

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah yang berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti industri dan pembakaran kendaraan bermotor, mengandung logam berat yang berbahaya, salah satunya adalah timbal (Pb). Timbal memiliki toksisitas tinggi yang dapat mencemari air, tanah, dan udara, serta menyebabkan dampak serius bagi kesehatan manusia, termasuk anemia, kerusakan hati, dan gangguan fungsi ginjal. Tingginya tingkat pencemaran logam timbal, khususnya pada perairan menjadi masalah utama yang membutuhkan solusi segera. Sementara regulasi terkait, dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, menetapkan ambang batas kadar timbal dalam air minum dan limbah industri masing-masing sebesar 0,05 mg/L dan 0,1 mg/L.^{1,2}

Pentingnya penelitian ini terletak pada kebutuhan akan metode analisis timbal yang lebih sederhana, terjangkau, dan mudah diakses. Metode konvensional seperti spektrofotometri serapan atom (SSA)³ dan spektrofotometri UV-Vis memang memiliki sensitivitas tinggi, namun membutuhkan biaya besar, instrumen canggih, serta prosedur yang panjang dan rumit. Dalam konteks negara berkembang, keterbatasan akses terhadap instrumen ini menjadi hambatan besar dalam pemantauan pencemaran lingkungan secara efektif.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan *Microfluidic Paper-Based Analytical Devices* (μ PADs) sebagai alternatif inovatif untuk analisis kimia. μ PADs menawarkan keunggulan seperti portabilitas, biaya rendah, dan kemudahan penggunaan⁵. Penelitian Mentele (2012) menunjukkan bahwa μ PADs dapat digunakan untuk analisis logam Fe, Ni, dan Cu⁴. Sedangkan, Shimada dan Kaneta (2018) memanfaatkan metode distance-based untuk mendeteksi ion Pb²⁺ secara visual⁵. Namun, kebanyakan penelitian masih terbatas pada desain 2D- μ PAD yang memiliki kekurangan, seperti aliran cairan yang hanya satu arah dan kesulitan pada pengujian kompleks. Desain 3D-Connector pada μ PAD menawarkan keterbaharuan sebagai solusi untuk memungkinkan aliran cairan di tiga dimensi, sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas analisis⁵.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan 3D- μ PADs dengan metode *distance-based* yang memanfaatkan reagen natrium rhodizonat (NaR) untuk mendeteksi timbal (ion Pb²⁺) secara visual menggunakan *software* ImageJ. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan metode analisis yang sensitif, selektif, dan terjangkau, serta memberikan kontribusi signifikan dalam pemantauan lingkungan, khususnya dalam deteksi dan pengelolaan pencemaran logam berat di perairan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, terdapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini. Pertama, meskipun metode spektrofotometri telah digunakan secara luas untuk analisis kadar ion Pb, metode ini memerlukan instrumen canggih yang tidak selalu tersedia di negara berkembang sehingga dibutuhkan alternatif yang lebih sederhana, terjangkau, dan portabel. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa μ PAD telah banyak digunakan untuk analisis berbagai logam berat, namun masih terdapat keterbatasan, seperti kebocoran reagen, aliran satu arah pada 2D- μ PADs, dan kesulitan dalam mengaplikasikan pengujian kompleks. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengembangkan 3D- μ PADs dengan metode *distance-based* untuk mendeteksi kadar ion Pb^{2+} , serta memanfaatkan *software* ImageJ untuk analisis visual hasil pengukuran.

Selain itu, penelitian sebelumnya belum mengkaji secara menyeluruh faktor-faktor kondisi optimum, seperti volume reagen, volume sampel, konsentrasi reagen, dan waktu reaksi, yang dapat memengaruhi sensitivitas dan akurasi metode. Oleh karena itu, penelitian ini juga akan mengidentifikasi kondisi optimum untuk mendeteksi ion Pb^{2+} menggunakan 3D- μ PADs. Terakhir, penting untuk memastikan validitas metode baru ini melalui evaluasi linearitas, presisi, dan akurasi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap keterbatasan yang ada pada metode analisis sebelumnya dan meningkatkan efektivitas serta efisiensi deteksi logam ion Pb^{2+} .

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Melakukan analisis kadar ion Pb^{2+} menggunakan 3D- μ PADs dengan bantuan perangkat lunak ImageJ
2. Menentukan kondisi optimum (volume reagen, volume sampel, konsentrasi reagen, dan waktu reaksi) yang tepat dengan metode 3D- μ PADs untuk mendeteksi kadar ion Pb^{2+} .
3. Menganalisis validitas metode yang digunakan dalam penentuan kadar ion Pb^{2+} .

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk menyediakan metode deteksi logam ion Pb^{2+} yang sederhana, hemat biaya, dan mudah diakses menggunakan 3D- μ PADs serta memanfaatkan *software* ImageJ untuk analisis visual. Selain itu, penelitian ini mengoptimalkan kondisi deteksi untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas metode. Dalam jangka panjang, penelitian ini mendukung pemantauan lingkungan, pengembangan teknologi 3D- μ PADs untuk analisis beragam parameter, meningkatkan aksesibilitas analisis di negara berkembang, serta membuka peluang pengembangan produk komersial yang praktis dan berkelanjutan.