

**PENGEMBANGAN SENSOR KIMIA BERBASIS STRIP TEST UNTUK
DETEKSI LOGAM Zn PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI



Oleh :

**KHALIFATUL JANNAH
NIM. IST2003010**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANNUQAYAH
GULUK-GULUK SUMENEP
2024**

**PENGEMBANGAN SENSOR KIMIA BERBASIS STRIP TEST UNTUK
DETEKSI LOGAM Zn PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

Oleh :

**KHALIFATUL JANNAH
NIM. IST2003010**

Diajukan Kepada:

Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Annuqayah
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Sains (S.Si)

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANNUQAYAH
GULUK-GULUK SUMENEP
2024**

**PENGEMBANGAN SENSOR KIMIA BERBASIS STRIP TEST UNTUK
DETEKSI LOGAM Zn PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

**KHALIFATUL JANNAH
NIM. IST2003010**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji pada Tanggal : 10 Agustus 2024

Ketua Program Studi Kimia



UNIVERSITAS ANNUQATTAH
FAKULTAS MIPA
PROGRAM STUDI KIMIA
Kholish, S. Si, M.Sc.
NIDN. 0717089201

Pembimbing



Robi'atul Andawiyah, M.Si.
NIDN. 0715049501

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



UNIVERSITAS ANNUQATTAH
FAKULTAS MIPA
Mahrus, Hi, M.Si.
NIDN. 0715091818001

**PENGEMBANGAN SENSOR KIMIA BERBASIS STRIP TEST UNTUK
DETEKSI LOGAM Zn PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN
METODE SOL-GEL**

SKRIPSI

**KHALIFATUL JANNAH
NIM. IST2003010**

telah dipertahankan
di depan Penguji Sidang dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk mendapatkan Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Pada Tanggal 27 Agustus 2024

Penguji I : Ratno Budiyanto, M. Si.
NIDN. 0709098705

()

Penguji II : Nurul Inayah, M. Si.
NIDN. 0717089201

()

Pembimbing I : Robi'atul Andawiyah, M.Si.
NIDN. 0715049501

()

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khalifatul Jannah
NIM : IST2003010
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Penelitian : Pengembangan Sensor Kimia Berbasis Strip
Test Untuk Deteksi Logam Zn Pada Limbah
Domestik Menggunakan Metode Sol-Gel

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Sumenep, 12 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Khalifatul Jannah
NIM. IST2003010

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

PENGEMBANGAN SENSOR KIMIA BERBASIS STRIP TEST UNTUK DETEKSI LOGAM Zn PADA LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL

Khalifatul Jannah

Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Annuqayah

ABSTRAK

Keberadaan logam Zn dalam lingkungan, khususnya pada limbah domestik, menimbulkan ancaman serius bagi kesehatan manusia dan ekosistem. Deteksi dini keberadaan Zn dalam air limbah sangat penting untuk mengurangi dampak negatifnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor kimia berbasis strip test yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam Zn dengan cepat dan efisien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sol-gel, yang memungkinkan pembentukan film tipis dengan struktur pori yang dapat disesuaikan untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas sensor terhadap logam Zn. Pembuatan strip tes untuk deteksi logam Zn menggunakan media kertas selulosa yang diimmobilisasi dengan reagen ditizon dan tetraetilortisilikat (TEOS) sebagai prekursor pembuatan sol gel. Logam Zn mengubah warna orange pada strip tes menjadi warna merah keunguan. Perubahan warna dipindai menggunakan *scanner* dan dianalisis menjadi nilai RGB dengan *software imageJ* menghasilkan nilai intensitas pada konsentrasi analit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimum reagen ditizon pada konsentrasi 0.5 %, sedangkan pH optimum adalah pH 6 dan volume optimum 7 μ l. uji validasi metode strip test memiliki kisaran linieritas yang baik pada konsentrasi 10, 12, dan 15 ppm dengan koefisien korelasi (R) sebesar 0.9956. Batas deteksi, batas quantifikasi, presisi, akurasi, dan waktu respon berturut-turut sebesar 1.1 ppm, 3.7 ppm, kurang dari 2%, sekitar 90-100%, dan 5 menit.

Kata kunci: Strip Tes, logam Zn, Reagen ditizon, metode sol gel

DEVELOPMENT OF A CHEMICAL SENSOR BASED ON STRIP TEST FOR DETECTION OF Zn METAL IN DOMESTIC WASTE USING THE SOL-GEL METHOD

Khalifatul Jannah

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Annuqayah University

ABSTRACT

The presence of zinc (Zn) in the environment, particularly in domestic waste, poses a serious threat to human health and ecosystems. Early detection of Zn presence in wastewater is crucial to mitigate its negative impacts. This study aims to develop a chemical sensor based on a strip test that can quickly and efficiently detect the presence of Zn metal. The method used in this research is the sol-gel method, which allows for the formation of thin films with tunable porous structures to enhance the sensor's sensitivity and selectivity towards Zn metal. The development of a strip test for Zn metal detection using cellulose paper media immobilized with dithizone reagent and tetraethyl orthosilicate (TEOS) as a sol-gel precursor. Zn metal changes the color on the strip test from orange to red-purple. The color change is scanned using a scanner and analyzed into RGB values with ImageJ software, resulting in intensity values corresponding to the analyte concentration. The research results show that the optimum concentration of dithizone reagent is 0.5%, with an optimum pH of 6 and an optimum volume of 7 μ l. The method validation of the strip test demonstrated a good linear range at concentrations of 10, 12, and 15 ppm with a correlation coefficient (R) of 0.9956. The detection limit, quantification limit, precision, accuracy, and response time are 1.1 ppm, 3.7 ppm, less than 2%, approximately 90-100%, and 5 minutes, respectively.

Keywords: Strip Test, Zn Metal, Dithizone Reagent, Sol-Gel Method

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.
Bismillahirrohmanirrohiim,

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Pengembangan Sensor Kimia Berbasis Strip Test untuk Deteksi Logam Zn pada Limbah Domestik menggunakan Metode Sol-Gel”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman. Aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terima kasih yang tak terkira khususnya kepada:

1. Bapak Dr. KH. Mohammad Husnan, M.Pd. selaku Rektor Universitas Annuqayah.
2. Bapak Mahrus Ali, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Annuqayah.
3. Achmad Kholish, S. Si, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Annuqayah.
4. Robi'atul Andawiyah, M.Si. selaku dosen pembimbing, yang telah sudi membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Seluruh dosen dan laboran di Program studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Annuqayah yang setia menemani penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut.
6. Ayah dan Ibu serta keluarga tercinta yang telah memberikan Doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan Kimia Angkatan 2020 dan teman-teman seperjuangan

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini sudah ditulis secara cermat dan sebaik-baiknya, namun apabila ada kekurangan, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Sumenep, 12 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Limbah Domestik	8
2.2 Logam Zn	9
2.3 Reagen Dithizone	11
2.4 Strip Test	14
2.5 Metode Sol Gel.....	15
2.6 Analisa Optik Menggunakan Program <i>ImageJ</i>	19
BAB III. METODE PENELITIAN	22
3.1 Rancangan Penelitian	22
3.2 Pelaksanaan Penelitian	22
3.3 Alat dan Bahan	22
3.3.1. Alat.....	22
3.3.2. Bahan.....	23
3.4 Prosedur Penelitian	23

3.4.1. Pengambilan Sampel.....	23
3.4.2. Pembuatan Larutan standar logam Zn.....	23
3.4.3. Preparasi Reagen Ditizon.....	23
3.4.4. Optimasi Pembuatan Strip Tes	24
3.4.4.1. Optimasi konsentrasi Reagen Dithizon	24
3.4.4.2. Optimasi pH Larutan Zn	24
3.4.4.3. Optimasi Volume Larutan Zn	25
3.4.5. Pembuatan Sensor Kimia Berbasis Strip Tes	25
3.4.5.1. Pembuatan Strip Test	25
3.4.5.2. Metode Pengukuran	25
3.4.8. Pengukuran Logam dalam Sampel	25
3.4.9. Uji Validasi Metode	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Optimasi Pembuatan Strip test.....	30
4.1.1 Optimasi konsentrasi reagen ditizon	30
4.1.2 optimasi pH larutan Zn.....	33
4.1.3.Optimasi Volume larutan Zn.....	35
4.2. Pengukuran Logam Zn dalam Limbah domestik	37
4.3. Uji validasi metode strip tes dalam mendeteksi logam Zn	39
4.3.1.Linieritas.....	39
4.3.2. Batas Deteksi (LoD) dan Batas quantifikasi (LoQ)	41
4.3.3. Presisi	42
4.3.4. Akurasi	42
4.3.5. Waktu Respon	34
BAB V. PENUTUP.....	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Ditizon	12
Gambar 2.2 Kompleks Zn- Ditizonat	13
Gambar 2.3 Tahapan Reaksi Hidrolisis Metode Sol Gel	17
Gambar 2.4 Tahapan Reaksi Kondensasi metode Sol Gel	18
Gambar 2.5 Warna RGB	20
Gambar 4.1 Hasil Optimasi pH Larutan Zn	34
Gambar 4.2 Hasil Optimasi Volume Larutan Zn	36
Gambar 4.3 Lokasi Pengambilan Sampel	39
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Linieritas	40
Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Waktu Respon	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Optimasi Konsentrasi Reagen	31
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Sampel Limbah.....	38
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran LoD dan LoQ.....	41
Tabel 4.4 Tabel Pengukuran RSD.....	42
Tabel 4.5 Hasil Rata-rata % Akurasi.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan pembuatan Larutan Standar Zn	54
Lampiran 2 Pembuatan NaOH 0.3 %	56
Lampiran 3 Pembuatan Reagen Ditizon	56
Lampiran 4 Pembuatan Buffer Phosfat	57
Lampiran 5 Data Optimasi Konsentrasi Reagen Ditizon	58
Lampiran 6 Data Optimasi pH Larutan Zn	58
Lampiran 7 Data Optimasi Volume Larutan Zn	58
Lampiran 8 Data Pengukuran Logam Zn dalam limbah	58
Lampiran 8 Data Validasi Metode	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan beragam yang dilakukan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari, seperti di lingkungan kantor, urusan rumah tangga, dan di bidang pendidikan, memiliki potensi untuk menghasilkan limbah domestik (Pratama, 2022). Limbah domestik adalah air kotor yang bersumber dari aktivitas sehari-hari masyarakat, yang mengandung bahan atau zat tambahan dari penggunaannya (Zainudin et al., 2023).

Limbah domestik mengandung senyawa kimia yang sulit untuk ditiadakan dan berbahaya salah satu di dalamnya yaitu logam berat. Logam berat yang terdapat di perairan, akan bersifat toksik secara langsung terhadap lingkungan sekitar dan kehidupan organisme yang ada maupun bersifat toksik secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Selain itu, logam berat juga sulit teruraikan oleh mikroorganisme (Marlina, 2023). Seperti yang terjadi di desa Guluk-Guluk, tumbuhan yang ditanam di area dekat tempat penampungan limbah domestik mengalami kerusakan dan buahnya tidak berkembang sebagaimana mestinya.

Beberapa logam berat yang mengandung tingkat keberbahayaan yang tinggi antara lain adalah As, Zn, Pb, Cd, Ni, Hg, Sn, Pb, Ag, Cr, Cu dan Mn (Segovia, 2014). Logam berat yang memiliki sifat toksik sedang diantaranya adalah Ni, Cr, dan Co, sedangkan Mn dan Fe bersifat toksik sedang dan yang bersifat toksik tinggi unsur-unsur Zn, Cu, Pb, Hg dan Cd. (Judah Mozes Kalangie et al., 2018).

Pencemaran Zn merupakan akibat dari perbuatan sehari hari manusia. Salah satu kasus yang terjadi pada pencemaran air oleh limbah logam berat adalah pencemaran Zn. Logam Zn dalam bentuk persenyawaannya dapat mencemari lingkungan (Segovia, 2014). Sebagaimana dijelaskan dalam al Quran mengenai larangan untuk membuat kerusakan dan ketidakmanfaatan apapun dalam surah Al A'raf ayat 56

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْضَ أَصْلَاحِهَا وَدَعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَةَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap . Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.” (Al-‘A’raf/7: 56)

Dalam tafsir shihab (2002), disebutkan bahwa alam raya ini diciptakan dalam keadaan yang baik, harmonis dan dapat memenuhi segala yang dibutuhkan makhluk hidup (Ardiyansyah, M, 2023). Limbah dengan kandungan logam Zn yang diambang batas dapat merusak makhluk hidup di bumi dan mencemari lingkungan yang mana hal tersebut merupakan suatu kerusakan. Dalam tafsir tersebut disebutkan bahwa kerusakan adalah salah satu bentuk pelampauan batas, dan Allah melarang manusia berbuat kerusakan di bumi.

Berdasarkan Peraturan Kementrian Kesehatan Republik Indonesia No. 492 tahun 2010 tentang baku mutu konsentrasi logam Zn yang diperbolehkan adalah 3 mg/l untuk golongan I dan 10 mg/l untuk golongan II. Karena Zn

merupakan logam yang berbahaya, maka diperlukan analisis logam zn untuk mengetahui kadar yang ada di limbah domestik. Konsumsi seng (Zn) dengan dosis sebanyak 2 gram atau lebih akan mengakibatkan diare, muntah, demam, anemia, kecapean yang sangat, dan gangguan reproduksi (Judah Mozes Kalangie et al., 2018).

Beberapa metode yang bisa dipakai untuk menganalisis logam berat baik metode kualitatif maupun kuantitatif, diantaranya adalah *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometry* (ICP-AES) (D. Y. Pangesti et al., 2019), *Inductive Coupled Plasma Optic Emission Spectrophotometry* (ICPOES) (Okem et al., 2014; Sen & Vinayak Pendam, 2014), *Inductive Coupled Plasma Mass Spectrophotometry* (ICP-MS) (Cong et al., 2013). Metode yang paling banyak digunakan yaitu *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) (Amrullah, 2017; Okta Letri Husna, T. Abu Hanifah, 2015; Mustofa, 2017; Siriangkawut et al., 2017; Anindya et al., 2023). Metode AAS ini telah diakui oleh Badan Standarisasi Nasional (2011) karena presisi dan akurasi yang baik sehingga bisa digunakan sebagai prosedur baku di laboratorium. Namun, metode ini memerlukan banyak biaya (Mardliyyah, 2016). Selain itu hanya tenaga ahli yang boleh mengoperasikan alat tersebut karena dibutuhkan validasi untuk verifikasi kinerja alat tersebut dan karena itu, semua metode ini tidak bisa dilakukan secara rutin di laboratorium (Zuhriya, 2015).

Solusi dari hal tersebut, metode yang lebih murah dan dapat dilakukan secara rutin di laboratorium yaitu sensor kimia. Sensor kimia adalah perangkat analisis yang berisi bahan kimia (reagen) dan mampu bereaksi

dengan analit tertentu dalam bentuk cair atau gas, menghasilkan perubahan fisikokimia yang kemudian diubah oleh transduser menjadi sinyal elektrik proporsional (Safitri, 2017). Sensor kimia saat ini telah banyak dikembangkan, salah satunya dengan menggunakan sinyal fluoresensi yang dipadukan dengan membran sol-gel. Namun, metode ini memerlukan persiapan yang rumit. Karena kelemahan tersebut, perlu dikembangkan metode yang lebih mudah dan praktis seperti strip tes, yang memungkinkan pengukuran konsentrasi bahan atau analit dalam sampel dengan cepat serta menghemat waktu dan biaya (Amaliyah et al., 2021). Dalam penelitian ini dibuat suatu sensor kimia yang berbasis strip test untuk mendeteksi logam Zn menggunakan reagen Ditizon.

Reagen Ditizon (*diphenylthiocarbazone*) merupakan reagen pembentuk kompleks yang dalam konsentrasi kecil dapat menghasilkan warna yang khas. Diantara logam-logam yang bisa memberikan warna dengan ditizon antara lain Pt, Ni, Co, Zn, Cd, Au, Ag, Ti, Sn, Pb, Mn, Bi, Hg, Pd dan Cu. Setiap logam tersebut akan menghasilkan warna yang khas saat direaksikan dengan ditizon (White, 1936; Ntoi et al., 2017). Seperti yang dilakukan oleh Wang (2018) yang menggunakan reagen ditizon dalam penelitiannya menganalisis logam Hg dengan mengaplikasikan dalam pembuatan strip test berbasis kertas selulosa, serta penelitian Sedghi (2022) yang menganalisis logam Cu, Hg, dan Cd dengan menggunakan reagen ditizon dalam strip testnya.

Sensor kimia berbasis strip tes dibuat menggunakan teknik sol gel dengan menambahkan prekursor tetraetilortosilikat (TEOS). Sebagaimana

penelitian yang telah dilakukan oleh Amaliyah (2021) yang menganalisis logam Pb dalam sampel jamu menggunakan metode sol gel. Penelitian dengan metode yang sama juga dilakukan oleh Maknunah (2021) untuk menganalisis logam Fe dan Zuhriya (2015) menganalisis logam Cu dengan metode sol gel. Metode sol-gel banyak digunakan karena cepat menghasilkan polimer dan dapat dilakukan pada suhu rendah (Milea et al., 2011). Polimer yang dihasilkan berguna untuk menjebak reagen. Prinsip metode sol-gel terletak pada proses hidrolisis dan kondensasi pada prekursor alkoksida (Widodo, 2020) Pada penelitian ini, prekursor alkoksida yang digunakan adalah senyawa tetraetilortosilikat (TEOS).

1.1 Rumusan Masalah

1. Berapakah konsentrasi optimum reagen pada pembuatan strip test untuk deteksi logam Zn?
2. Berapa pH dan volume optimum larutan uji Zn pada pembuatan strip test untuk deteksi logam Zn?
3. Bagaimana performansi sensor kimia untuk mendeteksi ion logam Zn pada limbah domestik?

1.2 Tujuan penelitian

Berdasarkan dari uraian rumusan masalah dan latar belakang, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui Konsentrasi optimum reagen pada pembuatan strip test untuk deteksi logam Zn.
2. Untuk mengetahui pH dan volume optimum larutan uji pada pembuatan strip test untuk deteksi logam Zn.

3. Untuk mengetahui performa sensor kimia untuk mendeteksi logam Zn pada limbah domestik.

1.3 Manfaat penelitian

1. Secara Umum

Memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat tentang cara dan alat pendeteksi Logam Zn dalam limbah domestik.

2. Secara Khusus

Mengaplikasikan ilmu teori yang didapat mahasiswa dalam bentuk praktek dan meningkatkan kemampuan mahasiswa untuk memecahkan suatu masalah utamanya dalam bidang ilmu kimia.

1.4 Batasan Masalah

Dari permasalahan diatas ada beberapa batasan masalah, diantaranya

1. Sampel limbah yang digunakan adalah limbah domestik yang bertempat di pondok pesantren Annuqayah.
2. Reagen yang digunakan dalam sensor kimia berbasis strip test ini adalah reagen Ditizon (*diphenylthiocarbazon*).
3. Metode yang digunakan dalam pembuatan sensor kimia berbasis strip test ini adalah metode sol gel dengan menambahkan precursor TEOS (Tetraetil Ortosilikat).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah domestik

Air limbah domestik merujuk pada air yang berasal dari aktivitas dapur dan kegiatan rumah tangga (kecuali dari kloset). Secara umum, air limbah domestik dibagi menjadi limbah rumah tangga (grey water) dan limbah kloset (black water). Air limbah rumah tangga adalah air yang telah digunakan oleh masyarakat dalam kegiatan sehari-hari atau rumah tangga, dan dapat mengandung kotoran tinja atau urin yang larut bersama dengan air limbah lainnya (Widayat, 2005).

Air limbah domestik mengandung 99,7% cairan dan 0,3% zat padat terlarut (Suoth & Nazir, 2016). Karakteristik pencemar dalam air limbah domestik meliputi PH, TSS, BOD, COD, Total Coliform, serta minyak dan lemak. Jika bahan pencemar ini dibuang tanpa pengolahan, dapat menyebabkan pencemaran air (Filliazati, 2013).

Mikroorganisme dalam air limbah akan menguraikan zat organik secara kimia yang dapat menyebabkan bau khas pada air tersebut. Proses penguraian yang tidak sempurna pada zat organik dalam air limbah menjadi salah satu penyebab bau tersebut. Bau dalam air limbah menandakan adanya proses pembusukan (Asmadi, 2015). Jika kandungan pencemar air limbah domestik terakumulasi dalam jumlah besar dan melebihi ambang batas, dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan (Chauro Aina et al., 2017).

2.2 logam Zn

Istilah "logam berat" merujuk pada unsur kimia logam yang memiliki kepadatan relatif tinggi dan bersifat toksik pada konsentrasi rendah. Logam berat adalah komponen alami dari kerak bumi yang tidak dapat terdegradasi atau dihancurkan. Logam berat memiliki kepadatan spesifik lebih dari 5 g/cm³ (Shafiuddin Ahmed et al., 2019). Logam berat diklasifikasikan sebagai unsur mikro esensial yang meliputi Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Ni dan unsur-unsur yang berpotensi toksik atau tidak esensial seperti Cd, Cr, Pb, Hg dan As (Alinia-Ahandani, 2020). Logam berat dilepaskan ke lingkungan dari berbagai sumber seperti industri kimia, tekstil, penyamakan kulit, plastik, pertambangan, manufaktur baterai, cat dan pigmen, industri kertas, dan lain lain (Chakraborty et al., 2022).

Ion logam berat merupakan racun yang kuat karena tidak dapat terurai secara hayati. Selain itu, ion logam berat bersifat karsinogenik dan apabila dalam sistem air berada pada konsentrasi yang lebih tinggi dari batas yang diizinkan dapat menyebabkan berbagai penyakit (Samadi et al., 2019). Logam berat yang dibawa oleh air dapat diadsorpsi oleh oxyhydroxides atau ke vegetasi air seperti alga dan terakumulasi ke dalam jaring makanan. Hal ini menyebabkan bioakumulasi logam berat dalam organisme hidup, sehingga menimbulkan toksisitas di dalam tubuh (Danil de Namor et al., 2012).

Seng (Zn) adalah logam transisi yang aktif dengan keadaan oksidasi +2, memiliki nomor atom 30, dan berwarna putih kebiruan, sifatnya keras tetapi mudah rapuh, konduktor yang baik, mempunyai titik leleh dan titik didih

yang rendah, serta sifat larut yang baik dalam asam maupun basa. Unsur Zn ditemukan melimpah (0,02%) di kerak bumi, memiliki lima isotop stabil dan jarang ditemukan sebagai unsur bebas di alam. Terdapat beberapa bijih Zn yang banyak ditemukan, seperti seng oksida (ZnO), sfalerit atau seng sulfida (ZnS), smithsonite atau seng karbonat (ZnCO₃), willemite atau seng silikat (ZnSiO₃), dan franklinite [(Zn, Mn, Fe)O(Fe, Mn₂)] (Ali et al., 2018).

Logam Zn sekarang banyak digunakan dalam proses galvanisasi untuk melapisi logam lain karena tidak mudah menimbulkan korosi seperti besi atau logam lainnya. Ion seng diserap ke dalam tanah pada pH 5 atau lebih dan cenderung memiliki mobilitas yang sedikit. Secara alami di perairan, beberapa bentuk seng ditemukan seperti kompleks metalorganik, ion terhidrasi, atau logam-anorganik kompleks (Ali et al., 2018).

Logam seng memiliki kecenderungan untuk terakumulasi di lingkungan. Konsentrasi tinggi logam seng dalam jangka waktu lama dapat mengganggu sintesis klorofil, yang pada gilirannya menghambat proses fotosintesis. Keberadaan logam Zn di perairan akan membahayakan keseimbangan lingkungan dan mempengaruhi semua komponen ekosistem. Dampak logam seng dalam sistem perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah logam berat, serta komposisi fraksi terlarut dan partikulat logam berat di dalam perairan. Konsentrasi logam seng yang lebih tinggi, hingga batas tertentu, dapat merusak kualitas air dan perairan (Novi et al., 2019).

Logam berat Zn adalah logam berat esensial yang diperlukan oleh organisme untuk pertumbuhan dan perkembangan, termasuk dalam pembentukan haemosianin dalam sistem peredaran darah dan berbagai enzim (Darmono, 1995). Logam berat Zn dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme dan bertahan dalam waktu yang lama. Jika kadar Zn dalam organisme melebihi batas aman untuk konsumsi, maka Zn dapat menjadi toksik bagi manusia. Logam berat Zn dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, memengaruhi pematangan seksual, meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, diare, dan dalam jumlah besar, dapat berakibat fatal, terutama pada anak-anak (Hambidge & Krebs, 2014).

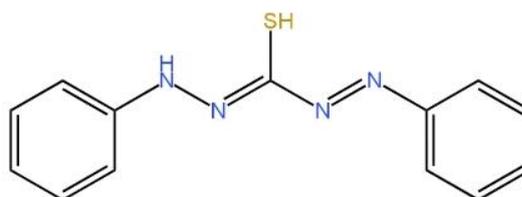
Berdasarkan Berdasarkan Peraturan Kementrian Kesehatan Republik Indonesia No. 492 tahun 2010 tentang baku mutu konsentrasi logam Zn yang diperbolehkan adalah 3 mg/l untuk golongan I (Nisya et al., 2022) dan 10 mg/l untuk golongan II. Air limbah domestik yang masih mengandung residu logam berat dapat mencemari lingkungan dan meresap ke dalam tanah, mengontaminasi air sumur yang digunakan oleh masyarakat. Jika air tersebut dikonsumsi, dapat menyebabkan berbagai penyakit atau gangguan kesehatan. (Sekarwati et al., 2015).

2.3 Reagen Ditizon

Ditizon mempunyai struktur $C_{13}H_{12}N_5S$ dan Memiliki berat molekul sebesar 256,33 g/mol. Ditizon (H2Dz, 1,5-diphenylthiocarbazone, 3-mercaptop-1,5-diphenylformazane) adalah salah satu reagen organik yang paling sering digunakan dalam metode spektrofotometri (WHO, 1989).

Ditizon bereaksi dengan logam-logam seperti Po, Bi, Pb, Ti, Hg, Au, Mn, Zn, Pt, Te, Sn (I), In, Cd, Ag, Co, Fe (II), Pd, Ni, dan Cu (Suyanta and Catri, 2016).

Ditizon adalah senyawa asam lemah yang dipakai sebagai zat pewarna pada deteksi logam berat menggunakan ekstraksi analit pada media organik (Podgaiskyte & Vaitiekunas, 2009). Reagen ini berperan sebagai donor pengikat atom sulfur (S) dan nitrogen (N) yang dapat bereaksi dengan kation lunak seperti Zn (Suyanta and Catri, 2016). Ditizon memiliki warna hitam violet dan bisa larut dalam kloroform, karbon tetraklorida, dan ammonia encer, membentuk larutan berwarna hijau. Senyawa ini mempunyai berat molekul 256,33 g/mol, memiliki titik didih 900,69 °K, dan rentang pH 7-10. Struktur molekul ditizon dapat dilihat pada gambar 2.1.



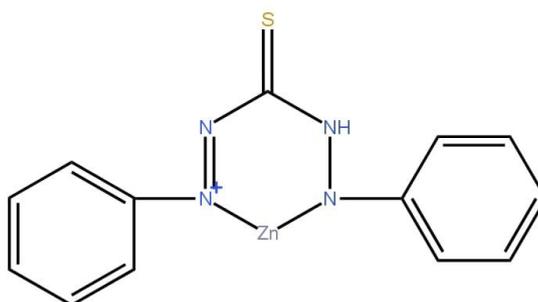
Gambar 2.1 Struktur Dithizon

Senyawa ini berwujud padatan berwarna hitam-lembayung yang tidak larut dalam air pada $\text{pH} > 7$, namun membentuk larutan orange dari anion Hdz^- jika larut dalam air deionisasi. Ditizon terionisasi dalam air dengan konstanta asam ($K_a = 2,8 \times 10^{-5}$) yang bertindak sebagai asam lemah. Ditizon larut dalam kloroform (CHCl_3), tetra klorida (CCl_4) hidrokarbon, dan alkohol, menghasilkan warna hijau. Kelarutan ditizon dalam CCl_4 adalah 0,5 mg/mL,

sedangkan dalam kloroform mencapai 20 mg/mL. Senyawa ini efektif untuk menentukan logam dalam kuantitas kecil (WHO, 1989).

Ditizon (difeniltiokarbazon) merupakan salah satu senyawa pengkelat yang efektif untuk berbagai ion logam dan sering digunakan dalam analisis spektrofotometri. Ditizon banyak digunakan untuk prakonsentrasi ion logam berat dalam jumlah kecil sebagai agen pengkelat. Kelemahan metode ini adalah menggunakan pelarut organik berbahaya (WHO, 1989). Pembentukan kompleks dapat berlangsung dengan baik tergantung pada kation yang bereaksi dengan ditizon, karena ditizon mempunyai dua sisi tautomer, yaitu tioketo dan tiol, yang membentuk kesetimbangan tautomerik (Lodowik et al., 2023).

Ditizon dikenal sebagai salah satu zat pembentuk kompleks yang memiliki sensitivitas dan selektivitas tinggi terhadap Zn, melalui mekanisme reaksi pembentukan kompleks seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kompleks Zn-Ditizonat

Terbentuknya kompleks antara reagen ditizon dan ion logam Zn menyebabkan terjadinya perubahan warna dari putih kebiruan menjadi merah hingga keunguan (Marczenko & Balcerzak, 2002). Kompleks Zn-ditizonat

stabil pada pH 8, sebagaimana dinyatakan oleh Patel, (2010) di mana kompleks Zn(II) ditizonat stabil dalam pelarut kloroform pada rentang pH 6,2-10,2.

2.4 Strip Test

Strip test adalah bentuk miniatur dari teknik analisis yang juga dikenal sebagai laboratorium portabel. Metode ini dipakai untuk mendeteksi berbagai ion dan senyawa organik serta anorganik secara semikuantitatif dengan cepat pada sampel, dan menawarkan alternatif yang praktis dan ekonomis untuk analisis. Pengontrolan kualitas analit dalam sampel menjadi lebih mudah dan praktis karena seluruh proses seperti pengambilan sampel, pemisahan reaksi kimia, deteksi analit, pretreatment sampel, dan analisis data yang dapat diuji dengan alat yang sama (Seftyani et al., 2023).

Strip test adalah alat diagnostik sederhana yang digunakan untuk mengukur kadar atau mendeteksi perubahan warna dalam analisis standar. Penggunaannya melibatkan penetesan sampel pada membran atau pencelupan membran ke dalam sampel. Identifikasi dilakukan dengan mengamati perubahan warna yang terjadi, yang disebabkan oleh reagen yang diimmobilisasi pada membran dan telah bereaksi dengan sampel (Wulan Ningtyas & Piluharto, 2015).

Optimasi strip tes yang biasa dilakukan terdiri dari optimasi konsentrasi (Amaliyah et al., 2021; D. Pangesti et al., 2019; Riskyna et al., 2018) dan volume reagen (Riskyna et al., 2018; Safitri, 2017). Keasaman (pH) ((D. Y. Pangesti et al., 2019; Safitri, 2017). Konsentrasi larutan uji

(Riskyna et al., 2018), serta optimasi warna RGB (Amaliyah et al., 2021). Optimasi katalis, seperti penelitian yang dilakukan oleh Juma'ati, (2023) yang mengoptimasi katalis dalam pembuatan strip testnya yang mana keberadaan katalis menjadi sangat penting karena menurunkan energi aktivasi yang menyebabkan reaksi berjalan lebih cepat (Laksono et al., 2003).

Strip test dapat dipakai untuk mendeteksi analit baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan mengamati perubahan warna pada strip tes ketika ditetesi sampel yang mengandung logam Zn. Sementara itu, deteksi semikuantitatif terlihat dari reaksi ion-ion dan senyawa anorganik maupun organik (Safitri, 2017).

2.5 Metode Sol Gel

Metode sol-gel merupakan sebuah metode yang bisa menghasilkan nanopartikel berpori yang simple dan mudah. Dikenal juga sebagai metode basah karena media yang digunakan biasanya adalah larutan. Secara umum, metode sol-gel terdiri dari dua tahapan, yaitu perubahan dari sistem cairan atau sol ke fase padatan atau gel (Prabowo & Abdullah, 2018).

Sol-gel adalah istilah umum yang merujuk pada proses pembuatan material keramik melalui beberapa tahapan, yang melibatkan transisi dari cairan (sol) ke fase padatan (gel) (Brinker & Scherer, 2013; Zainul, 2018). Sol adalah dispersi koloid di mana partikel-partikel padat terdispersi dalam medium cair yang didapatkan dari reaksi hidrolisis dan kondensasi dari prekursor tertentu, sedangkan gel adalah sistem koloid yang memiliki struktur setengah padat atau padat yang terdiri dari cairan yang

terdispersi dalam jaringan tiga dimensi yang terbentuk oleh molekul-molekul besar dengan pori semirigid (Ningsih, 2016).

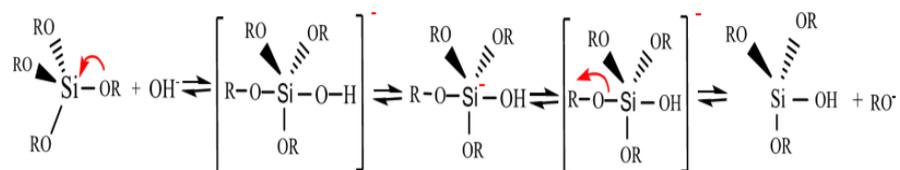
teknologi sol-gel adalah strategi yang sangat menjanjikan dan banyak diteliti (Brinker & Scherer, 2013), karena teknologi ini menyediakan proses suhu rendah untuk mendapatkan matriks kaca silikat berpori di dimana reagen organik dan reseptor molekuler dapat dengan mudah terperangkap. Struktur yang diperoleh memiliki sifat yang sangat baik, seperti stabilitas kimia dan termal, kelembaman kimia, kemurnian dan homogenitas yang tinggi, serta transparansi yang sangat tinggi dalam rentang panjang gelombang yang luas dari ultraviolet hingga inframerah. Salah satu fitur unik dari proses sol-gel adalah bahwa sifat-sifat struktur jaringan akhir, seperti hidrofobisitas, ketebalan, porositas, fleksibilitas, reaktivitas dan stabilitas, dapat dengan mudah disesuaikan dengan mengendalikan kondisi proses, jenis dan ukuran prekursor dan katalisis (Brinker & Scherer, 2013; Tjandraatmadja & Diaper, 2006; Walcarius & Collinson, 2009).

Metode sol-gel adalah teknik untuk membuat material padat dari molekul berukuran kecil atau nanopartikel, terutama digunakan untuk fabrikasi oksida logam seperti silikon (Si) dan titanium (Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., 2018). Metode sol-gel untuk pembuatan nanopartikel sangat umum dalam industri, prekursor yang paling sering digunakan adalah *Tetraetilorthosilikat* karena dapat menghasilkan nanopartikel yang lebih konsisten (Eddy et al., 2016).

Senyawa material yang banyak dipakai dalam metode sol gel adalah garam logam anorganik. Prekursor mengalami reaksi hidrolisis dan polimerisasi untuk membentuk sol dalam proses sol gel. Selanjutnya, sol yang terbentuk akan mengalami kondensasi untuk membentuk koloid atau gel dengan padatan berukuran makromolekul (Prabowo & Abdullah, 2018). Dalam industri, nano partikel yang dibuat menggunakan metode sol-gel sering melibatkan prekursor tetraetilortosilikat, karena dapat menghasilkan nanopartikel yang lebih bagus dan seragam (Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., 2018; Eddy et al., 2016). Proses sol-gel dengan TEOS melibatkan beberapa tahapan, di antaranya:

a. Hidrolisis

Pada tahapan ini, prekursor TEOS dilarutkan dalam air untuk menghasilkan sol. Tahapan ini gugus hidroksi menggantikan ligan alkoksi pada TEOS. Dalam kondisi asam, proses sol-gel menggunakan prekursor tetraetilortosilikat (TEOS) akan mengalami protonasi lebih cepat.



Gambar 2.3 Tahapan Reaksi Hidrolisis Metode Sol-Gel
(Escobar et al., 2015)

b. Kondensasi

Ikatan siloksan (Si-O-Si) terbentuk dari molekul yang mengalami hidrolisis, di mana ikatan siloksan adalah dua atom logam (Si) yang

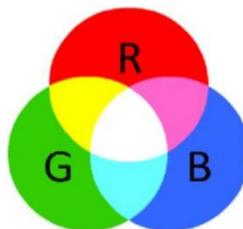
Menurut Milea et al. (2011), metode ini mempunyai banyak sekali kelebihan diantaranya dapat menghasilkan polimer yang bisa menjebak reagen meskipun dilakukan pada suhu rendah. Metode sol-gel melibatkan reaksi hidrolisis dan kondensasi pada precursor alkoksida (Widodo, 2020). yang menyebabkan terbentuknya sol yang kemudian berubah menjadi gel. Umumnya, metode sol-gel memakai prekursor tetraetilortosilikat (TEOS) (Supriyanto et al., 2011). Tetraetilortosilikat adalah salah satu metaloksida golongan alkoksilan yang memiliki rantai pendek, sehingga polimer yang dihasilkan lebih homogen dan mudah dalam reaksi hidrolisis (Milea et al., 2011).

2.6 Analisa Optik menggunakan program *imagej*

Aplikasi *ImageJ*, yang dikembangkan oleh National Institutes of Health, memiliki menu bar, tool bar, dan status bar, dan dirancang untuk analisis optik serta perhitungan nilai RGB. Ketika tanda panah berada di atas gambar, nilai koordinat akan muncul dan diukur dalam piksel per detik. Titik individu pada elemen terkecil atau piksel dari gambar digital disebut piksel (Reinking, 2001).

Program *ImageJ* digunakan untuk menentukan nilai RGB berdasarkan perhitungan yang mengandung tiga warna dasar: hijau, merah, dan biru. Pemilihan warna-warna ini didasarkan pada kemampuannya untuk menghasilkan spektrum warna. Ketiga warna ini dapat digabungkan untuk menghasilkan berbagai warna. Cahaya putih terbentuk ketika setiap warna digabungkan pada intensitas tertinggi, ketika setiap warna yang ada

digabungkan pada intensitas nol maka cahaya hitam terbentuk (Ferreira & Rasband, 2012).



Gambar 2. 5 Warna RGB (Prabowo, 2018)

Intensitas adalah jumlah warna yang dimiliki suatu gambar. Intensitas warna dari gambar memiliki beberapa jenis istilah yaitu 16 juta warna (*true color*), 256 warna (*high color*), hitam-putih (*black & white*) dan gradasi abu-abu (*grayscale*) (Prabowo & Abdullah, 2018).

Aplikasi *Imagej* sudah banyak dipakai untuk analisis warna RGB utamanya untuk aplikasi strip test, seperti yang telah dilakukan oleh Riskyna et al., (2018) yang menggunakan nilai RGB untuk pengembangan strip test untuk deteksi formalin pada sampel tahu. D. Y. Pangesti et al., (2019) yang menggunakan nilai RGB untuk sensor kimia untuk mendeteksi logam Pb dalam sampel Jamu Pegal Linu. Safitri (2017) juga menggunakan aplikasi *imegej* untuk menentukan nilai RGB dalam pengembangan strip testnya untuk mendeteksi logam berat Pb dalam sampel jamu.

Jika pada ruang tersebut ditambahkan warna merah, maka semua benda yang terdapat dalam ruangan akan berubah menjadi merah dan hanya dapat terlihat berwarna merah misalnya RGB (225,0,0). Demikian pula apabila ruangnya diganti dengan cahaya biru atau hijau. Dalam warna RGB tidak

ada warna hitam, biasanya terdiri dari 100 % warna hijau, biru, dan merah yang menghasilkan warna putih (Prabowo & Abdullah, 2018).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian dari pengembangan sensor kimia berbasis strip tes untuk deteksi adanya logam Zn dalam limbah domestik adalah diawali dengan pengambilan sampel dilanjutkan dengan menyiapkan bahan dan alat penelitian kemudian pengenceran larutan, serta optimasi pembuatan strip test. Optimasi yang dilakukan mencakup optimasi konsentrasi reagen ditizon serta variasi pH dan volume larutan uji Zn. Setelah kondisi optimum diperoleh, beberapa proses dari pembuatan sensor kimia strip tes Zn, yaitu preparasi metode sol-gel, pembuatan sensor kimia strip tes, dan analisis data. Perubahan warna pada strip tes kemudian diamati menggunakan mean green dengan bantuan aplikasi *ImageJ*.

3.2 Pelaksanaan penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Annuqayah Guluk-Guluk Sumenep.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Diantara alat -alat yang dipakai dalam pembuatan *chemosensor* berbasis strip test untuk mendeteksi logam Zn antara lain hot plate, neraca analitik, magnetic stirrer, serangkaian alat gelas, alumunium foil, scanner, kertas whatman no 01, oven, indicator universal dan mikropipet.

3.3.2. Bahan

Diantara bahan-bahan yang dipakai dalam pembuatan sensor kimia berbasis strip test untuk mendeteksi Logam Zn antara lain reagen dithizon (*diphenylthiocarbazon*), methanol p.a, $ZnSO_4$ p.a, *tetraethylorthosilicate* (TEOS) p.a, aquades, limbah domestic, HCl, dan Buffer Phosfat.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik sampling acak yaitu pada masing- masing tempat di 2 titik yang berbeda dan berjarak diambil 50 ml air limbah.

3.4.2. Pembuatan larutan standar Logam Zn^{2+} (Paula, 2004)

Padatan $ZnSO_4$ 2,5 mg ditimbang dan dilarutkan dengan aquades dalam gelas kimia 50 mL. Kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas (Bernama, 2017). Kemudian diencerkan dengan menambahkan aquades menjadi 0,5 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 10 ppm, 12 ppm, dan 15 ppm.

3.4.3. Preparasi Reagen Dithizon (Safitri, 2018)

Reagen dithizon dibuat dengan melarutkan 1 g dithizon pada 25 ml ethanol p.a. Kemudian dilakukan reagen dithizon diencerkan menjadi 0,1 %, 0,3 %, dan 0,5 %.

3.4.4. Optimasi Pembuatan Strip tes

3.4.4.1. Optimasi Konsentrasi Reagen Dithizon

Metode ini mengacu pada penelitian Thohir et al., (2022) Campuran 2 mL TEOS sebagai prekursor dan 2 mL metanol diaduk pada suhu kamar selama 30 menit. Kemudian pada campuran ditambahkan 2 mL pereaksi reagen dithizon 0,1 %, 683 μ L air sulingan dan 0,5 mL NaOH 3 M tetes demi tetes. Campuran diaduk selama 5 jam. Selanjutnya untuk menyiapkan media imobilisasi sol-gel, kertas Whatman berukuran 1 cm \times 1 cm direndam ke dalam campuran sol dan dibiarkan dalam oven hingga membentuk gel. Konsentrasi reagen optimum ditentukan berdasarkan terbentuknya warna merah keunguan yang menonjol dan menghasilkan nilai mean green yang paling tinggi. Kemudian diulangi dengan cara yang sama pada konsentrasi reagen dithizon 0,3 % dan 0,5 %. Untuk setiap percobaan diulangi 3 kali.

3.4.4.2. Optimasi pH larutan Zn

Optimasi pH dilakukan dengan menyiapkan 5 larutan standar Zn dengan konsentrasi 15 ppm sebanyak 2 ml dalam masing-masing tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 2 ml larutan buffer fosfat dengan variasi pH 5, 6, 7, 8, dan 9. Selanjutnya ditetesi pada strip test dan dilihat perubahan intensitas warna yang terjadi. PH optimum ditentukan berdasarkan terbentuknya warna merah keunguan dan mempunyai nilai mean green yang paling besar. Kemudian diulangi dengan perlakuan yang sama pada pH

larutan uji yang berbeda. Untuk setiap percobaan dilakukan 3 kali pengulangan.

3.4.4.3. Optimasi volume Larutan Zn

Larutan Zn 15 ppm dengan pH yang optimum dipipet dan diteteskan pada strip test masing- masing dengan volume sebanyak 2 μ l, 5 μ l, 7 μ l, 10 μ l, 13 μ l. setiap percobaan dilakukan 3 kali pengulangan.

3.4.5. Pembuatan sensor kimia berbasis strip test

3.4.5.1 Pembuatan Strip test

Kertas saring Whatman® No.1 disiapkan dan digunting dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Kertas whatman direndam pada sol yang dihasilkan dari percobaan 3.4.4.1 direndam selama 24 jam sampai diperoleh sol gel lapis tipis, kemudian kertas ditiriskan dan dioven 35°C – 40°C untuk membentuk sol gel. Sensor kimia yang mengandung reagen ditempelkan pada dobeltip sebagai material pendukung agar perubahan pada kertas sensor terlihat jelas.

3.4.5.2 Metode pengukuran

Perubahan warna yang diperoleh di strip test di scan dan ditentukan nilai mean greennya dengan menggunakan software imegej. Data tersebut kemudian diolah untuk menentukan validasi metode dan konsentrasi Zn dalam sampel.

3.4.6. Pengukuran logam dalam sampel (jumaati, 2023)

Larutan sampel dipipet kemudian diteteskan pada kertas strip yang sudah dilapisi membran. Setelah itu, ditunggu sampai terbentuk warna pada strip

test. Kemudian discan untuk dilakukan analisis menggunakan RGB (Analisa menggunakan software imageJ).

3.4.7. Uji Validasi metode

3.4.7.1 Linieritas (Amaliyah et al., 2021)

Larutan Zn yang telah dilakukan optimasi dicari nilai linieritas dengan menggunakan *software imageJ* untuk mengukur nilai intensitas yang diperoleh dari hasil respon strip tes terhadap logam Zn pada masing-masing konsentrasi yaitu 0,5 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 10 ppm, 12 ppm, dan 15 ppm. Hubungan linieritas diperoleh dengan parameter koefisien korelasi (R) pada analisis regresi $y = a + bx$. Dikatakan linier apabila hasil nilai (R) mendekati 1 (Simaremare, 2019)

3.4.7.2 Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantifikasi (LoQ) (Pratiwi & Sunarto, 2018)

Analisis batas deteksi (LoD) adalah konsentrasi terkecil dalam analit yang memberikan respon pada sensor. Besarnya batas deteksi dapat diketahui dengan mengukur konsentrasi terkecil dari larutan standar logam Zn yang masih memberikan perubahan warna pada strip tes.

Batas kuantifikasi (LOQ - Limit of Quantification) adalah konsentrasi terendah dari suatu analit dalam sampel yang dapat diukur dengan tingkat keakuratan dan presisi yang dapat diterima dalam kondisi pengukuran atau metode yang digunakan.

$$S_{b/x} = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y^{\wedge})^2}{(n-2)}}$$

Maka, batas deteksi dan batas kuantifikasi dapat dirumuskan sebagai berikut (Riyanto, 2014)

$$\text{LoD} = \frac{3S_{b/x}}{a}$$

$$\text{LoQ} = \frac{10S_{b/x}}{a}$$

Q = Nilai batas deteksi atau batas quantifikasi k = 3 untuk LOD atau 10 untuk LOQ

Sb = Simpangan baku dari hasil analisis blangko

Sl = Arah kemiringan garis linier pada kurva yang menunjukkan hubungan antara respon terhadap konsentrasi atau slope dan simpangan baku respon (Sb).

3.4.7.3 Presisi (Riskyna et al., 2018)

Presisi dinyatakan sebagai kedekatan dalam pengulangan pengukuran (Chassana, 2018). Analisis presisi dapat diketahui dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) dari 3 kali pengukuran strip tes dengan konsentrasi yang berbeda. Penentuan presisi dilakukan dengan meneteskan 7 μL larutan logam Zn dengan konsentrasi 10 ppm, 12 ppm, 15 ppm. Pada strip tes. Data diukur menggunakan *software imageJ*, sehingga akan diperoleh nilai intensitas. Nilai presisi diterima tergantung pada kadar sampel, konsentrasi analit yang dianalisis, dan kondisi tempat penelitian (laboratorium). Oleh karena itu, kadar analit yang telah dianalisis akan mengalami penurunan, jika nilai RSD meningkat. Nilai RSD ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\%RSD = \frac{SD}{rata-rata} \times 100$$

3.4.7.4 Akurasi (Riskyna et al., 2018)

Analisis akurasi ditentukan dengan penambahan larutan standar yaitu dengan menentukan persen akurasi dari setiap pengulangan nilai pengukuran terhadap sampel yang telah diberi tambahan larutan standar. Tahapan ini dimulai dengan mengencerkan larutan Zn dengan menggunakan larutan sampel limbah domestik. Selanjutnya strip test ditetesi larutan spiked dan diamati terbentuknya warna yang mencol. Nilai intensitas hasil pengukuran yang diperoleh dimasukkan pada tabel regresi sehingga didapatkan konsentrasi Logam Zn dalam sampel. Konsentrasi Logam Zn yang dihasilkan akan dapat menentukan konsentrasi Logam Zn yang terdapat dalam sampel limbah domestik. Kemudian dicari nilai % akurasi dengan membandingkan konsentrasi logam Zn yang diperoleh dengan konsentrasi Logam Zn secara teoritis (Harmita, 2004). Rumus perhitungan akurasi sebagai berikut:

$$\% \text{kesalahan} = \frac{\text{konsentrasi terukur spiked} - \text{konsentrasi teoritis}}{\text{konsentrasi teoritis}}$$

$$\% \text{akurasi} = 100 - \% \text{kesalahan}$$

3.4.7.5 Waktu respon (Amaliyah et al., 2021)

Analisis waktu respon ditentukan dengan cara menghitung waktu reaksi reagen ditizon yang telah dimobilisasi ke dalam membran dengan logam Zn hingga terbentuk warna relatif konstan, kemudian dilakukan scanning pada jangka waktu 5 menit dilakukan sebanyak 20 menit. Hasil dianalisis

menggunakan software *imageJ* dengan mengetahui nilai mean green untuk mendapatkan waktu respon yang paling optimum.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan *Chemosensor* berbasis strip tes sederhana dilakukan untuk menguji dan meneliti kinerja sensor dalam menganalisis keberadaan logam Zn yang terdapat dalam sampel air limbah domestik. Ada beberapa proses dalam pembuatan strip test tersebut di antaranya: optimasi pembuatan strip test, pembuatan strip test dengan teknik sol gel, uji validasi strip test terhadap sampel dan analisis menggunakan software *imagej*.

Adapun optimasi pada pembuatan strip tes terdiri dari konsentrasi optimum reagen, pH optimum larutan Zn, dan volume larutan Zn. Kemudian strip test dikembangkan dengan kondisi optimum yang telah didapatkan dengan menggunakan teknik sol gel. Adapun performansi sensor kimia berbasis strip test diuji pada larutan logam Zn standard dan pada sampel limbah air domestic. Selanjutnya dianalisis menggunakan software *imagej*, dan dilakukan uji validasi metode yang meliputi linieritas, LOD dan LOQ, presisi, akurasi, dan waktu respon.

4.1 Optimasi Pembuatan Strip Test

4.1.1 Optimasi Konsentrasi Reagen Ditizon

Penentuan konsentrasi reagen ditizon pada pembuatan strip test yang paling optimum dilakukan untuk mendapatkan pengukuran intensitas yang tertinggi. Setiap konsentrasi reagen yang digunakan mempunyai nilai intensitas yang berbeda. Nilai intensitas diperoleh dengan analisis RGB pada strip tes menggunakan software *imageJ*.

Tahap percobaan ini yaitu dengan menambahkan reagen ditizon dengan tiga variasi konsentrasi yaitu 0,1 %, 0,3 % dan 0,5 % masing-masing sebanyak 2 ml pada proses pembuatan strip test. Konsentrasi optimum reagen ditizon merupakan konsentrasi dimana reagen ditizon yang diperlukan untuk bereaksi dengan logam Zn sehingga tercapai kesetimbangan. Saat kesetimbangan telah tercapai maka konsentrasi zat-zat tidak akan terjadi perubahan lagi (Hariawan, 2018). Hasil pengukuran penentuan optimasi konsentrasi reagen ditizon adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Optimasi Konsentrasi Reagen Ditizon

Logam Zn (ppm)	Δ Intensitas		
	0.1 %	0.3 %	0.5 %
10	93 	130.5 	179 
12	93 	132.4 	181 
15	102 	133.2 	183 

Tabel 4.1 menunjukkan pengaruh konsentrasi reagen terhadap terbentuknya warna yang dihasilkan pada strip test untuk mendeteksi logam Zn setelah ditambahkan reagen ditizon dengan konsentrasi yang berbeda. Strip test yang dihasilkan setelah adanya penambahan konsentrasi reagen dari 0.1 %, 0.3 % dan 0.5 % warna strip test yang dihasilkan

semakin pekat. Setelah ditetesi larutan standar logam Zn perubahan yang terjadi juga tidak terlalu signifikan karena perubahan warnanya hampir sama dengan warna strip test yang dihasilkan yaitu merah keunguan. Terbentuknya warna strip test pada konsentrasi reagen ditizon 0.1 % kurang stabil dimana warna yang terbentuk hampir sama antara konsentrasi logam Zn 10 ppm, 12 ppm, dan 15 ppm dan hasil intensitas yang dihasilkan juga kecil. Strip test dengan konsentrasi reagen ditizon 0.3 % perubahan warna yang dihasilkan mulai stabil dari mulai konsentrasi 10 ppm, 12 ppm, dan 15 ppm ada peningkatan namun hasil intensitas yang dihasilkan belum terlalu tinggi, pada strip test dengan konsentrasi reagen 0.5 % warna sudah stabil dan warna yang dihasilkan semakin pekat dengan dinaikkannya konsentrasi logam Zn.

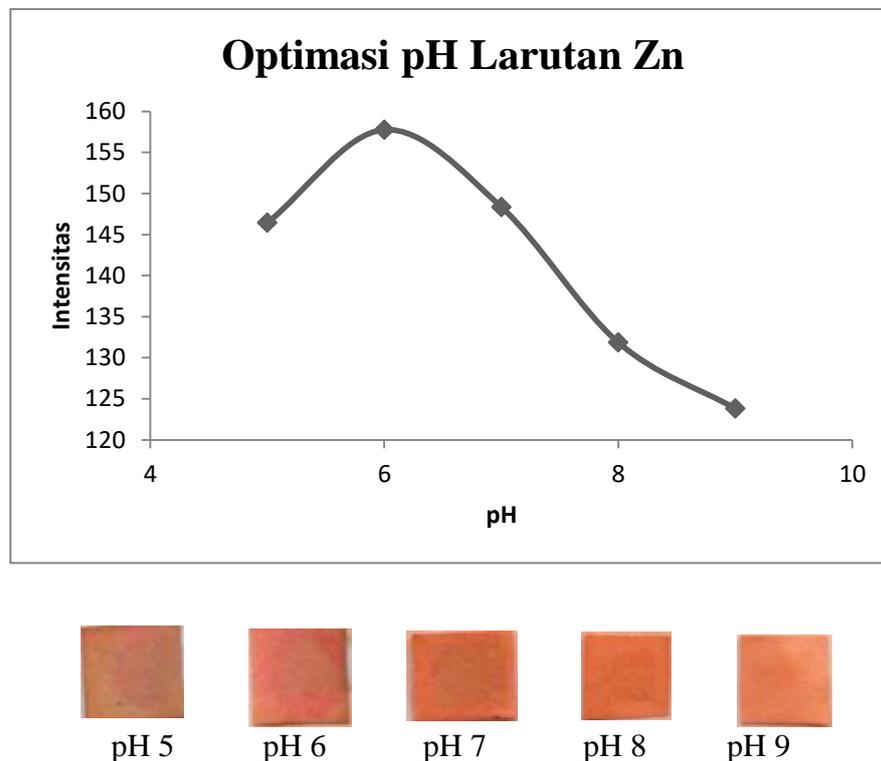
Konsentrasi reagen berperan sangat penting dalam pembuatan strip test, karena dapat mempengaruhi berbagai aspek performa, termasuk sensitivitas dan akurasi hasil. Konsentrasi reagen yang tepat diperlukan untuk memastikan bahwa strip test dapat mendeteksi analit target dengan efisien (Pugia, 2000). Konsentrasi yang terlalu rendah tidak cukup untuk memberikan sinyal yang jelas, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sinyal yang berlebihan atau bahkan reaksi non-spesifik yang mengganggu hasil uji (Bishop et al., 2019) Seperti yang dilakukan oleh Riskyna et al., (2018) pada penelitiannya yang berjudul pengembangan strip tes berbasis pararosaniline untuk deteksi formalin dalam sampel tahu, konsentrasi reagen yang paling optimum yaitu 3000

ppm yang ditandai dengan nilai mean RGB yang paling besar. Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa kondisi optimum konsentrasi reagen ditizon didapat pada konsentrasi 0.5 %.

4.1.2 Optimasi pH Larutan Zn

Suatu kondisi dimana pH reagen dan pH analit bereaksi merupakan salah satu penyebab yang memengaruhi kestabilan kompleks Zn- ditizonat. PH yang ada pada larutan dikontrol supaya reaksi yang akan terjadi semakin optimum. Pada umumnya, kompleks Zn-ditizonat bereaksi stabil pada pH 8, sehingga pada optimasi pH larutan dilakukan pada variasi pH 5, 6, 7, 8, dan 9. Pengkondisian pH larutan dilakukan dengan menambahkan buffer phosfat. Larutan buffer selain berfungsi untuk mengetahui pH larutan, juga berfungsi untuk mempertahankan dan mengontrol pH larutan Zn sehingga dapat mempertahankan stabilitas pembentukan kompleks Zn-ditizonat (Stephanie et al., 2011). Penentuan pH optimum larutan Zn ditandai dengan terbentuknya warna merah keunguan yang stabil dan menghasilkan nilai intensitas yang paling tinggi.

Hasil pengukuran optimasi pH larutan Zn adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil optimasi pH larutan Zn

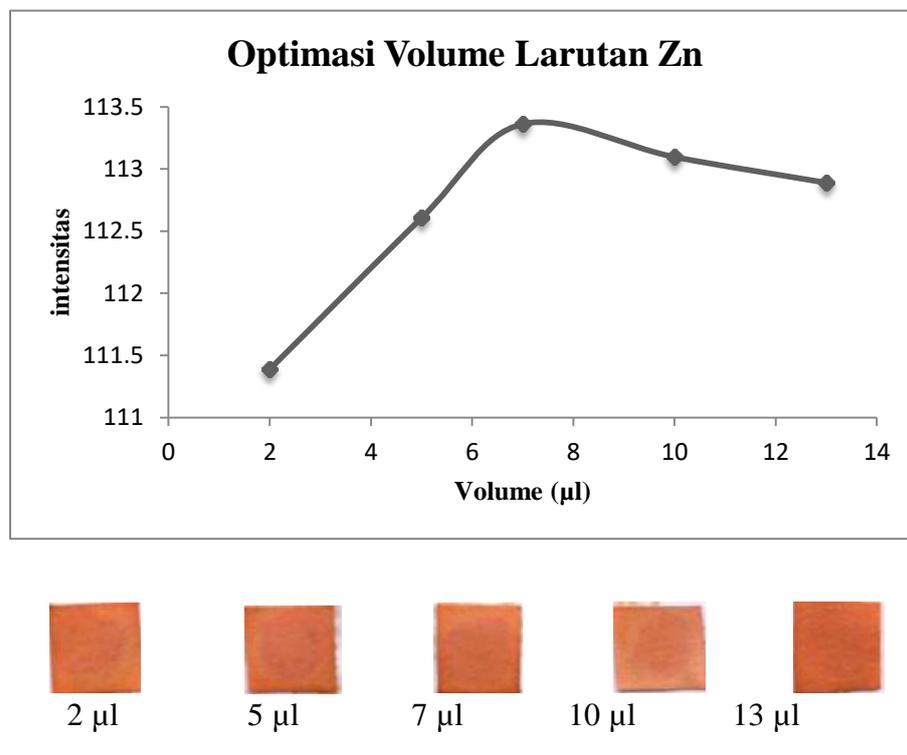
Berdasarkan gambar diatas hasil intensitas tertinggi diperoleh pada pH 6 dengan nilai intensitas 157.759, dimana perubahan warna yang terjadi juga paling maksimum, dilihat dari hasil pengukurannya nilai intensitas antara pH 5, 6, dan 7 hampir sama, namun didapatkan hasil pH terbaik larutan Zn yaitu pada Ph 6. Seperti yang dijelaskan oleh Moalla et al., (2020) menyatakan bahwa pembentukan kompleks Zn-ditizonat lebih baik pada media asam yaitu pH 6. Hal ini juga dijelaskan oleh Koroleff (1950) bahwa reagen ditizon membentuk kompleks dengan logam Zn pada suasana asam, netral dan basa menghasilkan menghasilkan garam berwarna merah keunguan yang biasanya larut dalam karbon tetraklorida dan kloroform. Pada rentang pH 9 nilai intensitas mengalami penurunan,

hal ini juga sesuai dengan yang dijelaskan oleh Koroleff (1950) pada pH tinggi persentasi pembentukan kompleks Zn-ditizonat semakin menurun karena jumlah OH semakin banyak sehingga ion logam Zn^{2+} berikatan dengan OH^- membentuk $Zn(OH)_2$.

Optimasi pH dalam pembuatan strip test memiliki peran yang sangat penting, karena pH yang tepat dapat meningkatkan reaktivitas dan stabilitas larutan Zn, yang berpengaruh langsung terhadap sensitivitas dan akurasi hasil tes. pH yang tidak sesuai dapat mengubah struktur dan fungsi biomolekul yang terlibat, mengurangi efisiensi reaksi dan memperburuk sinyal deteksi. Pengendalian pH juga membantu dalam meminimalkan reaksi non-spesifik, yang penting untuk mendapatkan hasil yang lebih konsisten dan akurat (Correia et al., 2022).

4.1.3 Optimasi Volume Larutan Zn

Optimasi volume dilakukan untuk mendapatkan volume optimal yang dapat memenuhi area deteksi dengan sempurna yaitu tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah (Riskyna et al., 2018). Optimasi volume dilakukan dengan meneteskan larutan Zn dengan pH yang optimum yaitu pH 6 pada strip test dengan volume 2 μ l, 5 μ l, 7 μ l, 10 μ l, dan 13 μ l. volume optimum dapat dilihat dari nilai intensitas yang paling besar yang diperoleh dari analisis melalui RGB dari aplikasi *imagej*. Hasil pengukuran optimasi volume adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Hasil Optimasi Volume Larutan Zn

Berdasarkan hasil dari gambar 4.2 menunjukkan bahwa volume paling optimal larutan Zn terjadi pada volume 7 μl , dapat dilihat dari besarnya nilai intensitas yang terjadi. Pada volume 2 μl intensitasnya sangat rendah karena larutan Zn terlalu sedikit sehingga kompleksnya tidak terbentuk sempurna, nilai intensitas terus meningkat sampai pada volume 7 μl , karena pada volume 7 μl larutan Zn memenuhi area deteksi dengan sempurna dan pembentukan kompleksnya stabil. Pada volume 13 μl nilai intensitasnya menurun karena larutan Zn terlalu banyak sehingga warna yang dihasilkan tidak stabil. Volume strip test yang terlalu kecil menjadikan strip test terlalu kering dan volume yang terlalu banyak mengakibatkan larutan Zn yang terlalu memenuhi area deteksi sehingga

berakibat pada pembentukan kompleks Zn-ditizonat. Volume yang terlalu tinggi mengakibatkan terjadinya perubahan warna yang tidak merata sehingga pembentukan kompleksnya tidak stabil (Riskyna et al., 2018).

Optimasi volume berperan penting dalam pengembangan dan efisiensi strip test seperti yang dilakukan oleh Gupta (2019) dalam penelitiannya tentang strip test untuk mendeteksi glukosa bahwa volume larutan yang ditetaskan dapat mempengaruhi intensitas warna yang terbentuk pada strip test. Optimasi volume larutan juga dapat berpengaruh pada stabilitas reagen dan shelf-life strip test. Volume yang tidak tepat bisa menyebabkan degradasi reagen lebih cepat atau perubahan karakteristik strip test (Kim, 2021).

4.2 Pengukuran Logam Zn dalam limbah Domestik

Berdasarkan strip test yang telah dioptimasi sebelumnya, pengukuran logam dalam sampel dilakukan untuk mengetahui kandungan logam Zn dalam limbah domestik yang mana jika kandungan logam Zn lebih dari baku mutu ambang batas maka dapat berbahaya pada kehidupan manusia. Sampel diambil di dua tempat, sampel A diambil di dekat tempat pembuangan limbah dari pondok pesantren, sedangkan sampel B diambil di dekat pondok sekaligus juga dekat dengan warung penjualan milik warga sekitar.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Sampel Limbah

Sampel A	Sampel B
119.256	147.0523
	
2.005688 ppm	5.326913 ppm

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil intensitas sampel A sebesar 119.256, sedangkan untuk sampel B mendapatkan nilai intensitas sebesar 147.0523. Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi logam Zn dalam sampel A yaitu 2.005688 ppm dan konsentrasi logam Zn pada sampel B yaitu 5.326913 ppm. Berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia No. 492 tahun 2010 tentang baku mutu konsentrasi logam Zn yang diperbolehkan adalah 3 mg/l untuk golongan I dan 10 mg/l untuk golongan II. Berdasarkan hal tersebut, maka sampel A tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar, sedangkan untuk sampel B berada pada ambang batas golongan I yang berarti bisa berdampak toksik bagi lingkungan dan juga manusia sekitarnya, yang mana hal tersebut perlu ditindak lanjuti lebih jauh. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Andarani et al., (2021) bahwa kadar logam Zn dalam aliran sungai yang dekat dengan kawasan industry mencapai > 0.2 mg/l. penelitian lain yang dilakukan oleh Öztel et al., (2020) yang mencoba menurunkan kadar logam Zn dalam air limbah pelapisan seng menggunakan kombinasi proses elektrokagulasi (EC) dan ultrafiltrasi

(UF). Konsentrasi seng dalam air limbah awal adalah sekitar 200 mg/l, yang kemudian berhasil dikurangi hingga 1,58 mg/l, metode ini menunjukkan efisiensi pengurangan seng lebih dari 99%, yang secara signifikan menurunkan kandungan Zn hingga di bawah batas yang ditetapkan oleh standar lingkungan.



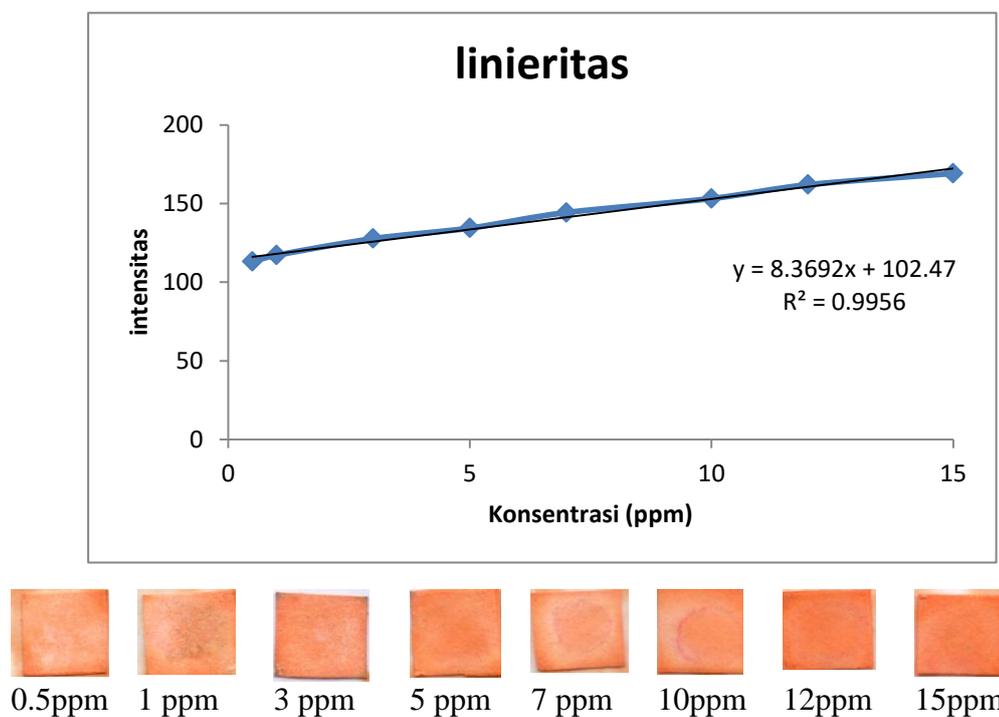
Gambar 4.3 Lokasi pengambilan sampel A (kiri) dan sampel B (kanan)

4.3 Uji Validasi Metode Strip Test dalam Mendeteksi Logam Zn

4.3.1 Linieritas

Nilai linieritas ditentukan melalui hubungan dari konsentrasi analit dan intensitas yang diperoleh dari mean green dari software *imagej*. Hasil dari linieritas diperoleh berdasarkan kurva standar logam Zn dengan variasi konsentrasi 0.5 ppm, 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, 10 ppm, 12 ppm, dan 15 ppm. Pengukuran dilakukan menggunakan scanner dan dianalisis menggunakan software *imagej*. Perubahan warna yang terjadi menghasilkan intensitas yang berbeda yang dapat digunakan untuk menghitung Logam Zn yang dihasilkan dalam strip test. Hasil dari strip test dipindai menggunakan scanner, gambar yang dihasilkan diubah menggunakan RGB dengan mengubah warna menjadi nilai intensitas.

Peningkatan intensitas warna menghasilkan peningkatan intensitas yang mengikuti pola linier dengan meningkatnya logam Zn. Hasil pengukuran kurva standar dan intensitas warna strip test adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Linieritas

Hasil dari pengukuran linieritas menunjukkan titik rentang konsentrasi yang menghasilkan respon yang baik dengan ditandai meningkatnya nilai intensitas logam Zn. Nilai (R^2) yang diperoleh adalah 0,9956. Nilai ini sebanding dengan hasil sebelumnya yang dilaporkan untuk deteksi logam Zn dalam air minum isi ulang dengan metode spektrofotometri Serapan Atom dengan memperoleh nilai korelasi (R^2) 0,98356 (Khaira, 2017). Harga koefisien korelasi yang mendekati 1 menunjukkan linieritas yang baik pada konsentrasi Logam Zn 0,5 ppm hingga 15 ppm, sesuai dengan dengan syarat nilai koefisien korelasi yang baik menurut Shargel (1985) yaitu $\geq 0,997$.

4.3.2 Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantifikasi (LoQ)

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran LoD dan LoQ

LoD	LoQ
1.1 ppm	3.7 ppm

Batas deteksi (LoD) merupakan konsentrasi terkecil analit yang dapat diukur menggunakan strip tes. Batas kuantifikasi (LoQ) merupakan konsentrasi terkecil analit yang masih dapat memenuhi kriteria presisi dan akurasi. Berdasarkan hasil perhitungan batas deteksi (LoD) konsentrasi terkecil logam Zn yang masih memberikan respon terhadap strip tes adalah pada konsentrasi 1.1 ppm yang berarti jumlah kadar dari logam Zn terkecil yang masih bisa dideteksi tetapi tidak bisa memenuhi kriteria presisi dan akurasi, sedangkan batas kuantifikasi (LoQ) adalah 3.7 ppm, dapat dikatakan bahwa nilai 3.7 ppm merupakan batas nilai konsentrasi paling kecil dari Logam Zn yang bisa diukur oleh strip tes (Amaliyah et al., 2021). Nilai-nilai batas deteksi dan batas kuantifikasi sebanding dengan penelitian Pangesti (2020) tentang deteksi cadmium menggunakan strip test secara scanometri diperoleh nilai batas deteksi sebesar 0,3 ppm dan nilai batas kuantifikasi sebesar 1,1 ppm. Semakin kecil konsentrasi yang dapat dideteksi oleh strip maka semakin baik karakteristik strip test tersebut (Pratiwi & Sunarto, 2018).

4.3.3 Presisi

Tabel 4.4 Tabel Pengukuran RSD

Logam Zn (ppm)	Nilai %RSD
10	0.822454
12	0,649523
15	1,530171
Rata-Rata %RSD	1.000716

Berdasarkan tabel 4.3 di atas diperoleh rata-rata %RSD sebesar 1,000716%. Presisi menunjukkan dekatnya nilai hasil pengukuran antar hasil pengulangan pada konsentrasi 10, 12, dan 15 ppm. Nilai %RSD berturut-turut diperoleh 0.822454%; 0,649523%; 1,530171%; semakin baik nilai hasil pengukuran maka semakin baik pula nilai RSD yang diperoleh. Berdasarkan tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa nilai presisi strip test untuk deteksi logam Zn memiliki kedekatan pengulangan nilai yang baik. Menurut Rivai et al. (2018) nilai RSD yang diterima adalah $\leq 2\%$. Dari hasil uji presisi larutan Zn konsentrasi 10, 12 dan 15 ppm yang telah diteliti didapatkan kesimpulan bahwa metode sensor kimia berbasis strip test dengan preparasi sampel standar dapat memenuhi parameter presisi.

4.3.4 Akurasi

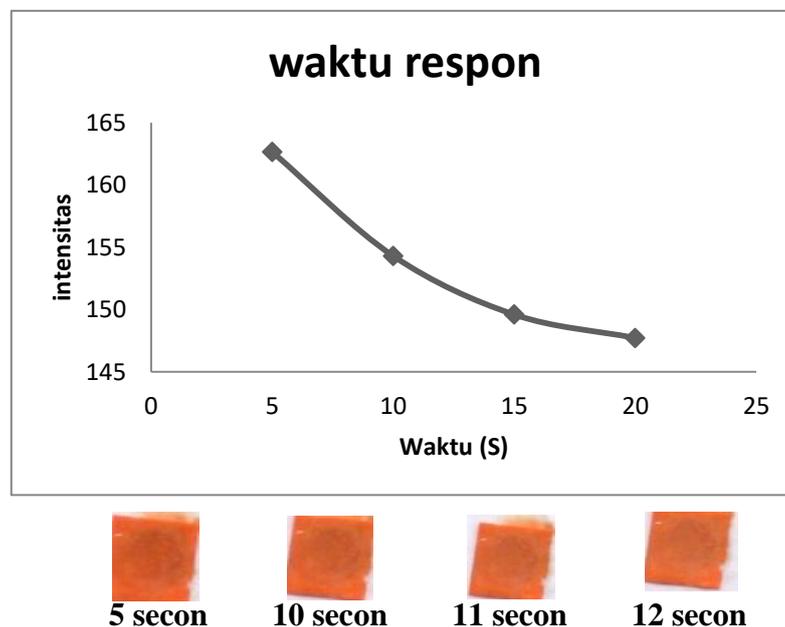
Pengukuran sampel diperoleh dengan metode spiked yaitu dengan menambahkan larutan sampel pada larutan Zn standar dan membandingkan konsentrasi logam Zn yang terukur dengan konsentrasi teoritis.

Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata % Akurasi

Sampel	%Akurasi			Rata-rata %Akurasi
	10 ppm	12 ppm	15 ppm	
A	99.64	99.68	99.60	99.64
B	100.04	99.88	99.66	99.86

Akurasi (ketepatan) dinyatakan dengan persen akurasi. Berdasarkan data hasil pengukuran akurasi kedua sampel tersebut, diperoleh persen akurasi sampel A dengan tiga kali pengulangan adalah 99.64%, 99.68% dan 99.60% dengan rata-rata sebesar 99.64% dan sampel B dengan tiga kali pengulangan adalah 100.04%, 99.88% dan 99.66% dengan rata-rata sebesar 99.86%. Menurut laporan Pratiwi & Sunarto (2018) akurasi dikatakan baik apabila memiliki harga 90-110% dan semakin mendekati 100% maka semakin baik. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran pada sampel A dan B dinyatakan akurat karena telah memenuhi syarat dari % akurasi.

4.3.5 Waktu respon



Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Waktu Respon

Hasil penelitian waktu respon strip tes dilakukan selama 20 menit dapat dilihat pada gambar 4.2. dimana waktu optimum diperoleh pada menit ke 5, hal ini menunjukkan bahwa reagen ditizon telah bereaksi dalam membentuk senyawa kompleks pada permukaan strip tes secara maksimal. Sementara pada waktu 10, 15, dan 20 menit reagen sudah mengalami penurunan intensitas, karena senyawa kompleks yang sudah terbentuk mulai tidak stabil (Riskyna et al., 2018). Berdasarkan hal tersebut, disimpulkan bahwa 5 menit sebagai waktu respon optimum.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi reagen ditizon paling optimum pada proses pembuatan sol gel dapat diperoleh dengan pengukuran nilai intensitas warna yang paling tinggi. Hasil penelitian didapatkan bahwa konsentrasi reagen ditizon 0,5 % paling optimum daripada konsentrasi 0,1 % dan 0,3 %, sehingga konsentrasi yang digunakan pada pembuatan strip tes untuk deteksi logam Zn adalah konsentrasi 0,5%.
2. PH larutan Zn yang paling optimum diperoleh dengan pengukuran nilai intensitas warna yang paling tinggi. Hasil penelitian diperoleh pH paling optimum adalah Ph 6. Sedangkan untuk optimasi volume larutan Zn didapatkan hasil volume larutan zn paling optimum 7 μ l dengan nilai intensitas yang paling tinggi.
3. Performansi sensor kimia yang diuji yaitu linieritas, batas deteksi dan batas kuantifikasi, presisi, akurasi dan waktu respon. Nilai linieritas diperoleh dengan koefisien korelasi (R) sebesar 0,9956. Batas deteksi dan batas kuantifikasi yang diperoleh yaitu 1,1 ppm dan 3,7 ppm. Nilai presisi diperoleh pada rata-rata RSD kurang dari 2%, dan untuk % akurasi diperoleh sekitar 90-100%. Waktu respon paling optimum adalah pada menit kelima.

5.2 Saran

1. Penelitian tentang “Pengembangan Sensor kimia berbasis strip test untuk deteksi logam Zn pada limbah domestic menggunakan metode sol gel” masih diperlukan studi lebih lanjut mengenai katalis optimum, selektifitas, dan waktu pakai sehingga dapat diaplikasikan secara nyata untuk masyarakat umum dengan hasil yang lebih akurat dan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Phull, A. R., & Zia, M. (2018). Elemental zinc to zinc nanoparticles: Is ZnO NPs crucial for life? Synthesis, toxicological, and environmental concerns. *Nanotechnology Reviews*, 7(5), 413–441. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2018-0067>
- Alinia-Ahandani, E. (2020). Assessment of Soil on Some Heavy Metals and its Pollution in Roodsar-Iran. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 28(5), 17–20. <https://doi.org/10.26717/bjstr.2020.28.004714>
- Amaliyah, R., Kristiningrum, N., & Sary, I. P. (2021). Pengembangan Sensor Kimia Berbasis Strip Tes untuk Deteksi Logam Berat Merkuri pada Sampel Produk Jamu. *Pustaka Kesehatan*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.19184/pk.v9i1.16552>
- Amrullah, A. fiqri. (2017). *Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Jamu Pegal Linu Menggunakan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (Ssa)* (Vol. 14, Issue 1).
- Andarani, P., Alimuddin, H., Yokota, K., Inoue, T., Obaid, S., & Nguyen, M. N. (2021). Baseflow and stormflow zinc loads in a small agricultural river catchment influenced by an industrial area. *Water (Switzerland)*, 13(15), 1–15. <https://doi.org/10.3390/w13152113>
- Anindya, W., Wahyuni, W. T., Rafi, M., & Putra, B. R. (2023). Electrochemical sensor based on graphene oxide/PEDOT:PSS composite modified glassy carbon electrode for environmental nitrite detection. *International Journal of Electrochemical Science*, 18(3), 100034. <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2023.100034>
- ardiyansyah, M, A. M. (2023). Analisis Logam Berat (Ni, Cd, Pb, Cr, Fe, Cu, Zn) Dalam Udara Ambien Di Sekitar Calon Tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (Pltn) Kalimantan Barat. *International Journal of Technology*, 1–14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- Asmadi, S. (2015). Dasar - Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Yogyakarta: Gosyen Publishing.*, 151, 10–17.
- Bishop, J. D., Hsieh, H. V., Gasperino, D. J., & Weigl, B. H. (2019). Sensitivity enhancement in lateral flow assays: A systems perspective. *Lab on a Chip*, 19(15), 2486–2499. <https://doi.org/10.1039/c9lc00104b>
- Brinker, C. J., & Scherer, G. W. (2013). Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. In *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing* (pp. 1–908). <https://doi.org/10.1016/C2009-0-22386-5>

- Catauro, M., Papale, F., & Bollino, F. (2015). Characterization and biological properties of TiO₂/PCL hybrid layers prepared via sol–gel dip coating for surface modification of titanium implants. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 415. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2014.12.008>
- Chakraborty, R., Asthana, A., Singh, A. K., Jain, B., & Susan, A. B. H. (2022). Adsorption of heavy metal ions by various low-cost adsorbents: a review. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(2), 342–379. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1722811>
- Chassana, R. I. (2018). Pengembangan Sensor Berbasis Kertas (Paper Microzone Plates) Untuk Penentuan Antioksidan Menggunakan Metode Cuprac Pada Sediaan Herbal. In *Skripsi. Fakultas Farmasi. Universitas Jember. Jember. Hal.*
- Chauro Aina, L., Rita S.D., E., & Kaswinarni, F. (2017). Biomonitoring Pencemaran Sungai Silugonggo Kecamatan Juwana Berdasarkan Kandungan Logam Berat (Pb) Pada Ikan Lundu. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(2). <https://doi.org/10.26877/bioma.v5i2.1498>
- Cong, L., Ran, F. A., Cox, D., Lin, S., Barretto, R., Habib, N., Hsu, P. D., Wu, X., Jiang, W., Marraffini, L. A., & Zhang, F. (2013). Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science*, 339(6121), 819–823. <https://doi.org/10.1126/science.1231143>
- Correia, B. P., Sousa, M. P., Sousa, C. E. A., Mateus, D., Sebastião, A. I., Cruz, M. T., Matos, A. M., Pereira, A. C., & Moreira, F. T. C. (2022). Development of colorimetric cellulose-based test-strip for the rapid detection of antibodies against SARS-CoV2 virus. *Cellulose*, 29(17), 9311–9322. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04808-y>
- Danil de Namor, A. F., El Gamouz, A., Frangie, S., Martinez, V., Valiente, L., & Webb, O. A. (2012). Turning the volume down on heavy metals using tuned diatomite. A review of diatomite and modified diatomite for the extraction of heavy metals from water. *Journal of Hazardous Materials*, 241–242(September), 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.09.030>
- Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M. S. (2018). Teknologi Material Maju : Prinsip Dasar Dan Aspek Rekayasa. *Universitas Negeri Padang.*
- Eddy, D. R., Noviyanti, A. R., & Janati, D. (2016). Sintesis Silika Metode Sol-Gel Sebagai Penyangga Fotokatalis TiO₂ Terhadap Penurunan Kadar Kromium dan Besi Abstrak Sintesis Silika Metode Sol-Gel Sebagai Penyangga FotokatalisTiO₂. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(2), 82–89.
- Ferreira, T., & Rasband, W. (2012). ImageJ User Guide User Guide ImageJ. *Image J User Guide*, 1.46r. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Filliazati, M. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob

- Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
<https://doi.org/10.26418/jtlb.v1i1.4028>
- Gabrielli, V., Baghi, I., & Codeluppi, V. (2013). Consumption practices of fast fashion products: a consumer-based approach. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 17(2), 206–224.
<https://doi.org/10.1108/JFMM-10-2011-0076>
- Hambidge, K. M., & Krebs, N. F. (2014). *Zinc Deficiency: A Special Challenge*. *Zinc Deficiency: A Special Challenge* 1, 2. May 2007.
<https://doi.org/10.1093/jn/137.4.1101>
- Judah Mozes Kalangie, D., Widowati, I., & Suprijanto, J. (2018). Kandungan Seng (Zn) Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Darah (*Anadara granosa* L) Di Perairan Tambaklorok Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(1), 49–58.
- Juma'ati. (2023). *Pengaruh katalis asam dan basa terhadap pembuatan strip tes untuk mendeteksi sibutramin hcl dalam jamu pelangsing*. 5, 1–14.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- Koroleff, F. (1950). Determination of traces of heavy metals in sea water by means of dithizone. *Valtioneuvooston Kirjapaino*, 145(1), 1–74.
- Laksono, E., Galtayries, A., Argile, C., & Marcus, P. (2003). Adsorption of NH₃ on oxygen pre-treated Ni(1 1 1). *Surface Science*, 530(1–2), 37–54.
[https://doi.org/10.1016/S0039-6028\(03\)00267-X](https://doi.org/10.1016/S0039-6028(03)00267-X)
- Lodowik, Pote, L., & Nadut, D. A. (2023). *Optimization of Manganese and Zinc Extraction in Sulfide Minerals with Dithizon Extractant in Chloroform Solvent*. 8(1), 24–34.
- Maknunah, H. (2021). *Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Berbasis Spot Test Terimmobilisasi Pereaksi Kalium Tiosanat (Kscn) Untuk Mendeteksi Logam Fe Sebagai Fe³⁺*. 3(2), 6.
- Marczenko, Z., & Balcerzak, M. (2002). Separation, Preconcentration and Spectrophotometry in Inorganic Analysis. *Analytical Spectroscopy Library* - 10, 10.
- Mardliyyah, D. (2016). Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen 1-(2-Pyridylazo)-2-Naphtol Untuk Mendeteksi Kadar Pb²⁺ Dalam Sampel Limbah Industri Kertas Proses Deinking. *In Skripsi, June*.
- Marlina. (2023). Penurunan Kadar Logam Seng (Zn) Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium. *Skripsi Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*, 1–99.

- Milea, C. A., Bogatu, C., & Duta, A. (2011). The Influence of Parameters in Silica Sol-Gel Process. *Engineering Science*, 4(1), 59–66.
- Moalla, S., Rashed, M. N., & Moghazy, M. A. (2020). Determination of Cd²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, Pb²⁺, and Zn²⁺ in Aqueous Solution after Their Separation and Preconcentration as Metal - Dithizone Complexes on Activated Carbon. *Aswan University Journal of Environmental Studies*, 1(2), 157–170. <https://doi.org/10.21608/aujes.2020.127578>
- Ningsih, S. K. W. (2016). Sintesis Anorganik. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Nisya, R. A., Yusrianti, Y., Pribadi, A., Auvaria, S. W., & Widayanti, L. P. (2022). Penyisihan Kadar Seng (Zn) Dengan Bioadsorben Kulit Singkong Menggunakan Sistem Kontinyu. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(1), 95–107. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol14.iss1.art9>
- Novi, C., Sartika, & Shobah, A. N. (2019). Phytoremediation of Zinc Metal (Zn) using Hydrilla sp. on Paper Industry Waste. *Jurnal Kimia Valensi*, 5(1), 108–114. <https://doi.org/10.15408/jkv.v5i1.8814>
- Okem, A., Southway, C., Stirk, W. A., Street, R. A., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2014). Heavy metal contamination in South African medicinal plants: A cause for concern. *South African Journal of Botany*, 93, 125–130. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.04.001>
- Okta Letri Husna, T. Abu Hanifah, G. F. K. (2015). Analisis Kandungan Logam Timbal, Kadmium Dan Merkuri Dalam Produk Jamu Pegal Linu Yang Beredar Di Kota Pekanbaru. *Jom Fmipa Volume 2. No. 1*, 2(1), 130–135.
- Öztel, M. D., Kuleyin, A., & Akbal, F. (2020). Treatment of zinc plating wastewater by combination of electrocoagulation and ultrafiltration process. *Water Science and Technology*, 82(4), 663–672. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.357>
- Pangesti, D., Sumiyani, R., & Kuswandi, B. (2019). Pengembangan Strip Tes untuk Deteksi Pb dalam Jamu Pegal Linu Berbasis Dithizon secara Scanometri. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi, Ii*, 1–14.
- Pangesti, D. Y., Sumiyani, R., & Kuswandi, B. (2019). Strip Tes Berbasis 4-(2-Pyridylazo)-resorcinol untuk Deteksi Ion Cd(II) pada Jamu Pegal Linu Secara Scanometry. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Karya Putra Bangsa*, 2(2), 12–17.
- Patel, P. S. M. and V. B. (2010). *Spectrophotometric Method For Determination Of Fe(Ii) And Zn(Ii) In Multivitamin Soft Gel Capsule*. 2(April), 583–587.
- Podgaiskyte, V., & Vaitiekunas, P. (2009). Determination of cadmium in a municipal sewage sludge based compost by spectrophotometric method.

- Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(4), 219–225. <https://doi.org/10.3846/1648-6897.2009.17.219-225>
- Prabowo, D. A., & Abdullah, D. (2018). Deteksi dan Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Color Object Tracking. *Pseudocode*, 5(2), 85–91. <https://doi.org/10.33369/pseudocode.5.2.85-91>
- Pratama, H. A. (2022). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupaten Bangkalan*. 1–115.
- Pratiwi, N. A., & Sunarto. (2018). Perbandifan Validasi Metode Analisis Ion Tembaga (II) Tanpa Pengompleks dan dengan Pengompleks Na-Dietiltiokarbamat Secara Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Kimia Dasar*, 7(3), 96–105.
- Pugia, M. J. (2000). Technology behind diagnostic reagent strips. *Laboratory Medicine*, 31(2), 92–96. <https://doi.org/10.1309/15R1-46YG-CV95-C36K>
- Reinking, L. (2001). *ImageJ*.
- Riskyna, A., Kuswandi, B., & Sary, I. P. (2018). Pengembangan Strip Tes Berbasis Pararosanilina untuk Deteksi Formalin pada Sampel Tahu. *Pustaka Kesehatan*, 6(3), 416. <https://doi.org/10.19184/pk.v6i3.9869>
- Safitri, L. A. (2017). *Pengembangan Sensor kimia berbasis strip test untuk deteksi logam berat timbal(pb) pada sampel produk jamu*.
- Samadi, S., Shalmani, M. M., & Zakaria, S. A. (2019). Removal of heavy metals from Tehran south agricultural water by Zeolite N.P./PEG/GO nanocomposite. *Journal of Water and Environmental Nanotechnology*, 4(2), 157–166. <https://doi.org/10.22090/jwent.2019.02.007>
- Sedghi, R., Heidari, B., Javadi, H., & Sayyari, N. (2022). Design and synthesis of colorimetric sensor based on dithizone@TiO₂/poly (tert-butyl acrylate-acrylic acid) nanocomposite for fast visual detection of mercury, lead and cadmium ions in aqueous media. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 18(June 2021), 100670. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100670>
- Seftyani, M., Koko Pratoko, D., & Kuswandi, B. (2023). Penggunaan Indikator Film Edible dari Antosianin Ubi ungu untuk Monitoring Kesegaran Jamur Tiram Putih (Application of Film Edible Mushroom). *Penggunaan Indikator Film Edible Dari Antosianin e-Journal Pustaka Kesehatan*, 11(3), 151–155.
- Segovia, C. (2014). Sebaran Kandungan Logam Berat Zn, Hg Dan Sn Pada Air, Sedimen Dan Kupang Putih (*Corbula Faba H.*) Sebagai Indikator Pencemaran Di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur Skripsi. *Tesis Doctoral*, 2014(June), 1–2.

https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127%0Ahttps://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf%0Ausir.salford.ac.uk/29369/1/Angela_Darvill_thesis_esubmission.pdf%0Ahttps://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/ha

- Sekarwati, N., Murachman, B., & Sunarto. (2015). Dampak Logam Berat Cu (Tebaga) dan Ag (Perak) Pada Limbah Cair Industri Perak. *Ekosains*, VII(1), 64–76.
- Sen, I., & Vinayak Pendam, B. (2014). Determination of heavy metals in five major ingredients of herbal medicines. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(10), 4310–4314. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.5\(10\).4310-14](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.5(10).4310-14)
- Shafiuddin Ahmed, A. S., Sultana, S., Habib, A., Ullah, H., Musa, N., Belal Hossain, M., Mahfujur Rahman, M., & Shafiqul Islam Sarker, M. (2019). Bioaccumulation of heavy metals in some commercially important fishes from a tropical river estuary suggests higher potential health risk in children than adults. *PLoS ONE*, 14(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219336>
- Simaremare, E. S. (2019). Analisis Merkuri Dan Hidrokuinon Pada Krim Pemutih Yang Beredar Di Jayapura. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 8(1), 1–11. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v8i1.11813>
- Siriangkawut, W., Sittichan, P., Ponghong, K., & Chantiratikul, P. (2017). Quality assessment of trace Cd and Pb contaminants in Thai herbal medicines using ultrasound-assisted digestion prior to flame atomic absorption spectrometry. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(4), 960–967. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.011>
- Stephanie, M. M., Slamet, R., & Purwanto, A. (2011). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kontekstual Pada Materi Larutan Penyangga Sebagai Media Pembelajaran Sma Ipa Kelas Xi. *JRPK: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.21009/jrpk.011.01>
- Suoth, A. E., & Nazir, E. (2016). 373432-None-8D3Dbf8E. *10(2)*, 80–88.
- Supriyanto, G., Sc, M., & Hamami, D. (2011). *Sensor kimia untuk mendeteksi kromium (vi) dalam air limbah elektroplating menggunakan reagen. Vi.*
- Suyanta and Catri, C. R. (2016). (*the Effectiveness of Natural Zeolite As Metal Absorbent. 21(Ii)*, 87–97.
- Thohir, M. B., Roto, R., & Suherman, S. (2022). A Sol-gel Membrane Utilized Cellulose Paper Doped with α -furyl Dioxime for Colorimetric Determination of Nickel. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 109, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s00128-022-03622-3>

- Tjandraatmadja, G., & Diaper, C. (2006). Water for a Healthy Country: Sources of critical contaminants in domestic wastewater. *Water for a Healthy Country*, iv–80.
- Walcarius, A., & Collinson, M. (2009). Analytical Chemistry with Silica Sol-Gels: Traditional Routes to New Materials for Chemical Analysis. *Annual Review of Analytical Chemistry (Palo Alto, Calif.)*, 2, 121–143. <https://doi.org/10.1146/annurev-anchem-060908-155139>
- Wang, S., Xu, Z., Fang, Y., Liu, Z., Zhao, X., Yang, G., & Kong, F. (2018). Development of cellulosic paper-based test strips for mercury(II) determination in aqueous solution. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3594020>
- Who. (1989). Lead - Environmental aspects. *Environmental Health Criteria*, 85, 1–106.
- Widayat, W. S. N. I. (2005). Rancang Bangun Paket IPAL Rumah Sakit Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob, Kapasitas 20-30 M Per Hari. *Jurnal Air Indonesia*, 1(1).
- Widodo, S. (2020). Sebagai Bahan Aktif Pada Sensor Gas. *Jurnal Techno-Socio Ekonomika*, 14(1), 46–57.
- Wulan Ningtyas, K., & Piluharto, B. (2015). Identifikasi Ibuprofen, Ketoprofen dan Diklofenak Menggunakan Test Strip Berbasis Reagen Spesifik yang Diimobilisasi pada Membran Nata De Coco Identification of Ibuprofen, Ketoprofen and Diclofenac by Using Test Strip Based on Immobilized Specific Reagent . *Jurnal Ilmu Dasar*, 16(2), 49–54.
- Zainudin, A., Putri Anggun Sari, & Agus Riyadi. (2023). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Pondok Pesantren Nurul Falah Kabupaten Karawang Menggunakan Biofilter Anaerob-Aerob. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 68–85. <https://doi.org/10.52005/teslink.v5i2.279>
- Zuhriya, viky arina. (2015). Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen 1-(2-Pyridylazo)-2-Naphtol Untuk Mendeteksi Kadar Pb²⁺ Dalam Sampel Limbah Industri Kertas Proses Deinking. *In Skripsi*, 13(Ii).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan Standar

1. Pembuatan larutan standar logam Zn dari ZnSO₄ dengan konsentrasi 100 ppm dalam 25 ml

$$\text{ppm} = \frac{m \text{ (mg)}}{V \text{ (L)}}$$

$$100 \text{ ppm} = \frac{?}{0,025 \text{ L}} = 2.5 \text{ mg}$$

2. Pembuatan larutan Zn 0,5 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{25 \text{ mL} \times 0,5 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\ &= 0,125 \text{ mL} \end{aligned}$$

3. Pembuatan larutan Zn 1 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{25 \text{ mL} \times 1 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\ &= 0.25 \text{ mL} \end{aligned}$$

4. Pembuatan larutan Zn 3 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{25 \text{ mL} \times 3 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\ &= 0.75 \text{ mL} \end{aligned}$$

5. Pembuatan larutan Zn 5 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 &= \frac{25 \text{ mL} \times 5 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 &= 1,25 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

6. Pembuatan larutan Zn 7 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 &= \frac{25 \text{ mL} \times 7 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 &= 1,75 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

7. Pembuatan larutan Zn 10 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 &= \frac{25 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 &= 2,5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

8. Pembuatan larutan Zn 12 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 &= \frac{25 \text{ mL} \times 12 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 &= 3 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

9. Pembuatan larutan Zn 15 ppm dalam 25 mL

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 &= \frac{25 \text{ mL} \times 15 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}
 \end{aligned}$$

$$= 3,75 \text{ mL}$$

Lampiran 2 Pembuatan NaOH 0.3 M

1. Massa NaOH 10 %

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= 10 \% \times 10 \text{ g} \\ &= \frac{10}{100} \times 100 \text{ g} = 10 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa pelarut} &= (100-10) \% \times 100 \text{ g} \\ &= \frac{90}{100} \times 100 \text{ g} = 90 \text{ g} \end{aligned}$$

2. NaOH 10% berapa M?

$$\begin{aligned} M &= \frac{\text{Massa NaOH}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{1000}{\text{Volume larutan}} \\ &= \frac{10 \text{ g}}{40 \text{ gmol}} \times \frac{100}{100 \text{ ml}} \\ &= 2,5 \text{ M} \end{aligned}$$

3. Pengenceran NaOH 2,5 M menjadi 0,3 M 10 ml

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{10 \text{ mL} \times 0,3 \text{ M}}{2,5 \text{ M}} \\ &= 1,2 \text{ mL} \end{aligned}$$

Lampiran 3 Pembuatan Reagen ditizon

1. Pembuatan reagen ditizon 4 % 25 ml

$$\frac{1g}{25} \times 100 = 4 \%$$

2. Pengenceran menjadi 0,1 %

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{25 \text{ mL} \times 0,1 \%}{4\%} \\ &= 0,25 \text{ ml} \end{aligned}$$

3. Pengenceran menjadi 0,3 %

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{25 \text{ mL} \times 0,3 \%}{4\%} \\ &= 1,875 \text{ mL} \end{aligned}$$

4. Pengenceran menjadi 0,5 %

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{25 \text{ mL} \times 0,5 \%}{4\%} \\ &= 3,125 \text{ mL} \end{aligned}$$

Lampiran 4 pembuatan buffer fosfat pH 5, 6, 7, 8, dan 9

1. Membuat K_2HPO_4 0,1 M 100 ml

$$\begin{aligned} &= 0,1 \text{ mol/l} \times 0,1 \text{ L} \times 174,18 \text{ g/mol} \\ &= 1,7418 \text{ g} \end{aligned}$$

2. Membuat KH_2PO_4 0,1 M 100 ml

$$\begin{aligned} &= 0,1 \text{ mol/g} \times 0,1 \text{ L} \times 136,099 \\ &= 1,3609 \text{ g} \end{aligned}$$

3. Tabel larutan buffer 25 ml

pH	K_2HPO_4 0.1 M	KH_2PO_4 0.1 M
5	1,5 ml	23,5 ml
6	9,7 ml	15,3 ml
7	12 ml	13 ml
8	23,5 ml	1,5 ml
9	24,8 ml	0,2 ml

Lampiran 5. Data optimasi konsentrasi reagen ditizon

Logam Zn (ppm)	<i>Mean Green</i> 2	<i>Mean Green</i> 2	<i>Mean Green</i> 2	Rata-rata
0.5	135.221	147.702	147.816	143.580
1	151.922	157.442	158.396	155.920
3	154.387	157.275	170.380	160.681
5	154.125	165.950	180.941	167.005
7	158.773	172.230	180.969	170.657
10	163.199	173.791	184.022	173.671
12	166.182	182.602	194.508	181.097
15	168.188	187.577	191.912	182.559

Konsentrasi optimum 0.5 %

Lampiran 6 Data optimasi pH Larutan Zn

pH	<i>Mean Green</i>	<i>Mean Green</i>	<i>Mean Green</i>	Rata-rata	intensitas
5	98.341	116.312	111.064	108.5723	146.4277
6	93.309	95.062	103.352	97.241	157.759
7	99.209	102.244	118.484	106.6457	148.3643
8	131.586	107.554	130.284	123.1413	131.8587
9	135.29	125.052	133.236	131.1927	123.8073

pH optimum pH 6

Lampiran 7 Data Optimasi volume larutan Zn

Volume (μ l)	<i>Mean Green</i> 2	<i>Mean Green</i> 2	<i>Mean Green</i> 2	Rata-rata
2	136.685	125.299	138.655	121.4537
5	135.943	132.696	128.218	122.7143
7	133.267	122.317	120.773	129.5477
10	127.629	113.36	124.958	133.0177
13	137.212	145.39	137.809	114.863

Volume optimum 7 μ l

Lampiran 8. Pengukuran logam Zn dalam limbah

$$Y = 8.3692x + 102.47$$

$$X = \frac{119.256 - 102.47}{8.3692}$$

$$X = 2.0056 \text{ ppm}$$

$$X = \frac{147.052 - 102.47}{8.3692}$$

$$X = 5.3269 \text{ ppm}$$

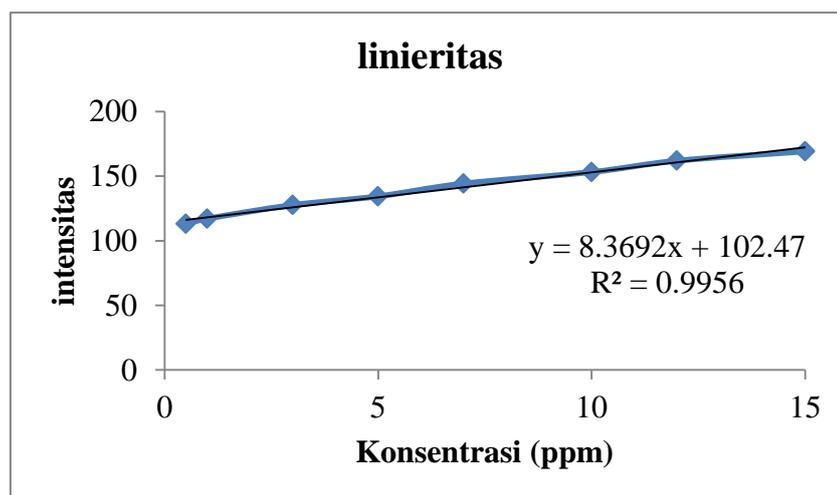
Lampiran 9. Data Validasi metode

1. Linieritas

kons	awal	awal2	awal3	awal4	awal5	maks	y
0,5	143.31	142.73	139.96	144.07	139.42	255	113.102
1	138.13	137.48	138.91	136.25	138.41	255	117.165
3	127.44	127.36	126.55	128.1	127.07	255	127.695
5	119.79	118.82	124.51	116.07	123.74	255	134.414
7	111.28	110.06	110.51	110.75	110.91	255	144.298
10	100.58	102	101.83	100.82	103.76	255	153.202
12	93.818	91.909	92	93.083	94.25	255	161.988
15	83.214	89	88.125	83.875	84.923	255	169.173

Regresi Linier $Y = 8.3692x + 102.47$

Koefisien Korelasi $R = 0,9956$



2. Batas Deteksi dan Batas Quantifikasi

Logam Zn (ppm)	Intensitas (y)	y [^]	y-y [^]	(y-y [^]) ²
0.5	113.102	116.21486	-3.113062	9.6911578
1	117.165	118.14737	-0.982166	0.964651
3	127.695	125.87738	1.8180173	3.305187
5	134.414	133.6074	0.8066012	0.6506054
7	144.298	141.33742	2.960385	8.7638792
10	153.202	152.93244	0.2695607	0.072663
12	161.988	160.66246	1.3255445	1.7570683
15	169.173	172.25748	-3.084879	9.516483
Jumlah				34.721695

Hasil batas deteksi (LoD) dan batas kuantifikasi (LoQ)

LoD	LoQ
1.1 ppm	3.7 ppm

Perhitungan batas deteksi (LoD) dan batas kuantifikasi (LoQ)

$$S_{b/x} = \sqrt{\frac{\sum(Y-Y^{\wedge})^2}{(n-2)}}$$

$$= \sqrt{\frac{34.721695}{(8-2)}}$$

$$= \sqrt{\frac{34.721695}{6}}$$

$$= 2.4056078$$

$$\text{LoD} = \frac{3S_{b/x}}{a}$$

$$= \frac{3 \times 2.4056078}{114.282}$$

$$= 1.110639 \text{ ppm}$$

$$\text{LoQ} = \frac{10S_{b/x}}{a}$$

$$= \frac{10 \times 2.4056078}{114.282}$$

$$= 3.702128 \text{ ppm}$$

3. Presisi

Logam Zn (ppm)	Rata-rata Intensitas	SD	%RSD
10	153.202	1,260016	0.822454
12	161.988	1,052149	0.649523
15	169.173	1.530171	1.530171
Jumlah			1.000716

$$\%RSD = \frac{SD}{rata-rata} \times 100$$

4. Akurasi

Sampel A

Logam Zn (ppm)	Rata-rata <i>Mean Green</i>	Cons. Terukur	% Kesalahan	% Akurasi
10	164.13	7.367	0.357314	99.64269
12	178.9013	9.123	0.313995	99.686
15	192.6353	10.772	0.392463	99.60754

Sampel B

Logam Zn (ppm)	Rata-rata <i>Mean Green</i>	Cons. Terukur	% Kesalahan	% Akurasi
10	190.426	10.50949	-0.04848	100.0485
12	192.6323	10.77311	0.113884	99.88612
15	196.7277	11.26245	0.33186	99.66814

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{\text{konsentrasi terukur spiked} - \text{konsentrasi teoritis}}{\text{konsentrasi teoritis}}$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \% \text{ Kesalahan}$$

5. Waktu Respon

Waktu (menit)	<i>Mean Green</i>	<i>Mean Green</i>	<i>Mean Green</i>	Rata-rata	Intensitas
5	170.944	157.702	159.32	162.6553	92.3446
10	161.306	149.725	151.861	154.2973	100.7027
15	157.38	145.768	145.641	149.5963	105.4037
20	154.814	143.51	144.828	147.7173	107.2827

