

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kontaminasi air bawah tanah menjadi salah satu tantangan utama dalam mencapai tujuan ke-6 *Sustainable Development Goals (SDGs)* yaitu untuk menyediakan akses universal dan adil untuk air minum yang aman, yang berarti bebas kontaminan (Conti *et al.*, 2016). Ketersediaan air tanah untuk keperluan minum semakin terbatas akibat bertambahnya populasi manusia, intrusi air laut dan berbagai kegiatan antropogenik seperti pertanian, pertambangan, termasuk adanya kontaminan dan polutan yang merupakan kelompok logam berat dan residu kimia dari pertanian dan industri yang membuang limbah ke tanah (Nath *et al.*, 2018; Putranto *et al.*, 2020). Industri daur ulang limbah aluminium di Kecamatan Sumobito dan Kecamatan Kesamben Kabupaten Jombang merupakan salah satu industri yang aktivitasnya berpotensi mencemari air tanah.

Kecamatan Sumobito dan Kecamatan Kesamben Kabupaten Jombang merupakan sentra industri kecil peleburan limbah aluminium untuk dimanfaatkan kembali menjadi ingot atau aluminium batangan. Kegiatan tersebut telah beroperasi dari tahun 1970 secara turun temurun. Terdapat 136 pengusaha daur ulang aluminium yang tersebar di 14 desa di Kecamatan Sumobito dan 5 desa di Kecamatan Kesamben (BLH Kabupaten Jombang, 2015). Kegiatan industri kecil seringkali hanya mengedepankan aspek ekonomi dan tidak menyadari dampaknya terhadap lingkungan dikarenakan kurangnya pengetahuan, keahlian, dan sumber daya untuk melakukan pengelolaan lingkungan (Ferenhof *et al.*, 2014). Akibatnya masalah eksternalitas berupa pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan sulit untuk dihindari.

Kegiatan daur ulang limbah aluminium menggunakan bahan baku dross dan scrap aluminium. Dross merupakan limbah dari proses pengolahan industri logam yang di dalamnya masih terdapat kandungan logam sedangkan scrap merupakan sisa potongan atau serpihan logam. Proses produksi meliputi penggilingan material bahan baku, peleburan pada tungku pembakaran sederhana dengan suhu 660°C hingga menjadi aluminium cair, dan pencetakan hingga menjadi aluminium batangan. Dari

proses peleburan akan dihasilkan limbah slag alumunium. Volume limbah slag alumunium yang dihasilkan dari akhir proses produksi sangat besar dengan rasio perbandingan 40 : 60, dimana 40% menjadi produk batangan aluminium, dan 60% menjadi limbah abu (BLH Kabupaten Jombang, 2015).

Limbah slag aluminium yang dihasilkan dari proses produksi primer dan/atau sekunder berdasarkan Lampiran IX Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup termasuk dalam Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dari sumber spesifik umum dengan kategori bahaya 2. Limbah B3 merupakan sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang masih mengandung zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Oleh karena itu untuk diperlukan pengelolaan khusus untuk penanganannya.

Rendahnya pengetahuan warga mengenai potensi bahaya limbah B3 dan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk menyerahkan pengelolaan limbah B3 tersebut kepada pihak yang memiliki izin, memicu aktivitas pembuangan (*dumping*) limbah B3 secara illegal. Warga sekitar memanfaatkan limbah slag aluminium untuk membuat tanggul sungai, pengurugan jalan, hingga pondasi rumah tanpa proses pengolahan apapun (Syafii, 2018). Hasil inventarisasi pemerintah daerah setempat kontaminan limbah B3 telah menyebar pada 117 titik di wilayah Kecamatan Sumobito, Kecamatan Kesamben, Kecamatan Peterongan, Kecamatan Jogoroto. Dari 117 titik sebanyak 90 titik berada di wilayah Kecamatan Sumobito. Luasan total kontaminan diperkirakan mencapai 31.367 m², dengan volume 96.470 m³ atau sekitar 146.828 ton, dan biaya untuk melakukan *clean up* diperkirakan sekitar Rp. 29,5 Miliar. Hasil pengujian *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) dan analisis Total Konsentrasi (TK) pada lahan terkontaminasi menunjukkan konsentrasi beberapa unsur logam di atas batas regulasi berdasarkan PP No 22 Tahun 2021. Logam Zinc (Zn²⁺) masuk dalam kelompok diatas TK-A (>15.000 mg/kg) dan diatas TCLP-B (>50mg/L). Logam Timbal (Pb²⁺) diatas TK-B (1.500 mg/kg) dan diatas TCLP-A (>3 mg/L). Tembaga (Cu²⁺) diatas TK-A (3.000 mg/kg) dan diatas

TCLP-C (>4 mg/L). Barium (Ba^+), Boron (B^{3+}), Nikel (Ni^+) masuk dalam kelompok di atas TK-C Sementara Aluminium (Al^{3+}) ditemukan pada konsentrasi yang besar (179.500 mg/kg) (KLHK, 2017). Pemerintah setempat telah mengupayakan penanganan atas temuan tersebut dengan melakukan penyidikan, pemberian sanksi terhadap pengusaha dan pemulihan lahan terkontaminasi. Namun dikarenakan besarnya volume dan biaya yang diperlukan, pemulihan lahan terkontaminasi baru bisa dilakukan secara bertahap (DLH Kabupaten Jombang, 2020).

Dampak limbah slag aluminium yang berbahaya bagi lingkungan telah dikaji beberapa tahun belakangan ini. Shinzato dan Hypolito (2016) meneliti dampak pembuangan limbah industri daur aluminium di Sao Paolo Brazil pada tanah dan badan air. Pembuangan limbah aluminium pada badan air menyebabkan tingginya konsentrasi amonia ($N-NH_3$) dan pH yang tinggi (>9). Sementara pembuangan ke tanah mengakibatkan penurunan pH (<4) karena pembentukan amonia memicu aktivitas bakteri nitrifikasi pada tanah. pH rendah mengakibatkan terlepasnya komponen logam pada limbah, sehingga konsentrasi logam berat pada air tanah meningkat. Penelitian dengan skala laboratorium oleh Attia *et al.* (2018) menggunakan *X-Ray Fluoresce* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa pelarutan limbah dross dan slag aluminium dalam air, mengakibatkan banyak elemen dan senyawa yang bereaksi dengan air termasuk logam berat berbahaya ditemukan pada konsentrasi yang berlebih. Selain itu berdasarkan penelitian Samara *et al.* (2020), limbah slag aluminum yang kontak dengan air dan udara memiliki kecenderungan untuk menghasilkan lindi dan gas berbahaya seperti fosfin, hidrogen sulfida, ammonia, dan metana yang bersifat mudah meledak, beracun dan berbau tidak sedap.

Penelitian terdahulu sebagaimana dipaparkan diatas menunjukkan bahwa limbah slag aluminium berpotensi mencemari air tanah dan terlepasnya logam berat ke lingkungan menjadi salah satu aspek yang perlu menjadi perhatian. Tingkat kerentanan akuifer terhadap sumber pencemar di Kecamatan Sumobito sudah pernah dikaji oleh Siswoyo (2016) menggunakan metode GOD (*Groundwater Occurrence, Overlaying Lithology and Depth Of Groundwater*) dan menunjukkan hasil tingkat kerentanan akuifer terkekang terhadap bahaya pencemaran dapat diabaikan dan

tingkat kerentanan akuifer semi terkekang terhadap bahaya pencemaran adalah rendah. Pada umumnya tingkat kerentanan akuifer terkekang maupun akuifer semi terkekang memang lebih aman terhadap potensi bahaya pencemaran dibandingkan akuifer bebas dengan muka air tanah yang dangkal (Siswoyo, 2016). Pengukuran insitu kualitas air sumur dangkal penduduk pada 9 desa di Kecamatan Sumobito oleh instansi terkait pada tahun 2017 dengan parameter pH, suhu, TDS, dan konduktivitas, menunjukkan hasil beberapa parameter pH dan TDS melebihi baku mutu (KLHK, 2017). Sementara itu untuk kajian kualitas air tanah dangkal di lokasi studi terhadap parameter logam berat dan sebaran kualitasnya secara spasial belum pernah dilakukan.

Menurut Bhat *et al.* (2019), bioakumulasi logam berat di dalam tubuh manusia dapat menyebabkan efek karsinogenik, merusak fungsi organ dan system saraf. Padahal sebanyak 100% penduduk di Kecamatan Sumobito menggunakan air tanah untuk memenuhi kebutuhan air bersih (BPS Kabupaten Jombang, 2021). Data dari Dinas Kesehatan Kabupaten Jombang menunjukkan adanya gangguan kesehatan yang diderita warga sekitar akibat pembuangan limbah slag aluminium diantaranya gangguan faal paru mulai tingkat ringan sampai berat dan juga gangguan liver. Oleh karena itu evaluasi terhadap kualitas air tanah penduduk di sekitar lokasi tersebut perlu dilakukan untuk memastikan apakah masih sesuai dengan peruntukannya.

Kualitas air baik badan air maupun air tanah dapat dinilai dan dievaluasi melalui metode Indeks kualitas air (IKA) (Vasanthavigar *et al.*, 2010; Tiwari *et al.*, 2015). IKA merupakan alat yang sederhana namun kuat untuk menentukan kualitas air dan memainkan peran yang signifikan dalam pengelolaan sumber daya air (Abbasnia *et al.*, 2018). Nilai IKA memberikan informasi status kualitas air dan kesesuaian air untuk penggunaan tertentu dan juga merupakan pilihan yang baik untuk menilai status keberlanjutan air tanah (Islam *et al.*, 2017). Dibandingkan dengan evaluasi kualitas air konvensional, metode ini mengubah beberapa parameter lingkungan menjadi satu angka yang menyatakan status kualitas air dan secara efektif memberikan informasi terintegrasi mengenai kualitas secara keseluruhan (Fang *et al.*, 2020). Dengan demikian data kualitas air menjadi mudah dipahami oleh

pengambil kebijakan maupun masyarakat dan dapat memberikan indikasi awal tentang kondisi kualitas air (Uddin *et al.*, 2021).

Beberapa penelitian mengintegrasikan IKA dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memantau status kualitas air tanah dan memvisualisasikan distribusinya (Shanmugam dan Velappan, 2015; Nath *et al.*, 2018; Mahapatra *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021). IKA dan SIG dapat digunakan untuk mensintesis berbagai data kualitas air yang tersedia ke dalam format yang mudah dipahami, menyediakan cara untuk meringkas kondisi kualitas air secara keseluruhan dengan cara yang dapat dikomunikasikan dengan jelas kepada pembuat kebijakan (Singh *et al.*, 2015). Teknik analisis geostatistik, seperti interpolasi *Inverse Distance Weighted* dan *Kriging*, telah banyak digunakan untuk memprediksi variabel lingkungan di lokasi yang tidak diambil sampelnya, berdasarkan data sampling yang tersedia untuk variabel yang sama (Hu *et al.*, 2021). Teknik ini membantu mengurangi ketidakpastian akibat data pengukuran lapangan yang jarang karena keterbatasan waktu dan biaya (Liu *et al.* 2004).

Beberapa penelitian juga menggunakan statistik multivariat sebagai analisis lanjutan penilaian kualitas air. Teknik statistik multivariat seperti *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Hierarchical Clustering Analysis* (HCA) dapat menjadi alat yang bermanfaat untuk mengidentifikasi jalur dan sumber pencemar potensial logam berat dan variabel fisik-kimia (Hou *et al.*, 2013; Boateng *et al.*, 2019; Amano *et al.*, 2020). PCA diterapkan pada matriks data yang telah ditransformasikan untuk lebih memahami parameter yang dianalisis serta mengurangi dimensi ruang variabel yang tinggi (Boateng *et al.*, 2019). HCA digunakan untuk mengidentifikasi kelompok sampel air dengan karakteristik yang serupa (Amano *et al.*, 2020). Pengelompokan parameter dalam kluster yang sama berarti kemungkinan parameter ini memiliki sumber yang sama (Khadija *et al.*, 2021).

Mengacu pada permasalahan yang ada dan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, penelitian ini akan mengevaluasi kualitas air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium menggunakan IKA, mengidentifikasi apakah kualitas air tanah terpengaruh oleh aktivitas pembuangan limbah slag aluminium atau sumber pencemar lain menggunakan analisis

multivariat, serta memetakan distribusi kualitas air tanah menggunakan pemodelan geospasial. Hasil evaluasi tersebut kemudian dijadikan panduan dalam memberikan rekomendasi pengelolaan air tanah di sekitar lokasi pembuangan limbah di Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium untuk parameter pH, DHL, TDS, logam berat Al, Zn, Pb, Cu?
2. Berdasarkan perhitungan nilai Indeks kualitas air WQI dan HPI, apakah air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium masih layak untuk dikonsumsi?
3. Faktor dan sumber pencemar apa yang berkontribusi terhadap kualitas air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium dan berdasarkan analisis multivariat (PCA dan HCA)?
4. Bagaimana distribusi geospasial kualitas air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium?
5. Berdasarkan integrasi hasil perhitungan indeks kualitas air, pemodelan geospasial dan analisis statistik, bagaimana pengelolaan air tanah di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium?

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang ada terdapat beberapa tujuan yang mendasari penelitian ini, yaitu:

1. Mengkaji kualitas air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium untuk parameter pH, DHL, TDS, logam berat Al, Zn, Pb, Cu.
2. Mengevaluasi kelayakan air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag untuk air minum berdasarkan perhitungan indeks kualitas air WQI dan HPI.
3. Mengidentifikasi faktor dan sumber pencemar yang berkontribusi terhadap kualitas air tanah penduduk di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium berdasarkan analisis multivariat (PCA dan HCA).

4. Menggambarkan distribusi geospasial kualitas air tanah dangkal di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium menggunakan analisis geospasial.
5. Memberikan rekomendasi pengelolaan air tanah penduduk di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium berdasarkan integrasi hasil perhitungan indeks kualitas air, analisis statistik, dan pemodelan geospasial.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang akan dibahas dari penelitian ini, yaitu:

1. Air tanah yang diteliti adalah air sumur gali penduduk di wilayah Kecamatan Sumobito yang merupakan representasi dari air tanah dangkal.
2. Baku mutu yang digunakan untuk menentukan kelayakan kualitas air tanah adalah berdasarkan standar kualitas air minum yaitu Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/1V/2010 dan nilai pedoman WHO 2011.
3. Parameter kualitas air yang diteliti meliputi parameter fisik-kimia. Parameter pH, TDS, dan DHL dilakukan pengukuran secara insitu. Parameter logam yaitu Al, Zn, Pb, Cu dilakukan pengujian di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

a. Bagi Pemerintah

Memberikan gambaran dampak pembuangan limbah B3 slag aluminium secara ilegal di Kecamatan Sumobito terhadap kondisi kualitas air tanah penduduk sekitar, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Kabupaten Jombang dalam pengambilan kebijakan terkait penanganan lahan terkontaminasi dan pengelolaan air tanah penduduk di sekitarnya.

b. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi kepada masyarakat di lokasi studi mengenai kualitas air tanah di wilayahnya apakah masih layak untuk dikonsumsi atau tidak. Studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran dan edukasi kepada masyarakat mengenai adanya potensi bahaya limbah slag aluminium terhadap lingkungan khususnya pada air tanah sehingga aktivitas pembuangan limbah slag

aluminium atau yang sejenis ke lingkungan dan pemanfaatannya sebagai material urugan tanpa proses pengolahan tidak boleh dilakukan.

c. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Memberikan sumbangan pemikiran baik berupa konsep pemikiran, metode, teori dalam khasanah bagi kemajuan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan dampak pembuangan limbah slag aluminium terhadap kualitas air tanah dan pemanfaatan metode indeks kualitas air dan analisis spasial secara terintegrasi untuk membantu mengevaluasi atau menilai kualitas air tanah.

1.6 Originalitas

Beberapa penelitian atau studi terdahulu yang terkait dengan rencana penelitian telah terangkum pada **Tabel 1**. Berdasarkan hasil inventarisasi terhadap penelitian terdahulu, dampak limbah slag aluminium terhadap lingkungan khususnya air tanah sudah pernah dilakukan dalam bentuk penelitian skala laboratorium, skala lapangan, dan *literatur review*. Namun, penelitian pada skala lapangan masih jarang dan sebagian besar penelitian terkait dampak limbah slag aluminium terhadap lingkungan hanya dikaji secara deskriptif tidak menggunakan pendekatan spasial. Pada lokasi studi yaitu Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang, kajian terhadap air tanah yang pernah dilakukan adalah terkait kerentanan air tanah dalam (akuifer terkekang dan semi terkekang) terhadap pencemaran, sementara untuk kajian terhadap kualitas air dangkal (akuifer bebas) yang telah dilakukan baru sebatas studi pendahuluan berdasarkan parameter pH, TDS, dan DHL. Penelitian terhadap kualitas air tanah penduduk untuk parameter logam berat belum pernah dilakukan terutama pada air tanah dangkal di lokasi studi.

Beberapa penelitian terdahulu juga telah menunjukkan efektifitas metode indeks kualitas air, analisis spasial, dan multivariat untuk menilai atau mengevaluasi kualitas air tanah berdasarkan peruntukannya dan tingkat kontaminasi air tanah. Dengan demikian orisinilitas studi pada tesis ini yaitu melakukan evaluasi kualitas air tanah dangkal akibat pembuangan limbah slag aluminium khususnya pada parameter logam berat menggunakan integrasi indeks kualitas air, analisis geospasial, dan analisis multivariat.

Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu

| No | Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|-----------------------------|--|--|
| 1. | Shinzato dan Hypolito, 2016 | <i>Effect of disposal of aluminum recycling waste in soil and water Bodies in Sao Paulo Brazil</i> | Pengujian kualitas badan air, tanah, dan air tanah di sekitar industri daur ulang aluminium di Sao Paolo Brazil menunjukkan bahwa pembuangan limbah daur ulang aluminium langsung ke lingkungan menyebabkan : (1) peningkatan konsentrasi ammonia pada badan air yang bersifat racun bagi organisme akuatik, (2) penurunan kualitas tanah, dan (3) mengakibatkan penurunan pH yang memicu kenaikan konsentrasi logam Al^{3+} , Ba^{+} , Ni^{+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , dan Zn^{2+} pada air tanah. |
| 2. | Attia et al., 2018 | <i>Environmental Impacts of Aluminum Dross After Metal Extraction</i> | Penelitian dengan skala laboratorium menggunakan <i>X-Ray Fluoresce</i> (XRF), <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) dan <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) menunjukkan bahwa pelarutan limbah dross dan slag aluminium dalam air suling, mengakibatkan banyak elemen dan senyawa yang bereaksi dengan air termasuk logam berat berbahaya ditemukan pada konsentrasi yang berlebih, sehingga pembuangannya ke lingkungan dapat merusak lingkungan dan mengancam kesehatan manusia |
| 3. | Samara et al., 2020 | <i>Is acid treatment of secondary aluminum waste products prior to storage and disposal a viable option?</i> | Penelitian pada skala laborotium membuktikan bahwa dross aluminium dan slag aluminium memiliki implikasi berbahaya tidak hanya pada lokasi pembuangan limbah tetapi juga di lingkungan sekitarnya karena pembentukan lindi disertai dengan pembentukan gas dan pelepasan logam berat, termasuk Al dalam konsentrasi tinggi. Metode pengolahan menggunakan asam mampu mengurangi implikasi negatif dari proses pembuangan limbah. |

Tabel 1 Lanjutan

| No | Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|----------------------|---|--|
| 4. | Siswoyo, 2018 | Identifikasi Tingkat Kerentanan Akuifer Terhadap Pencemaran Di Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang dengan Menggunakan Metode GOD | Tingkat kerentanan akuifer terkekang dan akuifer semi terkekang terhadap pencemaran di wilayah Kecamatan Sumobito dianalisis menggunakan metode GOD berdasarkan jenis akuifer, litologi lapisan pembatas akuifer, dan kedalaman akuifer. Hasil analisis menunjukkan bahwa di wilayah tersebut tingkat kerentanan akuifer terkekang terhadap bahaya pencemaran dapat diabaikan dan tingkat kerentanan akuifer semi terkekang terhadap bahaya pencemaran adalah rendah. |
| 5. | Zakir et al., 2020 | <i>Assessment of health risk of heavy metals and water quality indices for irrigation and drinking suitability of waters: a case study of Jamalpur Sadar area, Bangladesh</i> | Evaluasi terhadap kualitas air tanah dan air permukaan di Jamalpur Sadar Bangladesh menggunakan <i>water quality index (WQI)</i> , <i>heavy metal pollution index (HPI)</i> , <i>heavy metal evaluation index (HMEI)</i> , menunjukkan trend yang sama terhadap kualitas air. Hasil perhitungan indeks kualitas air menunjukkan 95% dari air tanah tidak layak untuk air minum. Pendekatan indeks cukup efektif untuk mengevaluasi kesesuaian peruntukan kualitas air. |
| 8. | Boateng et al., 2019 | <i>Heavy metal contamination assessment of groundwater quality: a case study of Oti landfill site, Kumasi</i> | Penelitian pada 7 sumur bor dan sumur gali di sekitar area pembuangan sampah di Kumasi Ghana menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata Pb, Fe, Cd, dan Cr di atas baku mutu WHO. Analisis multivariat memperkirakan bahwa faktor litogenik, perkolasi lindi, dan antropogenik merupakan kemungkinan sumber pencemaran. Teknik statistik multivariat bisa menjadi alat yang bermanfaat untuk evaluasi kemungkinan sumber kontaminasi logam berat. |

Tabel 1 Lanjutan

| No | Peneliti | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|-------------------------------|---|--|
| 7. | Silva <i>et al.</i> , 2021 | <i>Assessment of groundwater quality in a Brazilian semiarid basin using an integration of GIS, water quality index and multivariate statistical techniques</i> | Evaluasi terhadap 22 sumur di Araripe Brazil menggunakan WQI menunjukkan 82,8% dalam kondisi baik. Beberapa parameter melebihi baku mutu, terutama di daerah yang dipengaruhi oleh sumber antropogenik dengan jaringan pembuangan limbah yang tidak memadai. Integrasi GIS dan WQI memungkinkan untuk memprioritaskan area yang memerlukan tindakan mitigasi dan pemantauan. |
| 8. | Arslan dan Turan (2015) | <i>Estimation of spatial distribution of heavy metals in groundwater using interpolation methods and multivariate statistical techniques; its suitability for drinking and irrigation purposes in the Middle Black Sea Region of Turkey</i> | Distribusi spasial logam berat pada air tanah diidentifikasi menggunakan tiga metode interpolasi yang berbeda yaitu inverse distance weight (IDW), radial basis function (RBF), dan kriging biasa (OK)]. Root mean squared error (RMSE) dan mean absolute error (MAE) untuk validasi silang digunakan untuk memilih metode interpolasi terbaik untuk setiap parameter logam. Metode interpolasi terbaik untuk menggambarkan peta distribusi ruang logam berat di Turki utara ditemukan berbeda-beda, IDW-1 untuk Mn, Al, dan B; IDW-2 untuk Pb; IDW-3 untuk Cd, OK untuk Fe; dan RBF untuk As. Analisis klaster mengklasifikasikan airtanah di wilayah studi menjadi tiga kelompok (tercemar, tercemar tinggi, dan sangat tercemar tinggi) dan analisis faktor/analisis komponen utama mengidentifikasi lima faktor utama menjelaskan 73,59 % dari total variasi 17 variabel logam yang diuji. |