga, sedangkan zona konsentrasi terendah (0,44–1,81 ppm) berada di wilayah Balongtani dan Tambakkalisogo dengan gradasi hijau. Analisis hubungan antara konsentrasi amonia dengan jarak terhadap TPA menunjukkan bahwa sebaran tidak semata-mata dikendalikan oleh jarak, melainkan dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti arah aliran air, aktivitas antropogenik, dan dinamika hidrologi. Validasi model interpolasi melalui *cross-validation* menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,742 dan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,873, yang menunjukkan bahwa metode *Ordinary Kriging* memiliki tingkat keandalan yang baik dalam memprediksi sebaran konsentrasi amonia di lokasi yang tidak tersampel.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Akhirul, Y. Witra, I. Umar, and Erianjoni, "Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan Dan Upaya Mengatasinya," *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Ligkungan*, vol. 1, no. 3, 2020.

[2] Sri Royani and Adita Silvia Fitriana, "Ammoniacal Nitrogen Contaminant in Water of Kaliori Landfill Area in Banyumas," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i3.1885.

[3] S. Rachmawati, P. Bernadetta, M. B. Mardiyanto, N. U. Fil'ardiani, S. Khoirunnisa, and Y. P. A. Arta, "Kandungan logam berat besi (Fe) dan timbal (Pb) pada air lindi TPA Putri Cempo, Surakarta," *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 2024, doi: 10.36813/jplb.8.2.219-232.

[4] A. Febrianto and Buchari, "Studi Cemaran Logam Berat (Fe , Pb, Cd, Cu, dan Zn) dalam Umbi Singkong di Sekitar Area Eks Tempat Pemrosesan Akhir Leuwi Gajah," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. IX, no. 2, 2024.

[5] S. Wahyuningsih, I. Andriyani, D. Purbasari, and T. R. Nurcahyo, "Interpolation of Total Dissolved Solids (TDS) Concentration in A River Using Ordinary Kriging Method," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, vol. 14, no. 3, 2025, doi: 10.23960/jtep-l.v14i3.858-865.

[6] Y. Li, Z. Baorong, X. Xiaohong, and L. Zijun, "Application of a semivariogram based on a deep neural network to Ordinary Kriging interpolation of elevation data," *PLoS One*, vol. 17, no. 4 April, 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0266942.

[7] M. Khan, M. M. A. Almazah, A. EIlahi, R. Niaz, A. Y. Al-Rezami, and B. Zaman, "Spatial interpolation of water quality index based on Ordinary kriging and Universal kriging," *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 14, no. 1, 2023, doi: 10.1080/19475705.2023.2190853.

[8] L. Fitrianah *et al.*, "Distribution Mapping of Cadmium on Water and Soil in Rice Fields Around the Industrial Area of Sidoarjo Regency," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1030/1/012015.

[9] Merry N. M. Kosakoy, Steenie E. Wallah, and Herawaty Riogilang, "Analisis Pemilihan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kabupaten Minahasa Tenggara," *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.22225/pd.11.1.4194.57-72.

[10] K. Kasam, S. Sarto, S. Syamsiah, and A. Prasetyo, "Pengaruh Ukuran dan Fraksi Organik Terhadap Kuantitas dan Kualitas Timbulan Lindi," *Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan*, vol. 5, no. 1, 2013, doi: 10.20885/jstl.vol5.iss1.art3.

[11] F. Meilasari, H. Sutrisno, and B. Purwoko, "Analisis Sebaran Lindi di Sekitar Kawasan TPA Batu Layang Berdasarkan Nilai Resistivitas," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 24, no. 1, 2023, doi: 10.55981/jtl.2023.247.

[12] A. Listriyana, C. Handayani, and A. Diah Pahlewi, "Analisis Kualitas Air Alkalinitas pada Perairan Tambak Intensif Situbondo," *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 2023, doi: 10.62012/zl.v4i2.27456.

[13] N. I. Putri and M. N. K. Amrullah, "Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) Berbasis Dusun Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Lahan," *Widya Bhumi*, vol. 4, no. 1, 2024, doi: 10.31292/wb.v4i1.93.

[14] S. Linggasari, A. Mawardi, and D. J. Rianto, "Pengaruh Penambangan Pasir terhadap Kualitas Air Sungai Progo," *Jurnal Teknologi Pertambangan*, vol. 11, no. 1, 2025, doi: 10.31315/jtp.v11i1.14919.

[15] B. L. P. J. Timur, "Database Peraturan JDIH BPK," 2022.

[16] E. K. Hendarwati, P. Lepong, and S. Suyitno, "Pemilihan Semivariogram Terbaik Berdasarkan Root Mean Square Error (RMSE) pada Data Spasial Eksplorasi Emas Awak Mas," *GEOSAINS KUTAI BASIN*, vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.30872/geofisunmul.v6i1.1072.

[17] A. Aini, "Sistem Informasi Geografis Pengertian dan Aplikasinya," *Diakses Dari http://stmik. amikom. ac. id/[Diakses 24 Maret 2013]*, 2007.

[18] M. Arifin, Anwari, and Bakir, "Sistem Informasi Geografis (SIG) Penentuan Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Kabupaten Pamekasan Menggunakan Metode

Composite Performance Index …," *Seminar Nasional Humaniora dan Aplikasi Teknologi Informasi (SSEHATI) 2022*, vol. 8, no. 1, 2022.

[19] D. Sabriyati and M. P. Hadi, "Penilaian Bahaya Banjir Bandang Berdasarkan Skenario Genangan Menggunakan Analisis Spasial dan Pemodelan Hidrodinamik," *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, vol. 14, no. 1, 2023.

[20] N. Nur Rohma, "Pendugaan Metode Ordinary Kriging," *Jurnal Penelitian Ilmu Sosial dan Eksakta*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.47134/trilogi.v2i1.33.

[21] H. Yimit, M. Eziz, M. Mamat, and G. Tohti, "Variations in groundwater levels and salinity in the Ili River Irrigation Area, Xinjiang, northwest China: A geostatistical approach," *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, vol. 18, no. 1, 2011, doi: 10.1080/13504509.2011.544871.

[22] H. Purnomo and R. A. E. Wijaya, "Pemetaan Sebaran Kadar Al2O3 dan RSiO2 Pada Endapan Laterit Bauksit Menggunakan Pendekatan Metode Interpolasi Ordinary Kriging Dan Inverse Distance Weighting," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 14, no. 1, 2022, doi: 10.28989/angkasa.v14i1.1227.

[23] H. S. Suwoyo, K. Nirmala, D. Djokosetiyanto, and S. R. Mulyaningrum, "Faktor Dominan Yang Berpengaruh Pada Tingkat Konsumsi Oksigen Sedimen di Tambak Intensif Udang Vaname (Litopenaeus vannamei)," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, vol. 7, no. 2, 2015.