

MAKALAH KOLOKSIUM

Pembuatan Sensor Logam Berat (Pb, Cu, Cd) dengan Reagen Ditizon untuk Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) pada Perairan Bengawan Solo



Disusun oleh :

Terry Esi Putri Wijaya (20472011008)

Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknik

2023

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	ii
RINGKASAN	iii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Riset	4
BAB II	5
PEMBAHASAN	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Sungai Bengawan Solo	5
2.1.2 Pencemaran Lingkungan Perairan	5
2.1.3 Limbah Sampah	6
2.1.4 Logam Berat	7
2.1.5 Ikan Wader	7
2.1.6 Kualitas Air	8
2.1.7 Instrumen yang Biasa digunakan	8
2.1.8 Reagen Ditizon	9
2.1.9 Interaksi Pb dan Ditizon	9
2.1.10 Interaksi Cu dan Ditizon	10
2.1.11 Interaksi Cd dan Ditizon	11
2.1.12 Sensor Sol Gel	12
2.1.13 Verifikasi Metode	13
2.2 Hipotesa	14
2.3 Rancangan Aktivitas	16
BAB III	17
KESIMPULAN	17
DAFTAR PUSTAKA	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Peta Aliran Sungai Bengawan Solo dan Wilayah Administrasi Kabupaten Kota yang dilaluinya

Gambar 2.1.2 Limbah Sampah di Bantran Sungai

Gambar 2.1.3 Struktur Molekul Ditizon

Gambar 2.1.4 Reaksi Logam Pb dengan Ditizon

Gambar 2.1.5 Reaksi Logam Cu dengan Ditizon

Gambar 2.1.6 Reaksi Logam Cd dengan Ditizon

Gambar 2.1.7 Struktur Tetraetil ortosilikat (TEOS)

Gambar 2.1.8 Skematik Proses Sol Gel

RINGKASAN

Sensor yang dikembangkan untuk pendeteksian logam berat (Pb, Cu, Cd) yang menyebar di lingkungan perairan Bengawan Solo dan mengontaminasi tubuh biota sungai yaitu ikan tewaring atau ikan wader, melalui penggunaan metode sol-gel dengan reagen ditizon. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kondisi optimum penyensoran, selektivitas, presisi dan akurasi. Selain itu pemilihan metode sol-gel juga diperuntukkan agar ada perubahan dari alat atau instrument yang sudah sering digunakan, serta memberikan kemudahan dalam hal pengaplikasiannya.

Variasi yang dilakukan untuk menemukan kondisi optimum yaitu dengan menguji pada variasi pH dan konsentrasi dari ditizon sebagai reagen. Selektivitas diuji dengan mengukur sampel dari ikan wader dan dari logam lain serta dilihat dari munculnya warna yang timbul dari penelitian tersebut. Pada Visualisasi hasil sensor warna yang didasarkan pada perubahan warna yang terjadi menggunakan mata atau spektrofotometer UV – Vis. Hasil kualifikasi dari uji yang dilakukan yaitu pada Pb-Ditizon bahwa hasil optimum dari variasi ditizon dengan Pb(II) yaitu pada konsentrasi 60 dengan panjang gelombang 500 nm dan warna yang timbul yaitu merah tua, Cu-Ditizon ditandai dengan terbentuk warna biru keunguan, kemudian untuk Cd-Ditizon menunjukkan bahwa panjang gelombang yang diukur yaitu 519 nm dengan warna yang dihasilkan yaitu merah muda.

Kata kunci : *Logam berat; pH; UV-Vis; Ditizon; Ikan wader; Bengawan solo.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Pulau Jawa terdapat perairan atau sungai yang sangat panjang, biasa dikenal dengan nama Bengawan Solo. Bengawan Solo mengalir sepanjang 600 km melintasi dua propinsi yaitu provinis Jawa Tengah dan Jawa Timur. Sungai Bengawan Solo di bagi menjadi tiga bagian yaitu pada daerah hulu, tengah dan hilir. Aktivitas disetiap bagian Sungai Bengawan Solo juga berbeda-beda. Pada bagian hulu berfokus pada pertanian, untuk bagian tengah merupakan daerah yang padat penduduk, sedangkan pada daerah hilir banyak ditemukan usaha tambak ikan. Melihat pembagian dari sungai tersebut, dapat diketahui bahwa mobilitas penduduk terbanyak berada pada bagian tengah. Salah satu daerah yang terletak di bagian tengah sungai Bengawan Solo yaitu Bojonegoro (Aida, dkk, 2022).

Bojonegoro saat ini mengalami perkembangan dalam jumlah penduduk, tentunya aktivitas penduduk akan meningkat untuk memenuhi kebutuhan hidupnya masing-masing. dengan cara melalui pertanian, kegiatan rumah tangga, industri dan lain-lain (Setyaningrum, 2020). Peran Bengawan Solo bagi masyarakat di Bojonegoro masih sangat dibutuhkan, tidak sedikit di antara mereka yang masih mandi bahkan mencuci pakaiannya di pinggir bantaran sungai. Selain itu, sungai Bengawan Solo ini juga menjadi sumber mata pencaharian masyarakat Bojonegoro sebagai nelayan. Karena Sungai ini memiliki banyak sekali populasi jenis ikan. Terdapat kurang lebih 38 jenis ikan air tawar, contohnya seperti Nila, Jambal, Garangan, Sapu-sapu, dan lainnya. Namun, salah satu ikan yang sering didapatkan oleh masyarakat Bojonegoro yaitu Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) (Aida, dkk, 2022).

Ikan tewaring atau yang biasa dikenal dengan Ikan Wader (*Barbodes binotatus*) ini merupakan ikan air tawar, dapat ditemukan di sungai berarus deras, danau, sungai kecil di pegunungan hingga mencapai ketinggian 2000 Meter dari permukaan laut. Karena penyebarannya yang umum, *Barbodes binotatus* digunakan sebagai indikator lingkungan untuk menilai kualitas habitat atau kesehatan lingkungan perairan (Pratama, dkk, 2018). Namun besar kemungkinan *Barbodes binotatus* saat ini sudah banyak yang terkontaminasi dengan logam berat. Karena menurut Yusron dan Asroul Jaza' (2021) untuk wilayah DAS Bengawan Solo mulai mendekati krisis air dengan nilai rerata 49,3%-69,8% hal tersebut dikarenakan ditemukan keberadaan polutan logam berat Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Timah (Pb). Yusron dan Asroul Jaza' juga mengatakan bahwa ketiga jenis

logam berat tersebut konsentrasi pada sungai Bengawan Solo meningkat 3 kali dari baku mutu 0,01 mg/dL (hasil uji: 0,032) dan 0,02 mg/dL (hasil uji: 0,072).

Logam-logam berat tersebut bersifat racun dan sulit untuk terdegradasi sehingga berbahaya dan merugikan bagi makhluk hidup (Abubakar & Adeshina 2019). Dalam konsentrasi yang kecil saja logam berat dapat menghasilkan daya racun yang tinggi (Agustina, dkk, 2018). Logam berat yang tersebar di ekosistem, memasuki organisme melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi pada rantai makanan. Logam berat memasuki tubuh ikan melalui tiga jalur yaitu insang, saluran pencernaan dan permukaan tubuh. Logam berat yang terserap ke dalam tubuh ikan diangkut melalui aliran darah dan kemudian terakumulasi ke dalam organ dan jaringannya (Putri, dkk, 2022). Biota air yang hidup dalam perairan yang tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut pada jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan yang terakumulasi dalam tubuh biota tersebut

Terkontaminasinya ikan terhadap logam berat ini disebabkan oleh banyaknya jumlah penduduk dan ketidakpedulian masyarakat terhadap kelestarian sungai Bengawan Solo. Contohnya saja banyak masyarakat yang suka membuang sampah sembarangan langsung ke bantaran sungai. Proses penimbunan sampah di bantaran sungai nantinya akan menghasilkan pencemar berupa air lindi (*leachate*) sebagai hasil infiltrasi air hujan yang masuk ke dalam timbunan sampah. Air lindi merupakan suatu jenis bahan pencemar yang memiliki potensi tinggi untuk mencemari lingkungan perairan, karena mengandung bahan berbahaya yang sangat toksik. Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik (logam berat) (Siswoyo, 2018). Selain dari air lindi hasil pembuangan sampah, ada juga akibat dari pembuangan limbah industri dan juga limbah dari penggunaan pestisida berlebih pada pertanian.

Hal ini tentu menjadi masalah yang serius karena masyarakat Bojonegoro banyak yang gemar mengonsumsi ikan hasil tangkapan di sekitar sungai Bengawan Solo. Jika daging ikan yang terkontaminasi logam-logam berat tersebut terus menerus dikonsumsi dan melebihi ambang batas dalam tubuh manusia, maka orang yang mengonsumsi ikan tersebut dapat mengalami keracunan kronis, kerusakan otak, kejang-kejang, kardiovaskular, anemia dan juga berpotensi mengakibatkan kematian (Naat, 2022).

Oleh karena itu, analisis atau deteksi keberadaan logam berat di dalam suatu sampel lingkungan sangatlah penting, untuk meminimalkan pencemaran yang akan diakibatkan oleh keberadaan logam berat tersebut. Selama ini, analisis logam berat dilakukan menggunakan instrument yang harganya sangat mahal dan pengoperasiannya memerlukan skill operator yang mahir, contohnya seperti penggunaan Atomic Absorption Spectrometry (AAS) dan Inductively Couple Plasma (ICP-MS). Sehingga tidak praktis untuk digunakan. Oleh karena inilah,

diperlukannya suatu alternatif metode atau sensor logam berat yang sederhana, ekonomis dan juga mudah dalam pengoperasiannya (Rahmidar, dkk, 2020).

Maka saat ini lebih disarankan untuk beralih pada metode analisis dengan sensor. Analisis dengan sensor ini juga haruslah sesuai dengan 12 prinsip *Green Chemistry* karena nantinya dapat memangkas dari penggunaan bahan kimia, energi, serta waktu operasionalnya (deMarco, et.all, 2019). Sensor kimia terbagi menjadi beberapa penggunaan jenis prinsip yaitu dengan prinsip elektrokimia dan prinsip kolorimetri. Kolorimetri didasarkan pada perubahan intensitas warna yang terjadi pada sampel saat reagen dikontakkan dengan analit target. Umumnya terjadi pada medium cair, namun kondisi ini bisa dimodifikasi menjadi sensor dengan melakukan imobilisasi. Imobilisasi merupakan tahapan vital dalam pembuatan sebuah sensor. Dengan teknik yang benar dalam imobilisasi akan memberikan kualitas yang baik pada sensor (Thohir, 2021).

Imobilisasi juga menentukan bekerja atau tidaknya sebuah reagen yang digunakan dalam sebuah sensor. Untuk jenis-jenisnya sendiri terbagi menjadi beberapa yaitu dengan Polimerisasi, Silika Gel, Beads, dan Kertas Selulosa (Thohir, 2021). Dalam penelitian ini akan dibuat sebuah sensor menggunakan metode imobilisasi dengan Teknik sol-gel. Teknik imobilisasi dengan silika gel juga terdiri dari banyak jenis, semisal dengan media kertas saring atau dengan kaca. Sementara itu, performa yang dihasilkan dengan melakukan imobilisasi reagen pada silika gel dengan teknik sol-gel tergolong sangat bagus dibandingkan dengan yang lainnya (Shahamirifard, dkk, 2018).

Pada penelitian ini akan dilakukannya pembuatan pendeteksi berupa sensor kimia yang sederhana, ramah lingkungan serta dengan cara mengibolisasi Reagen Dittizon. Sensor kimia ini nantinya akan mendeteksi keberadaan logam berat Cu (Tembaga), Pb (Timbal) dan Cd (Cadmium) pada ikan wader yang terdapat di sungai Bengawan Solo. Melalui penambahan ini, sampel yang telah dipreparasi akan memberikan hasil berupa perubahan warna larutan atau reaksi yang menghasilkan endapan dengan warna tertentu. Untuk hasil uji positif dengan reagen ditizon pada logam Cu ditandai dengan terbentuk warna biru keunguan, untuk logam Pb ditandai dengan terbentuknya warna merah tua, dan sedangkan pada logam Cd ditandai dengan terbentuk warna merah muda (Arifiyana, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah variasi dalam pembuatan sensor menggunakan reagen ditizon dengan metode solgel dapat berfungsi dengan maksimal untuk menggantikan instrument-instrumen yang sering di gunakan?
2. Bagaimanakah kondisi terbaik untuk hasil pendeteksian logam berat pada daging ikan wader?

1.3 Tujuan Riset

1. Mengetahui variasi dalam pembuatan sensor menggunakan reagen ditizon dengan metode solgel dapat berfungsi dengan maksimal untuk menggantikan instrument-instrumen yang sering di gunakan
2. Mengetahui kondisi terbaik untuk hasil pendeteksian logam berat pada daging ikan wader

mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas ketiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan lain-lain. Lalu yang terakhir, Kelas keempat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan lain-lain (Pratiwi, 2020).

Pencemar air dikelompokkan ke dalam tiga kategori; bahan buangan organik, bahan buangan anorganik, dan bahan buangan zat kimia. Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga hal ini dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme, dan mikroba patogen pun ikut juga berkembangbiak yang mana hal ini dapat mengakibatkan munculnya berbagai macam penyakit. Pencemar yang terakhir adalah bahan buangan zat kimia. Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya seperti bahan pencemar air yang berupa sabun dan deterjen, pestisida, zat warna kimia, larutan pembersih kulit dan zat radioaktif. Zat kimia ini di lingkungan air merupakan racun yang mengganggu dan dapat mematikan hewan air, tanaman air dan mungkin juga manusia. Kandungan bakteri dalam air sebenarnya tidak berbahaya jika tidak melampaui ambang batas (Gufran, 2019).

2.1.3 Limbah Sampah



Gambar 2.1.2 Limbah Sampah di Bantaran Sungai

Jumlah sampah padat yang diproduksi secara nasional mencapai 151.921 ton per hari. Hal itu berarti, setiap penduduk Indonesia rata-rata membuang sampah padat sebesar 0,85 kg setiap hari (Windasari, dkk, 2020). Kandungan dalam limbah sampah sangat bervariasi, mulai dari kadar fisika, kimiawi, dan juga bakterial (Ramadhan, 2020). Dari sampah-sampah tersebut juga terdapat logam berat. Sampah memiliki senyawa logam terdekomposisi dan larut bersamaan dengan terbentuknya limbah cair yang disebut air lindi. Air lindi terkadang memiliki senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, tanah dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, magnesium, fosfat, sulfat dan logam berat). Logam-logam ini dapat terkumpul pada tubuh organisme dengan rentan waktu lama berstatus racun terakumulasi. Volume sampah dan jenis sampah melebur menghasilkan air lindi

terhadap sumber pencemar berbeda. Karena banyaknya masyarakat yang masih sering membuang sampah langsung ke bantaran sungai (Karamina, dkk, 2021).

2.1.4 Logam Berat

Logam berat yang terdapat di perairan berasal dari sumber alami berupa pelapukan bebatuan dan bisa juga dari aktivitas vulkanik. Selain itu, logam berat masuk ke perairan melalui sumber antropogenik yang terkait dengan aktivitas manusia. Sumber antropogenik yang masuk ke lingkungan akuatik terakumulasi di sedimen melalui proses adsorpsi, presipitasi, co- presipitasi, dan efek biologi sehingga konsentrasi logam berat di sedimen jauh lebih besar dibandingkan di badan air. Ketika terjadi perubahan lingkungan secara fisikokimia, logam berat yang terakumulasi di sedimen akan terlarut ke badan air dan masuk ke rantai makanan sehingga menimbulkan kerugian lingkungan dan menyebabkan peningkatan keterpaparan biota terhadap logam berat (Harmesa, dkk, 2020).

Sebagian besar logam yang mengalir ke sungai akan tersimpan dalam sedimen dan tetap tersedia bagi biota air untuk waktu yang lama. Selain itu, sedimen merupakan habitat bagi banyak biota air dan menjadi tempat tersimpannya zat berbahaya. Konsentrasi logam berat di sedimen biasanya lebih tinggi 3-5 kali dibandingkan di kolom air. Konsentrasi logam berat di sedimen umumnya berkaitan dengan keberadaan karbon organik walaupun bukan merupakan faktor utama yang berperan dalam menentukan konsentrasi logam berat dalam sedimen.

Logam berat yang ditemukan di Bumi meliputi 80 logam yang terdiri dari 109 unsur kimia. Logam berat ini terbagi menjadi dua jenis yakni logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan logam yang dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah tertentu. Namun bila dikonsumsi secara berlebihan dapat menyebabkan efek toksik seperti: radang tenggorokan, nyeri kepala, dermatitis, alergi, anemia, gagal ginjal, pneumonia, hingga pada terjadinya kanker (Malik, dkk, 2023). Logam berat nonesensial adalah logam yang belum diketahui keberadaannya di dalam tubuh dan bersifat toksik bagi tubuh, diantaranya: Hg, Cd, As, Cr, Al, Pt, Sb, Te, Pb, Pd, Tl, Au, U (Ishak, dkk, 2023).

2.1.5 Ikan Wader

Ikan wader (*Barbodes binotatus*) merupakan ikan air tawar yang termasuk ke dalam subfamili Barbinae dari famili Cyprinidae. *Barbodes binotatus* digunakan sebagai indikator lingkungan untuk menilai kualitas habitat atau kesehatan lingkungan perairan (Pratama, dkk, 2018) meskipun kondisi perairan yang buruk hal ini dikarenakan kemampuan adaptasi yang sangat baik dari ikan tersebut. Jenis ikan yang paling banyak mendominasi di kawasan aliran sungai Bengawan Solo adalah ikan yang berasal dari familia Cyprinidae. diantaranya; *Barbodes* spp., *B. gonoinotus*, *B. collingwoodi*, *B. balleroides*, *Hampala macrolepidota* dan *R. caudimaculata* (Faradiana, dkk, 2018). Ikan ini memiliki kandungan nutrisi yang sangat baik untuk pemenuhan kebutuhan gizi harian. Umumnya kandungan gizi

yang terdapat pada ikan berupa protein, lipid, vitamin, dan mineral. Kandungan protein sebagai salah satu komponen nutrisi yang paling tinggi pada ikan berkisar 17-22% dan ikan wader ini menjadi salah satu jenis ikan yang banyak dikonsumsi dengan kandungan protein sebesar 19.88% (Witono, dkk, 2020).

Berdasarkan hasil dari penelitian Azizah dan Maslahat (2021) mengatakan bahwa kandungan logam berat Pb pada tubuh ikan wader jumlahnya berkisar 0,4-0,7 mg/kg, sedangkan untuk kandungan logam kadmium pada tubuh wader berjumlah sebesar <0,4 mg/kg dari semua titik sampel yang mereka ambil.

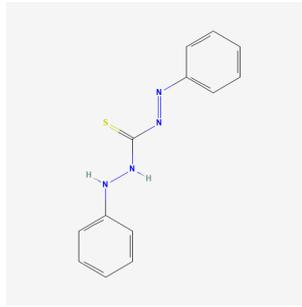
2.1.6 Kualitas Air

Komposisi dan distribusi ikan sangat dipengaruhi oleh perubahan fisika, kimia, dan biologi (Wahyuni & Zakaria, 2018). Pengukuran faktor lingkungan bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan kondisi perairan terhadap komunitas sumber daya perairan. Hasil pengukuran faktor fisika dan kimia air sungai dibandingkan dengan standar baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI untuk kegiatan budi daya ikan (kelas II). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI, nilai pH yang didapat selama penelitian berada pada kondisi optimum, yaitu 6–9. Keasaman air (pH) juga menentukan tingkat kesuburan perairan karena memengaruhi kehidupan jasad renik. Perubahan pH menjadi hal yang peka bagi sebagian besar biota akuatik. Organisme akuatik lebih menyukai pH mendekati pH netral. Derajat keasaman memegang kontrol terhadap kelarutan dan konsentrasi logam dalam perairan. Pada kondisi pH yang rendah, logam berat cenderung terlarutkan (Azizah, 2021).

2.1.7 Instrumen yang Biasa digunakan

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya unsur-unsur yang terdapat di sungai yaitu metode fisika dan kimia (Yanti, 2021). Selama ini, untuk penganalisisan logam berat dilakukan menggunakan instrument yang harganya sangat mahal dan pengoperasiannya memerlukan keterampilan operator yang mahir, contohnya seperti penggunaan Atomic Absorption Spectrometry (AAS) dan Inductively Couple Plasma (ICP-MS). Sehingga tidak praktis untuk negara Indonesia yang masih sedang berkembang (Rahmidar, dkk, 2020). Terdapat beberapa metode yang relatif lebih murah contohnya saja seperti voltametri dan potensiometri. Kedua metode tersebut dapat digunakan untuk deteksi logam dan kuantifikasi, namun prosesnya membutuhkan waktu yang lebih panjang ketika dilakukan pengujian sampel dalam jumlah yang banyak dan umumnya tidak bisa diterapkan secara langsung di lokasi (Susanto, dkk, 2020). Oleh karena inilah, diperlukannya suatu alternatif metode atau sensor logam berat yang sederhana, ekonomis dan juga mudah dalam pengoperasiannya.

2.1.8 Reagen Ditizon



Gambar 2.1.3 Struktur Molekul Ditizon (Penulis)

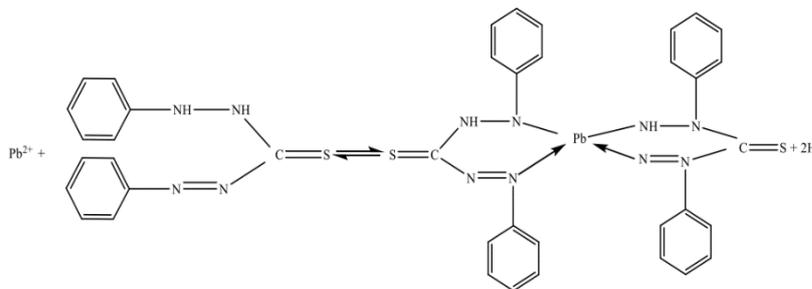
Pereaksi yang sering digunakan dalam penentuan analisis logam berat yaitu ditizon. Ditizon atau diphenylthiocarbazone merupakan pewarna pembentuk kompleks yang dalam jumlah konsentrasi kecil dapat menghasilkan warna yang khas. Selain itu, Ditizon adalah ligan organik yang mengandung atom S dan N pada gugus S-H dan juga gugus N-H yang dapat berperan sebagai pendonor pasangan elektron sehingga dapat membentuk khelat dengan adsorben. Ditizon juga termasuk pada golongan ligan polidentat yang dapat menyumbangkan lebih dari dua atom donor saat pembentukan ikatan dengan suatu logam (Maulana, dkk, 2019). Ditizon larut dalam suasana basa, kloroform, karbon tetraklorida, dan pelarut organik yang akan memberikan warna hijau. Logam-logam yang dapat bereaksi dengan ditizon yaitu Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Tl, Sn, Pb, Bi, Mn, Co, Ni, Pd, dan Pt. masing-masing logam dalam analisis menggunakan ditizon akan memberikan warna yang khas (Palupi, dkk, 2020). Ada beberapa logam berat yang akan diujikan yaitu : Pb, Cu, dan Cd.

2.1.9 Interaksi Pb dan Ditizon

Timbal merupakan logam berat yang memiliki toksisitas (daya racun) tinggi. sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu bersifat toksisitas tinggi yang terdiri atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn. Logam Pb bisa menyebabkan kerusakan sistem saraf pusat dan saraf tepi seperti tremor, sakit kepala, leher terasa kaku, demam, menurunnya kecerdasan, kejang, akumulasi cairan cerebrospinal dalam otak, dan kebutaan karena atrofi syaraf penglihatan (Putri, dkk, 2019).

Penambahan ditizon pada Logam Pb ini bertujuan sebagai agen pengompleks yang dapat membentuk kompleks yang stabil, karena ditizon memiliki atom S dan N pada gugus fungsi -SH dan -NH yang berfungsi sebagai donor pasangan elektron. Selain itu ditizon bersifat sangat selektif untuk logam Pb. Hasil reaksi antara reagen ditizon dengan logam Pb adalah lapisan merah tua.

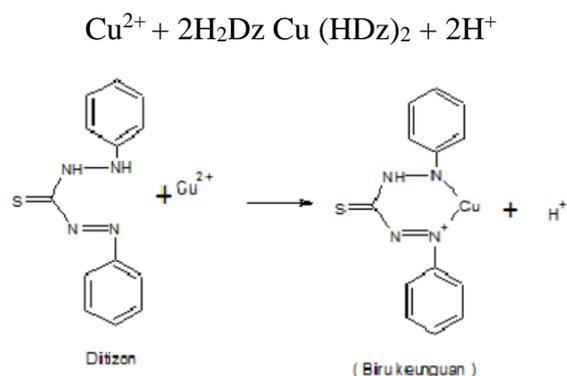
Menurut penelitian dari Palupi,dkk (2020) terhadap Pb (II) menyatakan bahwa hasil optimum dari variasi ditizon dengan Pb(II) yang telah mereka lakukan pada kosentrasi 10-160 ppm, yaitu sebesar 60 ppm. Warna yang dihasilkan dari konsentrasi 10 ppm hingga 60 ppm yaitu merah muda hingga merah. Sedangkan, pada kosentrasi 70 ppm hingga 150 ppm yaitu warna ungu hingga ungu tua. Berdasarkan dari perbedaan warna yang dihasilkan bahwa konsentrasi optimum pereaksi yang dipilih adalah 60 ppm. Hal ini kemungkinan, pada panjang gelombang 500 nm menyerap baik warna komplementer ungu sehingga semakin ungu warna yang dihasilkan maka semakin tinggi absorbansinya. Selain itu, Palupi,dkk (2020) juga melakukan penentuan pH optimum pada Pb-ditizonat dapat terbentuk secara maksimal. Penentuan tersebut dilakukan dengan cara mereaksikan larutan Pb(II) 10 ppm dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6 dengan larutan ditizon 60 ppm. Hasil pengamatan warna dan absorbansi yang di dapatkan bahwa pH optimum terbentuknya kompleks Pb(II)-ditizonat yaitu pH 4.



Gambar 2.1.4 Reaksi Logam Pb dengan Ditizon (Naat, 2022)

2.1.10 Interaksi Cu dan Ditizon

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat esensial dimana dibutuhkan dalam tubuh dengan jumlah yang sangat kecil. Proses metabolisme akan terganggu jika penyerapan logam melebihi batas aman sehingga dapat meracuni dan membahayakan tubuh. Menurut ketetapan WHO, ambang batas tembaga dalam darah adalah 0.8 – 1.2 mg/kg (Anggraini, 2021). Seperti yang diketahui bahwa Cu merupakan logam berat, oleh karena itu, logam ini unsur yang stabil dan tidak mudah rusak, sehingga Cu yang masuk ke tanah akan cenderung terakumulasi dan kandungannya akan meningkat secara terus menerus. pH optimum pada logam Cu dengan penggunaan reagen ditizon di ketahui pada pH 6, kemudian untuk konsentrasi optimum logam Cu terimobilisasi ditizon berturut-turut yaitu pada konsentrasi 50 ppm (Khairuddin, dkk, 2021). Hasil Panjang gelombang dari Cu berdasarkan pengukuran dengan spektrofotometri UV-Vis yaitu berada pada 347 nm (Zengin, dkk, 2020). Berikut merupakan reaksi antara logam Cu dengan reagen ditizon



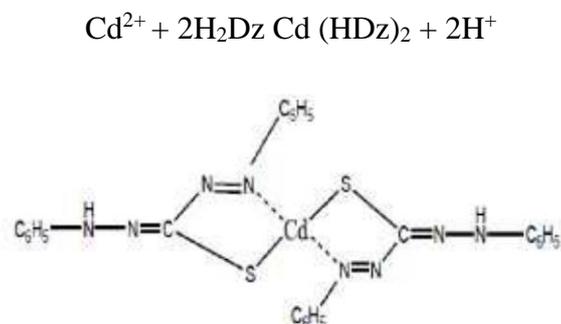
Gambar 2.1.5 Reaksi Logam Cu dengan Ditzon

Hasil dari reaksi di atas yaitu di tandai dengan munculnya atau terbentuknya warna biru keunguan (Anggraini, 2021).

2.1.11 Interaksi Cd dan Ditzon

Kadmium adalah komponen produk olahan minyak bumi sebagai pengotor. terdiri dari persaingan tempat penyerapan antara Cd dan mineral hara lainnya yang memiliki karakteristik kimiawi yang mirip. Kadmium dalam mineral menggantikan Ca karena memiliki muatan yang identik dan jari-jari ionik yang mirip serta perilaku kimia. Dapat berpotensi berpindah ke rantai makanan dan mungkin beracun bagi biota. Sumber kadmium untuk transfer dapat bersifat difus atau lokal. Kadmium memiliki mobilitas dan asimilasi yang tinggi (Haider, dkk, 2021).

Untuk mengetahui terdapat kandungan logam berat Cd pada suatu sampel akan di reaksikan dengan reagen ditzon dan nantinya akan ditunjukkan dengan timbulnya warna merah muda (Arifiyana, 2018). Selain itu hasil dari penelitian yang dilakukan oleh (Amin, dkk, 2018) menyatakan bahwa panjang gelombang yang diukur menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 519 nm terjadi penyerapan secara maksimal dari kompleks kadmium ditzonat yang berwarna merah muda dengan nilai absorbansi sebesar 0,190. Untuk pH optimum Cd berada pada pH 6 (Rahayu, dkk, 2023), sedangkan untuk konsentrasi optimum sebesar 2,2 ppm (Karundeng, dkk, 2023). Berikut merupakan reaksi dari Reagen ditzon dengan logam berat Cd.

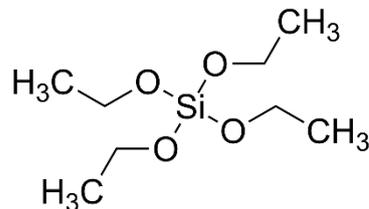


Gambar 2.1.6 Reaksi Logam Cd dengan Ditzon (Amin, dkk, 2018)

2.1.12 Sensor Sol Gel

Beberapa jenis sensor kimia antara lain menggunakan prinsip kolorimetri dan elektrokimia. Analisis kolorimetri berdasarkan pada perubahan warna suatu bahan akibat terjadinya reaksi kimia, umumnya terjadi pada medium cair tetapi kondisi ini bisa dimodifikasi menjadi sensor dengan melakukan imobilisasi. Imobilisasi sendiri merupakan sebuah tahapan yang penting dalam pembuatan sensor. Teknik imobilisasi yang benar akan memberikan kualitas yang baik pada sensor dan imobilisasi menentukan bekerja atau tidaknya reagen yang digunakan dalam sensor. Jenis-jenis imobilisasi sangat banyak antara lain bisa dilakukan dengan cara polimerisasi, silika gel, beads, dan kertas selulosa. Teknik imobilisasi dengan silika gel juga memiliki banyak jenis, semisal dengan media kertas saring atau dengan kaca. Keefektifan yang di hasilkanpun tergolong sangat bagus (Thohir, 2021).

Untuk penelitian ini akan digunakannya Teknik entrapmen dan untuk metode yang digunakan dalam pembuatan sensor ini adalah dengan sintesis sol-gel dengan prekursor tetraetilortosilika (TEOS). Salah satu pemanfaatan silika adalah sebagai pelapis pada membran sehingga dapat menyaring substansi atau partikel kecil pengotor pada larutan. Selain itu kelebihan dari penggunaan Tetraetil ortosilikat (TEOS) yaitu temperature yang diperlukan rendah dan terjadinya reaksi produk yang agresif dibanding dengan prekursor lain seperti silane atau tetraklorosilane (Elma, dkk, 2019).



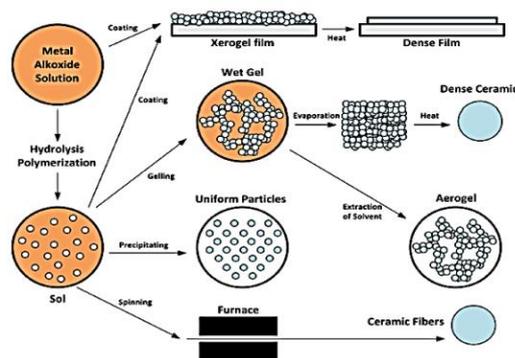
Gambar 2.1.7 Struktur Tetraetil ortosilikat (TEOS)

Proses sol-gel adalah suatu teknik kimia basah (deposisi larutan kimia) untuk pembuatan suatu material (khususnya oksida logam) dimulai dari suatu larutan kimia yaitu bagian sol, atau partikel koloidal (sol untuk partikel berukuran nanometer) sampai pembuatan suatu bagian gel (Widodo, 2020). Metode sintesis sol-gel ini termasuk ke dalam kategori sintesis material secara bottom-up atau sintesis yang menyusun partikel-partikel kecil menjadi susunan partikel besar. Proses dimulai dengan hidrolisis prekursor dimana prekursor dilarutkan ke dalam pelarut, terjadi reaksi substitusi gugus alkoksida dengan gugus hidroksil yang kemudian membentuk hidroksida. Menurut (Widodo, 2020) proses hidrolisis ini dapat dikatalis dengan suatu asam atau basa agar laju reaksi menjadi lebih cepat

dan tidak memakan waktu yang cukup panjang. Selanjutnya, prekursor akan bereaksi dengan pelarut sehingga membentuk koloid. Selanjutnya adalah tahapan larutan fasa sol, dimana larutan tersebut akan membentuk suspensi dan terjadi polimerisasi yang membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Setelah memasuki fasa sol, tahapan selanjutnya dalam proses sol-gel bergantung hasil produk yang diinginkan. Produk akhir sol-gel dapat berupa xerogel, thin film, dense keramik, aerogel dan keramik fibers. Partikel-partikel inorganik saling berikatan satu sama lain membentuk ruang-ruang yang terisi pelarut. Ruang-ruang inilah yang akan menjadi pori-pori. Selanjutnya adalah pengeringan untuk menghilangkan pelarut yang terdapat pada fasa gel, pelarut yang mengisi ruang-ruang pada rantai polimer akan menguap dan ruang tersebut akan menjadi pori. Tahapan selanjutnya adalah proses kalsinasi, endapan dari fasa gel yang dikeringkan dikalsinasi sehingga partikel akan mengalami penyusutan dan saling menempel satu sama lain. Kelebihan metode sol-gel adalah partikel yang dihasilkan akan memiliki bentuk yang seragam dan ukuran yang kecil (Buwarda, 2019).

Selain itu, Kondisi optimum reaksi juga merupakan hal yang sangat berpengaruh pada tahap analisis, hal ini dikarenakan pH juga menjadi faktor yang penting pada sintesis sol-gel. Setiap pH memiliki karakteristik yang khas pada hasil sol-gel, selain itu penentuan pH juga akan memaksimalkan proses deteksi (Shahamirifard dkk., 2018).

Untuk memodifikasi suatu sol-gel maka diperlukannya reagen yang mampu untuk melakukannya, reagen tersebut yaitu ditizon. Seperti yang dikatakan Maulana,dkk (2019) memodifikasi silika mesopori MCM-48 yang memiliki gugus aktif Si-OH yang dapat berinteraksi dengan atom N yang terdapat pada ditizon. Dari hal tersebut dapat diduga bahwa gugus Si-OH pada silika gel dapat berinteraksi juga dengan atom N pada ditizon.



Gambar 2.1.8 Skematik Proses Sol Gel (Syafriadi, 2021)

2.1.13 Verifikasi Metode

Didalam verifikasi metode, kinerja yang akan diuji adalah selektifan, seperti uji akurasi (ketepatan) dan presisi (kecermatan), linearitas dan rentang, batas

deteksi (Limit of Detection / LOD) dan batas kuantifikasi (Limit of Quantity / LOQ). Suatu metode yang menghasilkan data dengan presisi yang bagus belum menjadi jaminan bahwa data tersebut dikatakan akurat. Begitu juga sebaliknya, suatu metode yang menghasilkan data dengan ketepatan tinggi belum tentu presisi. Akurasi diartikan sebagai kedekatan hasil analisa terhadap nilai yang sebenarnya. Presisi diartikan sebagai kedekatan antara sekumpulan hasil analisa. Sedangkan reliabilitas data adalah gabungan antara presisi dan akurasi. Dengan kata lain, akurasi bertujuan untuk mendapatkan suatu nilai yang benar. Presisi bertujuan untuk mendapatkan nilai yang sama. Sedangkan reliabilitas data adalah untuk mendapatkan nilai yang benar dan sama. Reliabilitas data (keandalan suatu data) merupakan syarat mutlak yang harus dimiliki oleh suatu laboratorium analisa. Suatu laboratorium yang berkualitas harus dapat mengeluarkan data-data yang andal dan dapat dipercaya (memiliki akurasi dan presisi tinggi) (Utami, 2019).

2.2 Hipotesa

Hipotesa I

Teknik imobilisasi yang benar akan memberikan kualitas yang baik pada sensor dan imobilisasi menentukan bekerja atau tidaknya reagen yang digunakan dalam sensor. Teknik imobilisasi dengan silika gel juga memiliki banyak jenis, semisal dengan media kertas saring atau dengan kaca. Keefektifan yang dihasilkan pun tergolong sangat bagus (Thohir, 2021).

Kondisi optimum reaksi sangat berpengaruh pada tahap analisis seperti pH dan konsentrasinya, hal ini dikarenakan pH dan konsentrasi menjadi faktor yang penting pada sintesis sol-gel dan nantinya akan memiliki karakteristik yang khas dan berbeda pada setiap hasil sol-gel. Tidak hanya itu, penentuan pH dan konsentrasi juga akan memaksimalkan proses deteksi (Shahamirifard dkk., 2018). Pada logam Pb yang dikomplekskan dengan ditizon menunjukkan konsentrasi optimum pereaksinya yaitu sebesar 60 ppm dengan pH optimum 4 (Palupi, dkk, 2020). Pada logam Cu yang dikomplekskan dengan ditizon menunjukkan konsentrasi optimum pereaksinya yaitu sebesar 50 ppm dengan pH optimum 6 (Khairuddin, dkk, 2021). Kemudian pada logam Cd yang dikomplekskan dengan ditizon menunjukkan konsentrasi optimum pereaksinya yaitu sebesar 2,2 ppm (Karundeng, dkk, 2023) dengan pH optimum 6 (Rahayu, dkk, 2023).

Jika melakukan penelitian dengan mengimobilisasikan antara metode solgel dengan reagen ditizon serta memvariasikan konsentrasi dan pH dari masing-masing logam berat (Pb,Cu,Cd), maka dapat di temukan hasil dari masing-masing konsentarsi optimum serta besar Ph optimum dengan cara sederhana tanpa memerlukan biaya yang mahal.

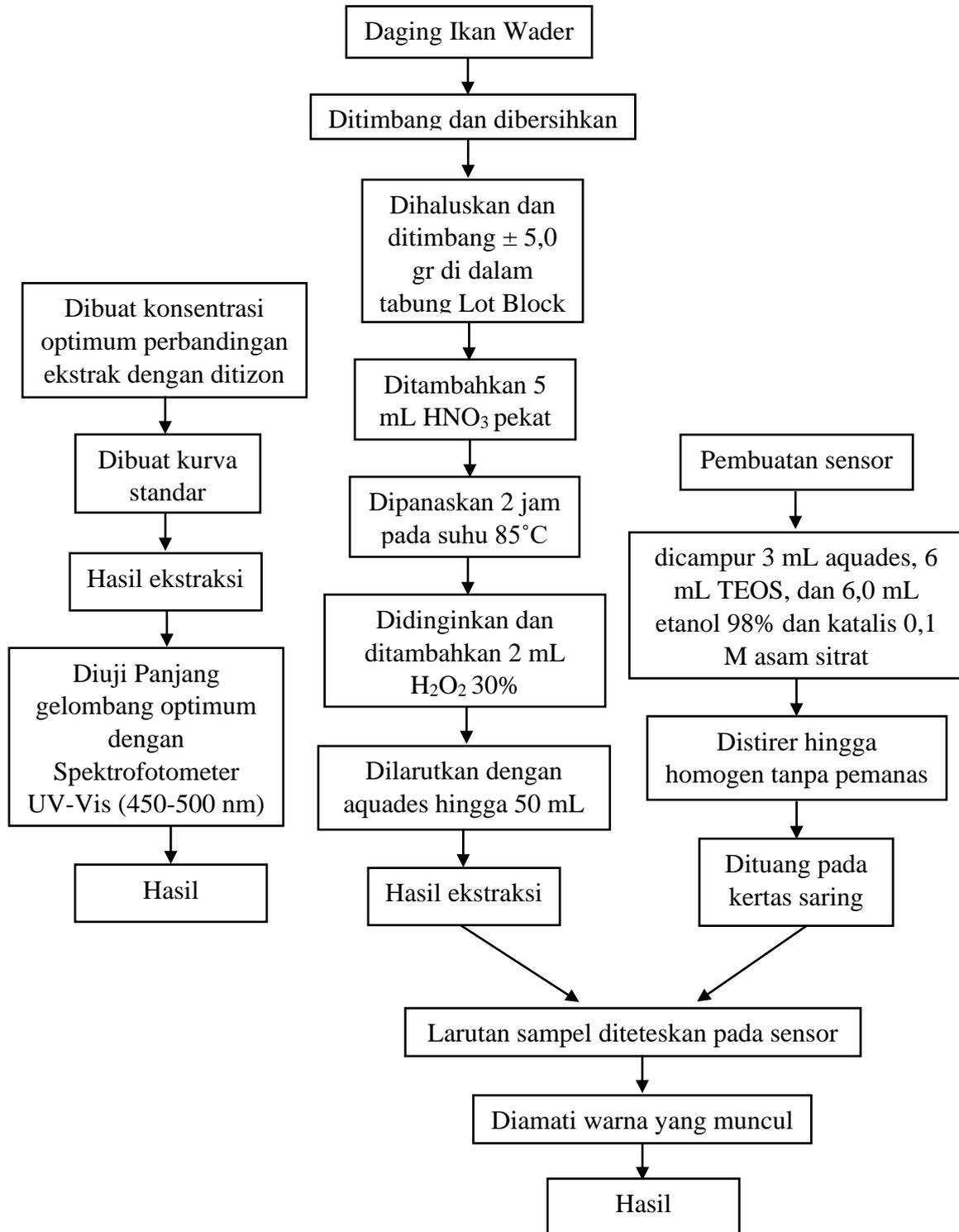
Hipotesa II

Logam berat memasuki tubuh ikan melalui tiga jalur yaitu insang, saluran pencernaan dan permukaan tubuh. Bagian tubuh ikan yang mengalami akumulasi logam berat terbanyak yaitu pada bagian insang, dan akumulasi terendah terdapat pada permukaan tubuh. Logam berat yang terserap kedalam tubuh ikan diangkut melalui aliran darah dan kemudian terakumulasi kedalam organ dan jaringannya (Putri, dkk, 2022). Biota air yang hidup dalam perairan yang tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut pada jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan yang terakumulasi dalam tubuh biota tersebut.

Pereaksi yang sering digunakan dalam penentuan analisis logam berat yaitu ditizon. Ditizon atau diphenylthiocarbazone merupakan pewarna pembentuk kompleks yang dalam jumlah konsentrasi kecil dapat menghasilkan warna yang khas (Maulana, dkk, 2019). masing-masing logam dalam analisis menggunakan ditizon akan memberikan warna yang khas. Hasil reaksi antara reagen ditizon dengan logam Pb adalah lapisan merah tua dengan range panjang gelombang 500 nm (Palupi, dkk, 2020). Hasil reaksi antara reagen ditizon dengan logam Cu yaitu di tandai dengan munculnya atau terbentuknya warna biru keunguan (Anggraini, 2021) dengan range panjang gelombang 347 nm (Zengin, dkk, 2020). Serta, Hasil reaksi antara reagen ditizon dengan logam Cd adalah timbulnya warna merah muda (Arifiyana, 2018) dengan range panjang gelombang 519 nm (Amin, dkk, 2018).

Jika dilakukannya penelitian pada bagian daging ikan sebagai sampel, maka akan dipastikan dapat mempermudah perolehan hasil data dikarenakan logam sudah tersebar secara merata di bagian daging ikan melalu proses pencernaan yang disalurkan melalui pembuluh darah.

2.3 Rancangan Aktivitas



BAB III

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat di ketahui bahwa untuk mengatasi permasalahan tentang instrument-instrumen dahulu yang sering digunakan, dan untuk menggunakannya harus memerlukan biaya yang mahal serta pengaplikasian yang harus di lakukan oleh orang yang sudah ahli. Hal tersebut dapat di atasi dengan pembuatan sensor dari metode solgel yang divariasikan menggunakan reagen ditizon yang mudah untuk didapatkan. Dengan menggunakan sensor tersebut diharapkan dapat membantu memudahkan dalam hal penelitian sampel dari ikan-ikan yang terkontaminasi oleh logam berat.

Penentuan jika sampel yang di ujikan terkandung logam berat yaitu dapat dibuktikan dengan perubahan dari warna yang ditimbulkan. Jika sampel terkandung logam Pb maka hasilnya akan timbul warna merah tua, jika sampel mengandung logam Cu akan timbul warna biru keunguan dan yang terakhir jika sampel mengandung logam Cd akan timbul warna merah muda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M.I.-O. And Adeshina, I. (2019a) 'Heavy Metals Contamination in the Tissues of *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1822) Obtained from Two Earthen Dams (Asa and University of Ilorin Dams) in Kwara State of Nigeria', *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 8(1), Pp. 26–32.
- Agustina, dkk. (2018) 'Pengolahan Limbah Logam Berat Kromium Hexavalen Menggunakan Reagen Fenton dan Adsorben Keramik Zeolit', *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 13(1), Pp. 60–69.
- Aida, S.N. Et Al. (2022) 'Distribution of Fish Species in Relation to Water Quality Conditions in Bengawan Solo River, Central Java, Indonesia', *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(6), Pp. 5549–5561.
- Amin, A.H., Hamzah, B. and Ningsih, P. (2018) 'Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Campuran (Span 80 dan Span 20) dan Rasio Volume Emulsi/ Fasa Eksternal Terhadap Estraksi Ion Kadmium (Cd) Menggunakan Teknikemulsi Membran Cair', *J. Akademika Kim*, 7(4), Pp. 210–213.
- Anggraini, D.I. And Fitria, D. (2021) 'Uji Potensi Sari Buah Nanas (*Ananas Comosus* L.) Terhadap Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu) dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa)', *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis (Jfsp)*, 7(1), Pp. 7–14.
- Arifiyana, D. dan Fernanda, M.A.H.F. (2018) 'Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Produk Kosmetik Pensil Alis Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (Ssa)', *Journal of Research and Technology*, 4(1), Pp. 55–62.
- Azizah, M. dan Maslahat, M. (2021) 'Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) di Dalam Tubuh Ikan Wader (*Barbodes Binotatus*) dan Air Sungai Cikaniki, Kabupaten Bogor', *Limnotek Perairan Darat Tropis Di Indonesia*, 28(2), Pp. 83–93.
- Buwarda, S. (2019) 'Azts dengan Metode Sol-Gel Sebagai Lapisan Buffer Bebas Cadmium pada Sel Surya Czts', *Jurnal Keteknik dan Sains (Juteks)*, 2(1), Pp. 1–7.
- Elma, M., Suparsih, D.R. and Annahdliyah, S. (2019) 'The Performance Of Organo Silica Membrane Using Sol-Gel Methods', *Konversi*, 8(1), Pp. 44–48.
- Faradiana, R., Budiharjo, A. And Sugiyarto, S. (2018) 'Keanekaragaman Dan Pengelompokan Jenis Ikan Di Waduk Mulur Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia', *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan*, 7(2), Pp. 151–163.
- Gufuran, M. dan Mawardi, M. (2019) 'Dampak Pembuangan Limbah Domestik Terhadap Pencemaran Air Tanah di Kabupaten Pidie Jaya', *Jurnal Serambi Engineering*, 4(1), Pp. 416–425.
- Haider, F.U. Et Al. (2021) 'Cadmium Toxicity in Plants: Impacts and Remediation

- Strategies', *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211, Pp. 1–22.
- Harmesa, H., Lestari, L. dan Budiyanto, F. (2020) 'Distribusi Logam Berat dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Cimanuk, Jawa Barat, Indonesia', *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia*, 5(1), Pp. 19–32.
- Ishak, N.I. dkk. (2023) 'Analisis Kandungan Logam Berat pada Air Sungai Martapura, Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022', *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, 7(1), Pp. 35–41.
- Karamina, H., Murti, A.T. and Murti, A.T. (2021) 'Kandungan Logam Berat Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Br pada Air Lindi di Tiga Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Dadaprejo, Kota Batu, Dau dan Supit Urang, Kabupaten Malang', *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 6(2), Pp. 51–57.
- Karundeng, M., Paat, V. dan Rumengan, S. (2022) 'Penggunaan Electrode Grafit Pensil Secara Voltametri Differential Pulse Untuk Analisis Kadmium dalam Sampel Ikan Cakalang (Katsuwonus Pelamis) Fufu', *Fullerene Journ.of Chem*, 7(1), Pp. 41–46.
- Khairuddin, K., Yamin, M. dan Kusmiyati, K. (2021) 'Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Bandeng (Chanos Chanos Forsk) yang Berasal dari Kampung Melayu Kota Bima', *Jurnal Pijar Mipa*, 16(1), Pp. 97–102.
- Malik, M.R. dkk. (2023) 'Analisis Logam Berat pada Air Waduk Tunggu Pampang', *Jurnal Sehat Mandiri*, 18(1), Pp. 105–112.
- Marco, B.A. De Et Al. (2019) 'Evolution of Green Chemistry and Its Multidimensional Impacts: A Review', *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27, Pp. 1–8.
- Maulana, A.Y., Widodo, N.T. dan Panggabean, A.S. (2019) 'Ekstraksi Ion Logam Cd (II) Menggunakan Adsorben dari Abu Sekam Padi Termodifikasi Ditizon', in *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Pp. 11–16.
- Naat, J.N. (2022) 'Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Silika Berbasis Pasir Alam Takari-Ntt', *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 8(3), Pp. 266–279.
- Palupi, E.S. dkk. (2020) 'Studi Aktivitas Ditizon Sebagai Pengompleks Ion Pb²⁺ Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis dan Semi Empiris Am1', *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 4(2), Pp. 423–432.
- Pratama, R., Jusmaldi, J. dan Hariani, N. (2018) 'Pola Pertumbuhan, Faktor Kondisi dan Habitat Ikan Tawaring Barbodes Binotatus (Valenciennes, 1842) di Sungai Hutan Berambai Samarinda', *Bioprospek Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), Pp. 40–49.
- Pratiwi, D.Y. (2020) 'Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia', *Jurnal Akuatek*, 1(1), Pp. 59–65.
- Putri, H.D. dkk. (2022) 'Bahaya Kandungan Logam Berat (Cd, Hg, Pb) pada

Produk Olahan *Pterygoplichthys Pardalis* Asal Sungai Ciliwung Jakarta Bagi Kesehatan Manusia', *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), Pp. 7–13.

- Putri, Y.P., Fitriyanti, R. and Emilia, I. (2019) 'Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan', in *Prosiding Seminar Nasional li Hasil Litbangyasa Industri*, Pp. 1–6.
- Rahayu, E. and Pratiwi, D.E. (2023) 'Studi Adsorpsi Logam Cd (II) dan Pb (II) Menggunakan Adsorben Rumpuk Gajah (*Pennisetum Purpureum*)', *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 8(01), Pp. 56–67.
- Rahman, A., Haeruddin, H. dan Ghofar, A. (2022) 'Konsentrasi Karbon Organik dan Logam Berat (Cu, Fe, Mn, Pb) Sedimen di Sungai Garang dan Banjir Kanal Barat, Semarang', *Jfmr-Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(3), Pp. 14–19.
- Rahmidar, L., Al Fatih, H. dan Sulastri, A. (2020) 'Pemanfaatan Nanopartikel Logam Mulia Untuk Mengukur Kadar Logam Berat dalam Berbagai Sampel Cair', *Pendipa Journal of Science Education*, 4(3), Pp. 70–74.
- Ramadhan, M.R. dan Jazaul, I. (2020) 'Pengaruh Air Lindi (Leachet) Tpst Piyungan Terhadap Kualitas Air di Sungai Opak', in *Proceedings The 1st Umygrace*, Pp. 375–386.
- Setyaningrum, D., Agustina, L. dan R, L.A. (2020) 'Analisis Kualitas Air di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Wilayah Kabupaten Bojonegoro', *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(1), Pp. 1–9.
- Shahamirifard, S.A., Ghaedi, M. and Hajati, S. (2018) 'A New Silver (I) Ions Optical Sensor Based on Nanoporous Thin Films of Sol–Gel by Rose Bengal Dye', *Sensors and Actuators, B: Chemical*, Pp. 20–29.
- Siswoyo, E. dan Habibi, G.F. (2018) 'Sebaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Air Sungai dan Sumur di Daerah Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Wukirsari Gunung Kidul, Yogyakarta', *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(1), Pp. 1–6.
- Susanto, N.C.A., Mudasir, M. dan Siswanta, D. (2020) 'Pembuatan dan Optimasi Sensor Warna Logam Besi Terlarut dalam Air dengan Matriks Karagenan', *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 4(2), Pp. 60–67.
- Syafriadi, S., Marhamah, S. dan Muttaqii, M. Al (2021) 'Pengaruh Variasi Konsentrasi Naoh pada Zeolit Alam Lampung Terhadap Produk Silika', *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2), Pp. 393–402.
- Thohir, M.B. dan Sabila, N. (2021) 'Sensor Kimia Untuk Mendeteksi Aspartam Menggunakan Reagen Ninhidrin Terimobilisasi', *Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 4(1), Pp. 20–31.
- Utami, A.R. And Wulandari, C. (2019) 'Verifikasi Metode Pengujian Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) dalam Air Limbah dengan Menggunakan Atomic

- Absorption Spectrophotometer (Aas)', in Prosiding, Pp. 8–20.
- Wahyuni, T.T. And Zakaria, A. (2018) 'Keanekaragaman Ikan Di Sungai Luk Ulo Kabupaten Kebumen', *Biosfera*, 35(1), Pp. 23–28.
- Widodo, S. (2020) 'Teknologi Pembuatan Seng Oksida (Zno) Nano Partikel Sebagai Bahan Aktif pada Sensor Gas dengan Metode Sol Gel', *Jurnal Techno-Socio Ekonomika*, 14(1), Pp. 46–57.
- Windasari, S., Hamid, A. and Juliatmi, R.H. (2020) 'Hubungan Kebiasaan dan Ketersediaan Sarana dengan Perilaku Masyarakat dalam Membuang Sampah di Bantaran Sungai Kelurahan Brang Biji Kecamatan Sumbawa Tahun 2020', *Jurnal Kesehatan dan Sains*, 4(1), Pp. 106–115.
- Witono, Y. dkk. (2020) 'Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Wader (Rasbora Jacobsoni) Dari Hidrolisis oleh Enzim Calotropin Dan Papain', *Jurnal Agroteknologi*, 14(01), Pp. 44–57.
- Yanti, R.P. And Afdal, A. (2021) 'Identifikasi Pencemaran Logam Berat pada Sedimen Sungai Batang Arau Kota Padang Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik', *Jurnal Fisika Unand (Jfu)*, 10(2), Pp. 248–254.
- Yusron, M. And Jaza', M.A. (2021) 'Analisis Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Serta Pencemaran Logam Berat pada Hulu Sungai Bengawan Solo', *Environmental Polution Journal*, 1(1), Pp. 41–48.
- Zengin, H.B. And Gürkan, R. (2020) 'Application of a Novel Poly(Smam)-Tris-Fe₃O₄ Nanocomposite for Selective Extraction and Enrichment Of Cu(I) /Cu(II) From Beer, Soft Drinks And Wine Samples, and Speciation Analysis by Micro-Volume Uv–Vis Spectrophotometry', *Talanta*, 224, Pp. 1–12.