

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA BERBASIS SPOT TEST
TERIMMOBILISASI PEREAKSI KALIUM TIOSANAT (KSCN) UNTUK
MENDETEKSI LOGAM Fe SEBAGAI Fe³⁺**

SKRIPSI

**Oleh:
HILYATUL MAKNUNAH
NIM 16630001**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA BERBASIS SPOT TEST
TERIMMOBILISASI PEREAKSI KALIUM TIOSANAT (KSCN) UNTUK
MENDETEKSI LOGAM Fe SEBAGAI Fe³⁺**

SKRIPSI

**Oleh:
HILYATUL MAKNUNAH
NIM 16630001**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA BERBASIS SPOT TEST
TERIMMOBILISASI PEREAKSI KALIUM TIOSANAT (KSCN) UNTUK
MENDETEKSI LOGAM Fe SEBAGAI Fe³⁺**

SKRIPSI

Oleh:
HILYATUL MAKNUNAH
NIM. 16630001

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 2 September 2021

Pembimbing I



Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 200312 2 001

Pembimbing II



Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I
NIPT. 1979 0502 20180201 2 208

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA BERBASIS SPOT TEST
TERIMMOBILISASI PEREAKSI KALIUM TIOSANAT (KSCN) UNTUK
MENDETEKSI LOGAM Fe SEBAGAI Fe³⁺**

SKRIPSI

**Oleh:
HILYATUL MAKNUNAH
NIM. 16630001**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 2 September 2021**

Penguji Utama : Himmatul Baroroh, M.Si (.....)
NIP.19760611 200501 2 006

Ketua Penguji : Rif'atul Mahmudah, M.Si (.....)
NIDT. 19830125 20160801 2 068

Sekretaris Penguji : Diana Candra Dewi, M.Si (.....)
NIP. 19770720 200312 2 001

Anggota Penguji : Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I (.....)
NIPT.1979 0502 20180201 2 208

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hilyatul Maknunah

NIM : 16630001

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Berbasis Spot Test Terimmobilisasi Pereaksi Kalium Tiosanat (Kscn) untuk Mendeteksi Logam Fe sebagai Fe³⁺

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi atau hasil penelitian ini merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan data ataupun bentuk plagiasi atas karya ilmiah pihak lain yang saya akui sebagai karya ilmiah pribadi. Beberapa sumber yang berasal dari pihak lain sebagai referensi telah dicantumkan di dalam sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini adalah hasil jiplakan, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Malang, 9 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,



Hilyatul Maknunah

NIM. 16630001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kupanjatkan

Kehadirat Sang Maha Rahman

Yang kekuasaan-Nya tak terbatas garis sempadan

Dengan lemahnya diri ini , lalah yang memudahkan

Hingga pumalah karya ilmiah bentuk tulisan

Untuk siapa lagi kupersembahkan

Sebagai bentuk kesungguhan

Jika bukan kepada dua insan

Yang doanya senantiasa melangit turut menyesaki awan

Kedua orang tuaku, Ibu Busariya dan Bapak Hanifan

MOTTO

Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepada kamu, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan.

(QS. Al Qasas : 77)

KATA PENGANTAR

Assalaamualaikum wa Rahmatullaahi wa Barakaatuh

Puji syukur hanya untuk Allah Swt. yang senantiasa melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya sehingga atas izin-Nya, penulis dapat menyusun skripsi ini guna menyelesaikan tugas akhir perkuliahan jenjang sarjana dengan judul **“PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA BERBASIS SPOT TEST TERIMMOBILISASI PEREAKSI KALIUM TIOSANAT (KSCN) UNTUK MENDETEKSI LOGAM Fe SEBAGAI Fe³⁺”**

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan keharibaan baginda Nabi Muhammad Saw. serta kepada para keluarga, sahabat dan pengikut-pengikutnya.

Penyusunan skripsi ini tidak luput dari bimbingan, pengarahan dan nasihat dari beberapa pihak. Penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada:

1. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu memberikan arahan dan bimbingan.
2. Ibu Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I selaku pembimbing agama yang telah meluangkan waktu memberikan arahan dan bimbingan.
3. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan banyak bimbingan ilmu pengetahuan selama proses belajar.

Penyusunan skripsi ini juga tidak luput dari bantuan semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Hanifan dan Ibu Busariya yang selalu memberikan dukungan, bekal moril dan materil serta do'a.

2. Seluruh pihak penyelenggara beasiswa pendidikan bidikmisi yang telah memberikan kesempatan beasiswa pendidikan tinggi secara penuh hingga 4 tahun (8 semester) kepada penulis.
3. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia yang telah berdedikasi secara totalitas untuk kebaikan jurusan kimia.
4. Seluruh guru penulis di Ma'had Sunan Ampel Al-Aly, Pesantren Mahasiswa Al-Adzkiya' Nuurus Shofa dan Pondok Pesantren Al-Barokah yang selalu memberikan bekal moril, dukungan serta do'a.
5. Rekan-rekan penelitian dengan topik pembuatan sensor kimia, yang telah berbagi ilmu dan pengalaman penelitian.
6. Seluruh rekan seperjuangan penulis jurusan kimia angkatan tahun 2016 (CARBON 16) yang telah memberikan kesan indah dalam perjalanan menempuh ilmu, terkhusus teman-teman di kelas A Kimia 2016.
7. Seluruh rekan seperjuangan di Unit Hai'ah Tahfizh Quran (HTQ) UIN Malang masa khidmah 2017/2018 dan 2018/2019.
8. Seluruh rekan seperjuangan penulis di Bait Tahfizh Al-Quran (BTQ) Mahad Sunan Ampel Al-Aly 2017/2018 dan 2018/2019.
9. Seluruh rekan jurnalis di media NU Online Jawa Timur yang senantiasa memberikan semangat dan inspirasi.
10. Seluruh teman dan sahabat, khususnya Tri Wahyuningsih yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan atas penyusunan skripsi ini. Dengan begitu, penulis sangat mengharapkan masukan, saran, dan kritik yang

membangun guna penyempurnaan di masa yang akan datang. Terima kasih dan semoga bermanfaat.

Wassalaamu 'alaikum wa Rahmatullohi wa Barakaatuh.

Malang, Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Batasan Masalah.....	9
1.5 Manfaat Penelitian	10

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Kimia dalam Perspektif Al-Quran	11
2.2 Pencemaran Lingkungan Akibat Sampah	12
2.3 Kontaminan Logam Besi pada Air Limbah Lindi	15
2.4 Analisis Logam Besi (Fe) dengan Reagen KSCN	17
2.5 Sensor Kimia.....	19
2.5.1 Mekanisme Sensor Kimia	21
2.5.2 Teknik dalam Sensor Kimia.....	22
2.6 Metode Sol-gel.....	23
2.7 Pereaksi Kalium Tiosianat (KSCN).....	26
2.8 Identifikasi Pembentukan Kompleks Analit-Reagen	26
2.8.1 Klarifikasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	26
2.8.2 Konfirmasi Menggunakan Spektrofotometer Serapa Atom (SSA)	27
2.9 Senyawa Koordinasi.....	28
2.9.1 Teori Ikatan Valensi (<i>Valence Bond Theory</i>)	29
2.9.2 Teori Medan Kristal (<i>Crystal Field Theory</i>).....	29
2.9.3 Teori Orbital Molekul (<i>Molecular Orbital Theory</i>)	30

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Alat.....	31
3.3 Bahan	31
3.4 Rancangan Penelitian.....	32
3.5 Tahapan Penelitian.....	33
3.6 Pelaksanaan Penelitian.....	33

3.6.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks.....	34
3.6.2	Penentuan pH Optimum Kompleks	34
3.6.3	Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks.....	35
3.6.4	Uji Selektivitas.....	35
3.6.5	Pembuatan Kurva Standar Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$	36
3.6.6	Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Metode Sol-gel dengan TEOS	36
	3.6.8.1 Preparasi Sol-gel	36
	3.6.8.2 Pembuatan Sensor Kimia Sederhana	36
3.6.7	Pembuatan Deret Intensitas Warna terhadap Berbagai Konsentrasi.....	37
3.6.8	Uji Waktu Respon.....	37
3.6.9	Preparasi Sampel Air Limbah Lindi Metode Destruksi Basah	37
3.6.10	Uji Kinerja Sensor terhadap Sampel Air Limbah Lindi	38
3.6.11	Uji Perbandingan dengan Instrumen SSA.....	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks}) Kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$	40
4.2	Penentuan pH Optimum Pembentukan Kompleks.....	42
4.3	Waktu Kestabilan Kompleks	44
4.4	Uji Selektivitas.....	45
4.5	Pembuatan Kurva Standar Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$	47
4.6	Pembuatan Sensor Kimia Fe^{3+} Metode Sol-Gel dengan TEOS.....	48
	4.6.1 Preparasi Sol-Gel	48
	4.6.2 Pembuatan Sensor Kimia.....	50
4.7	Pembuatan Deret Intensitas Warna Terhadap Berbagai Konsentrasi	51
	4.7.1 Deret Intensitas Warna dalam Bentuk Larutan.....	51
	4.7.2 Deret Intensitas Warna dalam Bentuk Sensor Kimia Sederhana.....	52
4.8	Uji Waktu Respon.....	53
4.9	Pengaplikasian Sensor Terhadap Sampel	53
	4.9.1 Preparasi Sampel.....	53
	4.9.2 Uji Kinerja Sensor Terhadap Smpel Air Lindi	54
4.10	Uji Perbandingan dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	56
4.11	Hikmah Pembuatan Sensor Kimia Sederhana	57

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran.....	61

DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Salah Satu Kolam Penampungan Air Limbah Lindi Di TPA Batu.....	16
Gambar 2.2 Konfigurasi Elektron Fe dan Fe ³⁺	18
Gambar 2.3 Struktur Geometri Kompleks Fe(III) Tiosianat.....	19
Gambar 2.4 Ilustrasi Cara Kerja Sensor Kimia.....	20
Gambar 2.5 Sensor Kimia Berbasis Reaksi Anak-kunci (<i>keylock</i>)	21
Gambar 2.6 Sensor Kimia Berbasis Reaksi Transfer Muatan.....	22
Gambar 2.7 Teknik dan Metode Immobilisasi.....	23
Gambar 2.8 Tahapan Nanopartikel Metode Sol-gel	24
Gambar 4.1 Bentuk Geometri Kompleks Fe(SCN) ₆ ³⁻	41
Gambar 4.2 Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Fe(III)-tiosianat	42
Gambar 4.3 Absorbansi Kompleks Fe(III)-tiosianat dengan Variasi pH.....	43
Gambar 4.4 Grafik Absorbansi Fe(SCN) ₆ ³⁻ terhadap Variasi Waktu	45
Gambar 4.5 Uji Selektivitas Reagen KSCN terhadap Logam Cu ²⁺	47
Gambar 4.6 Kurva Standar Kompleks Fe(III)-tiosianat.....	48
Gambar 4.7 Proses Pembuatan Sol-Gel	50
Gambar 4.8 Sensor Kimia Sederhana Berbentuk Stik	51
Gambar 4.9 Hasil Analisis Air Lindi Menggunakan Sensor.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Absorbansi Uji Selektivitas	46
Tabel 4.2 Deret Intensitas Warna Kompleks Fe(III)-tiosianat Bentuk Larutan.....	52
Tabel 4.3 Deret Intensitas Warna Kompleks Fe(III)-tiosianat Bentuk Sensor	53
Tabel 4.4 Hasil Analisis Tiga Jenis Air Lindi Menggunakan Sensor	55
Tabel 4.5 Penampakan Sensor Setelah Ditetesi Tiga Jenis Air Lindi.....	56
Tabel 4.6 Deret Warna Pada Sensor Menggunakan Larutan Standar Fe ³⁺	56
Tabel 4.7 Konsentrasi Fe Pada Sampel Berdasarkan Hasil Analisis SSA.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	66
Lampiran 2. Diagram Alir.....	67
Lampiran 3. Perhitungan.....	71
Lampiran 4. Hasil Analisis UV-Vis	75
Lampiran 5. Hasil Analisis AAS.....	86
Lampiran 6 Dokumentasi	87
Lampiran 7. <i>Risk Assesment</i>	89

ABSTRAK

Maknunah, Hilyatul. 2021. **Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Berbasis Spot Test Terimmobilisasi Pereaksi Kalium Tiosianat (KSCN) untuk Mendeteksi Logam Fe Sebagai Fe^{3+} . Skripsi.** Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si, Pembimbing II: Mubasyiroh, M.Pd.I.

Kata Kunci: Logam Fe^{3+} , Kalium Tiosianat, Sensor Kimia, Sol-Gel, Air Limbah Lindi

Kuantitas kandungan logam besi di dalam air lindi menjadi salah satu kontrol kualitas air di sekitarnya. Salah satu kontaminan yang berbahaya dengan kadar tinggi adalah logam besi. Terdapat beberapa metode dalam analisis logam besi di dalam sebuah larutan di antaranya menggunakan instrumen ultraviolet sinar tampak (UV-Vis) dan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Akan tetapi metode tersebut sulit diterapkan secara luas. Alat sensor kimia sederhana reagen Kalium Tiosianat (KSCN) dapat dijadikan solusi untuk mempermudah mendeteksi logam besi di dalam air lindi secara langsung (in situ) di lapangan dengan hasil cepat dan proses yang mudah.

Rentang konsentrasi Fe^{3+} yang diteliti yaitu 10-50 ppm. Optimasi pembentukan senyawa $Fe(SCN)_6^{3-}$ meliputi pH optimum dan waktu kestabilan. Uji selektivitas menggunakan logam Cu^{2+} dengan perbandingan konsentrasi Fe:Cu sebesar 10:10; 10:30; dan 10:50 (b/v). Metode yang digunakan adalah teknik immobilisasi metode sol-gel dengan prekursor tetraetilortosilikat (TEOS).

Hasil optimasi pembentukan kompleks $Fe(SCN)_6^{3-}$ stabil pada rentang waktu 0-15 menit pertama, pH optimum 2,0. Waktu respon seketika (spontan) memberikan respon warna sesuai konsentrasi. Respon sensor kimia terhadap kadar logam besi pada air lindi kolam ABR, Maturasi dan *Wetline* secara urut adalah terdeteksi pada rentang ± 10 ppm; tidak terdeteksi; dan tidak terdeteksi. Sedangkan hasil pengukuran menggunakan AAS secara urut: 9.72 ppm; 5.00 ppm; dan 5.47 ppm.

ABSTRACT

Maknunah, Hilyatul. 2021. **Manufacture of Simple Chemical Sensor Based on Spot Test Technique Immobilized with Potassium Thiosanate (KSCN) Reagent to Recognize Fe as a Fe³⁺ Metal. Research Result Report. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor I: Diana Candra Dewi, M.Si, Supervisor II: Mubasyiroh, M.Pd.I.**

Keywords: Fe³⁺ Metal, Potassium Thiocyanate (KSCN), Chemical Sensors, Sol-Gel, Leachate Wastewater

The quantity of ferrous metal content in the leachate is one of the controls for the quality of the surrounding water. There are several methods in the analysis of ferrous metal in a solution, including using Ultraviolet Visible (UV-Vis) light and Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) instruments. However, this method is difficult to apply widely. The simple chemical sensor with potassium thiocyanate reagent (KSCN) can be used as a solution to make it easier to detect ferrous metals in leachate directly (in situ) in the field with easier and quickly

The range of Fe³⁺ concentrations studied was 10-50 ppm. Optimization of the formation of Fe(SCN)₆³⁻ includes optimum pH and stability time. Selectivity test using metal Cu²⁺ with a ratio of Fe:Cu concentration of 10:10; 10:30; and 10:50 (w/v). The method used is the sol-gel method of immobilization with a tetraethylorthosilicate (TEOS) precursor.

The optimization results for the formation of the Fe(SCN)₆³⁻ complex is stable in the first 0-15 minutes, the optimum pH is 2.0. Spontaneously gives a color response according to concentration. The response of chemical sensors to iron levels in ABR, Maturation and Wetline sequentially was detected in the range of ± 10 ppm; not detected; and not detected. While the results of the measurements using AAS in sequence: 9.72 ppm; 5.00 ppm; and 5.47 ppm..

مستخلص البحث

المكونة، حلية. 2021. صنع مستشعر كيميائي بسيط بناءً على اختبار البقعة الثابتة لكاشف ثيوكانات البوتاسيوم (KSCN) لاكتشاف الحديد المعدني على شكل Fe^{3+} . البحث العلمي. قسم الكيمياء. كلية العلوم و التكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك ابراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى: ديانا جانديرا ديوي الماجيستير ؛ المشرفة الثانية: مبشرة الماجيستير.

الكلمات المفتاحية: معدن Fe^{3+} ، ثيوسيانات البوتاسيوم ، مستشعر كيميائي ، سول-جيل ، ترشيح مياه الصرف الصحي

تعد كمية محتوى المعادن الحديدية في العصارة أحد ضوابط جودة المياه المحيطة. هناك عدة طرق في تحليل المعادن الحديدية في المحلول ، بما في ذلك استخدام الضوء المرئي فوق البنفسجي (UV-Vis) و أدوات التحليل الطيفي للامتصاص الذري (SSA). ومع ذلك ، من الصعب تطبيق هذه الطريقة على نطاق واسع. يمكن استخدام جهاز الاستشعار الكيميائي البسيط ، كاشف ثيوسيانات البوتاسيوم (KSCN) كحل لتسهيل اكتشاف المعادن الحديدية في العصارة مباشرة (في الموقع) في الحقل مع نتائج سريعة وعملية سهلة. تراوح مدى تركيزات Fe^{3+} المدروسة من 10 إلى 50 جزء في المليون. تحسين تكوين $Fe(SCN)_6^{3-}$ يشمل درجة الحموضة المثلى و وقت الاستقرار. اختبار الانتقائية باستخدام معدن Cu^{2+} بنسبة تركيز Fe:Cu من 10:10 ؛ 10:30 ؛ و 10:50 (b/v). الطريقة المستخدمة هي طريقة سول-جيل (Sol-Gel) للتثبيت باستخدام طليعة رباعي إيثيل أورثوسيليكات (TEOS).

نتائج التحسين لتكوين مركب $Fe(SCN)_6^{3-}$ مستقرة في أول 0-15 دقيقة ، و درجة الحموضة المثلى هي 2.0. يعطي وقت الاستجابة اللحظي (العفوي) استجابة لونية حسب التركيز. تم الكشف عن استجابة المستشعرات الكيميائية لمستويات الحديد في العصارة ABR و النضج و أحواض الخط المبلل بالتتابع في نطاق ± 10 جزء في المليون ؛ لم يتم الكشف عن ؛ و لم يتم الكشف عنها. بينما كانت نتائج القياسات باستخدام AAS بالتسلسل: 9.72 جزء في المليون؛ 5.00 جزء في المليون ؛ و 5.47 جزء في المليون.

B A B I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Besi merupakan logam yang banyak ditemui secara alamiah di bebatuan, tanah, dan air. Tak jarang juga logam ini berasal dari berbagai aktivitas manusia, di antaranya dapat berupa limbah baterai, kemasan kaleng, limbah-limbah elektronik, dan sebagainya. Sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk dan diiringi dengan meningkatnya laju pembangunan di semua sektor, hal tersebut memicu naiknya kebutuhan sehingga secara tidak langsung, volume limbah (sampah) akibat aktivitas tersebut juga meningkat (Warsinah, dkk, 2015).

Sumber sampah yang terdapat di beberapa pemukiman, industri, maupun tempat umum yang berupa kertas, botol kemas kaleng, baterai bekas, barang-barang elektronik dan lain-lain mengalami dekomposisi. Proses dekomposisi jenis sampah tersebut dapat menghasilkan dua fraksi besar di antaranya fraksi organik dan anorganik. Fraksi anorganik terdiri dari beberapa mineral seperti logam berat besi (Fe). Logam besi yang terdapat di dalam sampah akan terdekomposisi dan ikut larut bersama dengan terbentuknya air lindi kemudian membentuk satu kesatuan dengan tanah. Migrasi logam berat besi akan semakin cepat apabila lokasi di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan lokasi perairan. Berdasarkan hal itu, perlu diketahui bagaimana proses dan pengaruh distribusi logam besi di sekitar TPA (Warsinah, dkk, 2015).

Hampir di setiap kota besar menyediakan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), akan tetapi hanya terfokus pada pengolahan sampah saja. Padahal

timbunan sampah tersebut dapat menimbulkan adanya aliran air lindi (*leachate*) yang berpotensi dapat mencemari lingkungan (Hadiwidodo, dkk, 2012).

Air lindi merupakan air hasil pembusukan sampah yang tersusun atas zat-zat kimia, baik organik maupun anorganik. Air lindi memiliki sifat akumulatif sebab komposisinya juga terdiri dari berbagai jenis mikroorganisme, seperti bakteri patogen.. Sehingga air lindi sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Apabila air hujan melewati sampah maka akan mempercepat proses masuknya air lindi ke dalam tanah dan dapat menyebabkan pencemaran air tanah (Adipura, 2015).

Air lindi yang merupakan hasil dari tumpukan berbagai jenis sampah dapat menyebabkan kerusakan pada air tanah, apabila hal ini tidak ditangani akan menimbulkan masalah serius dalam hal pencemaran air di sekitar TPA. Kerusakan dapat terjadi sebab adanya ketidaktahuan dan ketidaksadaran sebab manusia tidak melakukan suatu tindakan untuk pengontrolan kualitas dan ambang batas diperbolehkannya suatu zat terkandung di dalam air lindi yang dapat memengaruhi sumber air di sekitarnya.

Air menjadi sumber daya alam yang sangat penting karena diperlukan sepanjang masa untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam berbagai aspek kehidupan. Oleh sebab itu sumber daya air harus dilindungi dan dijaga kelestariannya, sebab dalam tatanan kebutuhan kehidupan masyarakat, air mengambil banyak peran diantaranya untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, irigasi, kebersihan lingkungan, keperluan industri dan sebagainya. Kemampuan air untuk melarutkan berbagai zat sangat penting dalam proses hidup dan

keseimbangan lingkungan. Seluruh proses metabolisme makhluk hidup membutuhkan air (Damin, 2006).

Al-Quran menyebutkan air melalui ayat-ayat yang berkaitan dengan kehidupan dan disebut sebanyak 21 kali secara makrifat dan 41 kali dalam bentuk nakirah di antaranya termaktub di dalam Surat Al Baqarah : 22, 74, 164, An-Nisa' : 43, Al-Maidah: 6, Al-An'am 99, Al-A'raf: 50, 57, Al-Anfal: 11, Yunus: 24, Hud: 7, 43, 44, Ar-Ra'd: 4, dan 14, Ibrahim: 16, 32, Al Hijr: 22, An-Nahl: 10, 65, Al Kahfi: 29, 41, 45, Thaha: 53, Al-Anbiya': 30, Al-Hajj: 5, 63, Al Mukminun: 18, An-Nur: 39, 45, Al Furqon: 48, 54, An-Naml: 60, Al-Qasash: 23, Al-Ankabut: 63, Ar Rum: 24, Luqman: 10, As-Sajdah: 8, 27, Fatir: 27, Az-Zumar: 21, Fushilat: 39, Az-Zukhruf: 11, Muhammad: 15, Qaf: 9, Al Qamar: 11, 12, 28, Al Waqiah: 31, 68, Al Mulk: 30, Al Haqqah:11, Al-Jin: 16, Mursalat: 20, 27, An-Naba: 14, Abasa: 25, At-Thariq: 6, dan An-Naziat: 31. (Sawaluddin, 2018).

Penciptaan langit dan bumi terjadi setelah Allah Swt. menciptakan *arsy*. Sedangkan *arsy* sendiri diciptakan oleh Allah diatas air, seperti termaktub dalam firman-Nya Quran Surat Hud ayat 7 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ وَكَانَ عَرْشُهُ عَلَى الْمَاءِ لِيَبْلُوكُمْ
 أَيُّكُمْ أَحْسَنُ عَمَلًا وَلَئِنْ قُلْتُمْ إِنَّكُمْ مَبْعُوثُونَ مِنْ بَعْدِ الْمَوْتِ لَيَقُولَنَّ الَّذِينَ كَفَرُوا إِنْ
 هَذَا إِلَّا سِحْرٌ مُبِينٌ (٧)

Artinya “dan Dialah yang menciptakan langit dan bumi didalam enam masa, dan adalah singgasana-Nya (sebelum itu) diatas air, agar Dia menguji siapakah diantara kamu yang lebih baik amalnya dan jika kamu berkata (kepada penduduk Mekkah) “sesungguhnya kamu akan dibangkitkan sesudah mati” niscaya orang-orang kafir itu akan berkata “ini tidak lain hanyalah sihir yang nyata”. (QS. Hud Ayat 7).

Tantawi Jawhari dalam kitab tafsirnya mengurai ayat tersebut bahwa Allah Swt. mengatur alam semesta secara terus menerus sehingga eksistensi pengawalan dan pengaturan-Nya tiada henti terhadap seluruh makhluk-Nya. Kata enam masa didalam ayat tersebut secara kontekstual tidak sama seperti hari-hari yang umumnya dilewati oleh manusia. Tantawi menafsirkan ayat tersebut dengan penciptaan air terlebih dahulu kemudian baru menciptakan *arsy* di atasnya. Setelah itu, Allah Swt. mencatat segala hal didalam *al-Dzikir*. Inilah yang dapat menjadi bukti nyata keberadaan alam semesta atas kuasa Allah. (Jauhari, 2004).

Menurut ilmu pengetahuan, unsur penciptaan air terdiri dari atom-atom penyusunnya yaitu dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Al-Quran telah menjelaskan dalam ayat-ayatnya mengenai peran penting air sebagai sumber primer kehidupan dan lingkungan, tak terkecuali manusia sebagai pemeran *Khalifat Allah fi al-ard* yakni sebagai pengemban amanat untuk mengelola alam semesta, sehingga keberlangsungan hidup alam ini sangat bergantung terhadap manusia. Kelestarian alam, baik dan buruknya juga tidak terlepas dari peran dan tingkah laku manusia. Alam diciptakan Allah dalam keadaan semula yang teratur dan seimbang, lalu ditangan manusialah nasib keberlangsungan keadaan alam tersebut, dalam hal ini Allah Swt. telah memperingatkan untuk menjaga perbuatan agar tidak merusak apa yang telah disediakan. Oleh karena itu, Manusia memiliki tanggung jawab besar terhadap kehidupannya, salah satunya menjaga keseimbangan sumberdaya air (Jauhari, 2004).

Ditinjau dari ilmu kesehatan masyarakat, penyediaan sumber air bersih harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat karena persediaan air bersih yang terbatas dapat menimbulkan dampak yang tidak diharapkan baik bagi masyarakat

maupun lingkungan. Berdasarkan banyaknya penggunaan dan kebutuhan air, diharapkan kualitas air yang digunakan masih dalam batas-batas toleransi kriteria kualitas air yang layak untuk digunakan (Effendi, 2013).

Adanya akumulasi zat berbahaya yang berlebihan di dalam air di sekitar TPA dapat diakibatkan oleh pencemaran yang salah satunya disebabkan oleh kualitas air lindi. Baku mutu air yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014 dan PP no.82/2001 sebesar 5 mg/L untuk air lindi.

Salah satu parameter yang menjadi tolok ukur kualitas air adalah sifat dari air tersebut. Secara kimiawi, kandungan beberapa logam utamanya logam berat perlu diperhatikan agar tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sebab apabila konsentrasi logam berat sangat tinggi dapat terakumulasi dalam jaringan organisme dan membahayakan kehidupan organisme serta lingkungan (Birry , 2012).

Beberapa parameter penentuan kualitas air dapat dilakukan langsung secara subjektif atau dengan uji organoleptis seperti mengamati sifat fisik berupa bau, rasa dan warna sedangkan kontaminasi mikroorganisme dapat diatasi dengan proses perebusan (apabila air akan dikonsumsi). Sementara itu, parameter kandungan logam berat sangat sulit dideteksi seperti parameter yang lain. Maka dalam penelitian ini dilakukan pengembangan alat tes kit sederhana untuk mendeteksi keberadaan logam besi di dalam air lindi sebagai sumber utama pencemar air tanah di sekitarnya.

Dampak yang ditimbulkan dari kadar Fe yang tinggi didalam air memunculkan keluhan oleh beberapa orang salah satunya adalah keluhan mengenai sifat air. Air dengan konsentrasi logam besi tinggi memiliki sifat aroma

yang khas seperti bau logam besi dan menyebabkan perubahan warna pada tempat lain yang menjadi tempat mengalirnya air tersebut. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Tirono, dkk (2005) hal tersebut terjadi akibat adanya kandungan logam dengan konsentrasi berlebih utamanya logam Fe (besi). Dengan demikian, perlu ada langkah terbaru untuk mengidentifikasi kadar Fe yang terdapat dalam sumber air tersebut. Tingginya konsentrasi di perairan dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya oleh aktivitas manusia sendiri yang membuang limbah sembarangan sehingga mencemari sumber utama air dan korosi pada pipa-pipa air yang mengandung besi (Ika and Said, 2012).

Logam besi (Fe) merupakan logam dengan kelimpahan terbanyak kedua setelah aluminium pada kulit bumi (Rahayu, 2013). Besi pada umumnya berbentuk ion-ion Fe(II) dan Fe(III) yang dapat menentukan kesadahan dan pencemaran logam berat didalam air. Keberadaan ion-ion besi tersebut dapat dianalisa secara kimia dengan direaksikan menggunakan larutan kalium tiosianat (KSCN) menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada daerah sinar tampak, sebab ion Fe dapat berperan sebagai atom pusat dari ligan SCN (Pratama, 2017). Indikasi terbentuknya senyawa kompleks antara besi dengan ligan dari pereaksi KSCN adalah terbentuknya suatu warna yang spesifik.

Penelitian mengenai identifikasi kandungan beberapa jenis logam dalam suatu sistem larutan telah banyak dilakukan di antaranya adalah penentuan kadar besi dalam air tambak secara spektrofotometri serapan atom oleh Ainayah et al., (2018), dan dengan metode yang sama dengan sampel yang berbeda juga pernah dilakukan oleh Supriyantini and Endrawati (2015) dengan sampel perairan dan Ismayanti et al., (2019) dengan sampel air minum. Sedangkan metode non-

spektrofotometri yaitu terbentuknya intensitas polarisasi cahaya akibat adanya kontaminan logam besi dalam air, pernah diuji oleh Nugroho (2016). Metode-metode tersebut masih terkendala oleh rumitnya prosedur sehingga sulit diterapkan secara luas dalam masyarakat sebab membutuhkan waktu yang relatif lama dan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut, perlu adanya suatu langkah untuk mengefektifkan identifikasi dan deteksi logam besi dalam suatu sistem larutan menggunakan alat sensor kimia sederhana model stik yang bersifat semi kuantitatif, murah, mudah, aman dan cepat.

Sensor kimia yang dimaksudkan dalam penelitian ini merupakan sebuah alat tes kit atau disebut dengan metode kit, salah satu contoh umum yang telah banyak kita ketahui adalah kertas lakmus atau kertas pH. Piranti sensor tersebut dapat memberikan indikasi secara kualitatif dari senyawa targetnya. Respon tersebut dapat secara kimiawi maupun elektrik kemudian diubah menjadi suatu sinyal yang dapat diamati biasanya oleh indera penglihatan kita (Kuswandi, 2008).

Perkembangan penelitian tentang pembuatan sensor kimia terus berkembang sehingga menghasilkan banyak jenis sensor kimia. Salah satunya seperti pembuatan sensor kimia model stik untuk mendeteksi keberadaan logam Cu^{2+} dalam air sungai. Hasil optimasi pembentukan kompleks antara logam Cu^{2+} dengan reagen diperoleh pada rentang waktu 55 sampai dengan 180 menit stabil, konsentrasi optimum reagen PAR sebesar 3 ppm pada pH optimum 6. Ion Fe^{3+} mengganggu pada perbandingan 1 : 1 (b/v) dan dapat dikurangi dengan menambahkan NaOH pada konsentrasi optimum 0,005 M dan waktu respon

sensor adalah 32 detik. Konsentrasi logam Cu^{2+} Tidak melebihi ambang batas yaitu sebesar 0 - 0,02 ppm dan 0,08 ppm. (Avia, 2015).

Deteksi kadar logam Fe^{3+} pada air limbah lindi ini dilakukan menggunakan suatu sensor kimia sederhana berbentuk stik dengan pereaksi kalium tiosianat (KSCN). Reaksi antara logam Fe^{3+} dengan reagen KSCN akan menunjukkan perubahan warna menjadi merah (Agustina, 2017). Tes kit yang dibuat ini berdasarkan metode kolorimetri dimana metode ini didasarkan terhadap pembentukan warna yang akan meningkatkan intensitas seiring dengan konsentrasi yang dipakai oleh sebuah komponen (Dini and Sulistyarti, 2013). Sampel air limbah lindi diambil dari Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pengelolaan Air Limbah Domestik (PALD) Kota Batu dengan metode *random sampling*. Jenis pengikatan yang digunakan di dalam sensor adalah teknik *entrapment* dengan metode sintesis anorganik sol-gel dengan prekursor tetraetilortosilika (TEOS). Hasil dari penelitian ini aman untuk digunakan, mudah dan murah untuk mendeteksi keberadaan logam Fe^{3+} pada air limbah lindi yang sudah dipreparasi serta dapat digunakan dalam beberapa jenis larutan lain yang memenuhi syarat deteksi sensor.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah kondisi optimum (panjang gelombang maksimum, pH, dan waktu kestabilan) yang dibutuhkan dalam pembuatan sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) untuk mendeteksi logam Fe sebagai Fe^{3+} dalam air limbah lindi?

2. Bagaimanakah kinerja sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) untuk mendeteksi logam Fe sebagai Fe^{3+} dalam air limbah lindi ditinjau dari selektivitas sensor, respon waktu dan perbandingan warna pada sensor?
3. Bagaimanakah kinerja sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) untuk mendeteksi logam Fe sebagai Fe^{3+} dalam air limbah lindi dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan AAS?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kondisi optimum (panjang gelombang maksimum, pH, dan waktu kestabilan) yang dibutuhkan dalam pembuatan sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) untuk mendeteksi logam Fe sebagai Fe^{3+} dalam air limbah lindi.
2. Mengetahui kinerja sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) untuk mendeteksi logam Fe sebagai Fe^{3+} dalam air limbah lindi ditinjau dari selektivitas sensor, respon waktu dan perbandingan warna pada sensor.
3. Mengetahui kinerja sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) untuk mendeteksi logam Fe sebagai Fe^{3+} dalam air limbah lindi dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan AAS.

1.4 Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan adalah metode sol-gel dan prekursor yang digunakan adalah tetraetilortosilika (TEOS).
2. Logam Cu^{2+} adalah logam yang dijadikan sebagai logam pengganggu analisis.

3. Sampel yang digunakan adalah air limbah lindi yang diambil dari UPT Pembuangan Air Limbah Daerah (PALD) Kota Batu.
4. Beberapa kondisi optimum reagen dan kompleks yang ingin dicapai diantaranya: Panjang gelombang optimum dan pH optimum.
5. Kinerja sensor ditinjau dari respon waktu dan selektivitas.
6. Logam Fe yang terkandung dioksidasi menjadi Fe^{3+}

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan mampu memberikan alternatif metode analisis non-instrumentasi dan sebagai informasi awal metode tes kit untuk mengidentifikasi atau merekognisi keberadaan logam besi (Fe) dalam suatu limbah cair dengan kandungan Fe yang tinggi dengan kelebihan murah, mudah, cepat dan aman.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Kimia dalam Perspektif Al Qur'an

Allah Swt. menciptakan alam semesta beserta isinya dengan manfaat masing-masing sebagai tanda kebesaran dan kasih sayang-Nya. Namun seiring dengan bertambahnya usia bumi, intervensi manusia dalam rangka memenuhi kebutuhan kehidupan seringkali menyebabkan terganggunya keharmonisan, keserasian dan keteraturan beberapa aspek dalam tatanan kehidupan. Salah satunya adalah terjadinya pencemaran lingkungan sehingga kualitas sumber daya alam semakin buruk bahkan tidak layak apabila digunakan. Hal ini apabila tidak dicegah atau ditangani dengan baik, maka akan menimbulkan masalah dan kerusakan. Kerusakan tersebut disebabkan karena ketidaktahuan atau ketidaksadaran manusia yang hanya mengejar manfaatnya tanpa bertanggung jawab atas kerusakan yang diakibatkan oleh manusia itu sendiri. Oleh sebab itu, Allah Swt.. telah mengingatkan kita dalam surat al-A'raf ayat 56 yang berbunyi :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ

مِّنَ الْمُحْسِنِينَ (٥٦)

Artinya “dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah memperbaikannya. Berdo'alah kepadanya dalam keadaan takut dan harapan. Sesungguhnya rahmat Allah lebih dekat kepada al-Muhsiniin”(QS. Al-A'raf : 56).

Menurut Prof. Quraisy Shihab dalam kitab tafsir al-Misbah, ayat ini melarang pengrusakan di muka bumi karena hal tersebut termasuk ke dalam

perbuatan melampaui batas. Al-Quran sebagai pedoman hidup menjelaskan larangan untuk berbuat kerusakan seperti mencemari lingkungan, karena akan berdampak buruk bagi manusia itu sendiri, oleh sebab itu sebagai hamba Allah, manusia diperintahkan agar tidak berbuat kerusakan dan memperbaiki kerusakan dengan akal pikiran dan ilmu pengetahuan yang dimiliki, karena Allah senantiasa merahmati orang-orang yang menggunakan ilmunya di jalan Allah (Kementerian Agama, 2014).

Salah satu bentuk memperhatikan dan memperbaiki kerusakan adalah mengontrol kualitas sesuatu yang berkaitan erat untuk kelangsungan hidup kita, utamanya lingkungan sebagai sumber daya yang sangat berperan dalam aktivitas kehidupan. Pembuatan sensor kimia untuk mendeteksi kadar logam besi (Fe) dalam air lindi merupakan salah satu upaya pengontrolan yang dapat dilakukan dalam bidang kimia.

Allah Swt. menitipkan pengetahuan dari ayat-ayat kauniyahnya. Pembuatan sensor kimia logam besi ini merupakan sebuah upaya untuk mempelajari dan menambah rasa syukur serta meningkatkan status kehambaan dengan semakin bersujud taat dan mengagungkan Allah selamanya.

2.2 Pencemaran Lingkungan Akibat Sampah

Sampah merupakan semua bahan buangan yang dihasilkan melalui aktivitas makhluk hidup yang berupa padatan bersifat organik maupun anorganik. Sampah menjadi permasalahan serius yang dihadapi masyarakat terutama di kota-kota besar. Sampah menjadi salah satu penyumbang pencemaran lingkungan, dari hasil penumpukan sampah tersebut terdapat air limbah lindi yang dapat menyerap

ke dalam tanah sehingga dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air secara langsung.

Menurut Sudarwin (2008), pengolahan sampah yang paling banyak diterapkan adalah:

1. Open dumping

Cara ini merupakan cara yang paling mudah dan murah namun banyak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan seperti bau tidak sedap, berserakan, dan dimungkinkan menjadi sarang bibit penyakit sebab cara ini hanya membuang lalu membiarkan sampah begitu saja.

2. Incineration

Metode ini disebut juga dengan pembakaran sampah namun diawasi dengan baik. Pada metode ini, zat padat yang tersisa berupa abu akan meminimalisasi penumpukan dalam bentuk sampah yang jumlahnya relative besar

3. Sanitary Landfill

Metode ini cukup dianjurkan, yaitu dengan prosedur sampah dibuang, ditutup tanah lalu dipadatkan dengan alat berat agar mampat, lapisan di atasnya dituangkan sampah berikut tanah secara berlapis seterusnya sampai rata dengan tanah.

4. Composting

Metode composting adalah sampah diolah secara fermentatif. tumpukan sampah dibolak-balik secara periodik agar fermentasi berjalan baik dan merata. penimbunan pada metode ini lebih kecil daripada penumpukan terbuka. Composting dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk dan diperlukan waktu sekitar dua bulan.

5. Daur Ulang

Daur ulang merupakan metode dengan cara mengelompokkan sampah menurut jenisnya, kemudian setiap kelompok sampah diolah menjadi suatu produk baru yang berharga. Semisal kertas bekas didaur ulang menjadi kertas baru. Hal ini dapat juga dilakukan terhadap jenis sampah yang lain.

6. Fermentasi Anaerobik

Metode ini memanfaatkan mikroorganisme untuk merombak sampah tanpa udara lalu terbentuklah gas metan dan karbondioksida.

Pengolahan sampah yang tidak tepat dan benar dapat menimbulkan dampak secara langsung yaitu timbulnya pencemaran lingkungan sehingga terjadi penurunan kualitas lingkungan. Sampah adalah media yang baik bagi mikroorganisme untuk hidup termasuk yang berbahaya/pathogen (menyebabkan penyakit) dapat mempengaruhi kualitas kesehatan manusia (Sudarwin, 2008). Dampak tidak langsung dapat disebabkan oleh adanya pembakaran dan pembusukan sampah. Dekomposisi anaerobik sampah dapat menghasilkan cairan leachate (lindi) dan gas. Lindi kemungkinan besar mengandung bahan-bahan beracun seperti mikroba pathogen dan logam berat berbahaya. (Sudarwin, 2008).

Keberadaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) diidentifikasi sebagai salah satu sumber utama penyumbang pencemaran terhadap sumber daya air baku. Area di sekitar TPA memiliki potensi besar untuk terkontaminasi akibat dari sumber pencemar yang meresap ke dalam tanah. Berdasarkan studi yang pernah dilakukan di landfill Lagos Nigeria, menunjukkan bahwa logam seperti besi dan mangan terkandung di dalam air baku secara berlebihan akibat pengoperasian landfill tersebut. Landfill yang mengandung limbah padar yang dipadatkan secara

berturut-turut kemungkinan dapat mencemari air baku di sekitarnya apabila tidak dikelola dengan baik dan benar (Adipura, 2015).

2.3 Kontaminan Logam Besi pada Air Limbah Lindi

Berdasarkan undang-undang lingkungan No.4 tahun 1982, pencemaran merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan komponen lainnya ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan sebagai akibat dari kegiatan dan intervensi manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya (Hidayat, 2015).

Lindi (*leachate*) merupakan cairan merembes melalui tumpukan berbagai jenis sampah dan membawa serta materi terlarut atau tersuspensi terutama yang merupakan hasil dari proses dekomposisi materi sampah (Damanhuri, 2010). Air lindi dapat meresap ke dalam tanah sehingga berpotensi besar menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah secara langsung karena di dalam air limbah lindi terdapat berbagai jenis senyawa kimia baik organik maupun anorganik serta sejumlah pathogen (Susanto, 2004).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) menjadi tempat penampungan berbagai jenis sampah yang berpotensi mencemari lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu bahan pencemar yang berbahaya adalah logam berat besi (Fe) (Sari, dkk, 2014). Sari dan Afdal (2017) telah melakukan penelitian tentang karakteristik air lindi di Kota Padang. Hasil dari penelitian tersebut mengatakan bahwa logam berat yang banyak terkandung di dalam air limbah lindi adalah logam besi (Fe).

Sedangkan Arba (2017) melakukan analisis kadar logam besi pada air limbah lindi di TPA Antang, Makassar sebesar 10.58575 ppm. Berdasarkan Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014 dan PP No.82/2001 baku mutu air lindi yang ditetapkan oleh sebesar 5 mg/L untuk air lindi.



Gambar 2.1 Salah satu kolam penampungan air limbah lindi di TPA Batu

Air lindi berasal dari proses degradasi sampah dari TPA yang merupakan sumber utama yang memengaruhi perubahan sifat fisik air terutama suhu, bau, rasa dan kekeruhan. Suhu limbah yang berasal dari air lindi umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan air penerima. Hal ini dapat mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam air, mengurangi kelarutan gas dalam air, mempercepat pengaruh rasa dan bau (Kurniawan, 2006).

Air lindi membawa banyak material tersuspensi dan terlarut berasal dari degradasi sampah. Komposisi air lindi tergantung dari beberapa faktor seperti jenis sampah dan kondisi spesifik setempat. Umumnya air lindi mengandung senyawa organik seperti hidrokarbon, asam sulfat, tanah dan galat serta senyawa

anorganik seperti logam berat di antaranya yang sering ditemui adalah besi, arsen, cadmium, kromium, merkuri, nikel, dan timbal (Sudarwin, 2008).

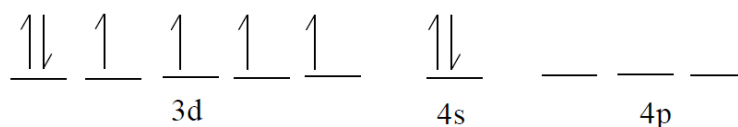
Pengolahan lindi sebagian besar TPA di Indonesia, masih menggunakan teknologi sistem kolam, yaitu menggunakan kolam penampung, kolam anaerobik, kolam aerobik, kolam stabilisasi, dan dilanjutkan dengan menggunakan wetland. Kelemahan teknologi tersebut adalah waktu tinggal yang relatif lama yakni antara 30 – 50 hari, sehingga bangunan kolam membutuhkan lahan yang cukup luas. Selain itu hasil olahan lindi masih di atas baku mutu yang diijinkan untuk dibuang ke badan lingkungan (Said, 2015).

2.4 Analisis Logam Besi (Fe) dengan Reagen KSCN

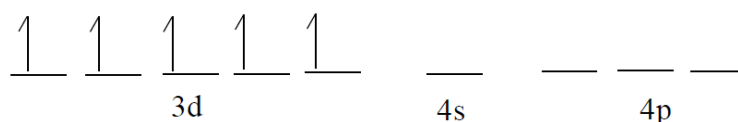
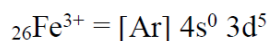
Salah satu jenis logam yang sering kita jumpai adalah besi. Sejauh yang terkonfirmasi, besi menempati posisi kedua sebagai logam terbanyak yang diciptakan di bumi. Besi murni cukup reaktif, dalam udara lembab cepat teroksidasi memberikan besi (III) oksidahidrat (karat). Media pengoksidasi yang sangat kuat seperti HNO_3 pekat atau asam-asam yang mengandung dikromat dapat membuat besi menjadi pasif (Agustina, 2017).

Besi merupakan suatu logam transisi dengan bilangan oksidasi +2 dan +3 sedangkan besi (III) atau ferri jauh lebih stabil dibandingkan dengan besi (II) di dalam air. Hal ini diindikasikan dengan mudahnya besi (II) teroksidasi menjadi besi (III) di perairan alami (Sumardi, 2006). Besi memiliki nomor atom 26, termasuk dalam logam transisi golongan VIII B, massa relative besi sebesar 55.847 g/mol, titik didih 2735°C , titik leleh 1535°C , densitas 7.783 g/cm^3 , berwarna keperakan dengan konfigurasi elektron $[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$ (Patnaik, 2003)

(a)



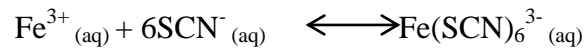
(b)

Gambar 2.2 Konfigurasi Elektron Fe (a) dan Fe³⁺ (b)

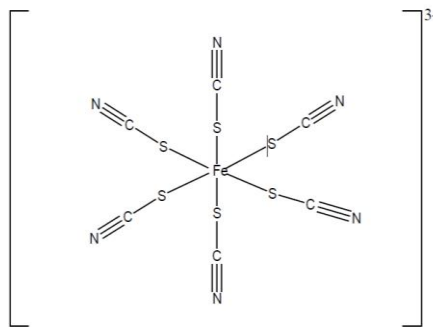
Penentuan kadar besi dapat dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis, dimana besi akan berikatan menjadi senyawa kompleks dengan pengompleks. Salah satu pengompleks yang sering digunakan adalah kalium tiosianat (KSCN). Fe(III) dapat membentuk kompleks dengan SCN⁻ (tiosianat) menjadi senyawa kompleks Fe(III)tiosianat yang berwarna merah. Senyawa kompleks yang paling banyak berperan dalam pemeriksaan kimia adalah senyawa kompleks koordinasi yang terjadi akibat pembentukan ikatan koordinasi dari ligan ke ion logam. Jadi ligan bertindak sebagai pemberi elektron dan ion logam sebagai penenerima elektron. Warna yang terbentuk disebabkan ion logam yang mempunyai orbital d kosong atau berisi electron tunggal yang dapat berpindah dari satu orbital ke orbital lain sehingga dapat menyerap energi pada panjang gelombang tertentu. (Effendy, 2007).

Besi (III) dapat dengan mudah membentuk kompleks dengan ion tiosianat yang berasal dari pereaksi kalium tiosianat (KSCN) dan menghasilkan warna merah tua. Reaksi terjadi secara stoikiometri dan pembentukan warna merah dari

kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ stabil. Persamaan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Agustina, 2017) :



Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ memiliki struktur octahedral karena memiliki 6 pasangan electron bebas dari ligan SCN. Kompleks ini bersifat paramagnetik yang kemagnetannya setara dengan adanya sebuah elektron tidak berpasangan. Berikut bentuk geometri kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ (Agustina, 2017).



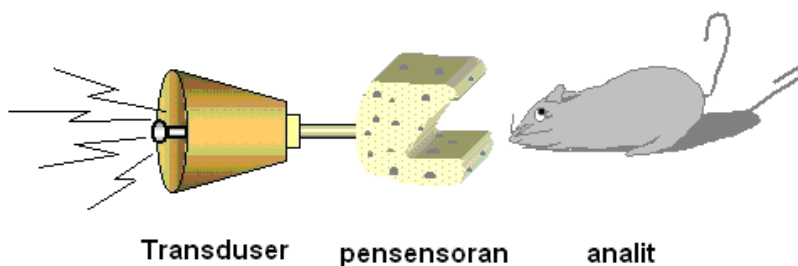
Gambar 2.3 Struktur Geometri Kompleks Fe(III)Tiosianat

2.5 Sensor Kimia

Sensor secara umum didefinisikan sebagai sebuah piranti atau alat yang memiliki kemampuan untuk mentransform atau mengubah suatu energi ke energi yang lain. Seperti sensor temperatur adalah alat atau piranti yang memiliki respon terhadap suhu, sehingga mampu mengubah energi panas menjadi satuan temperatur dalam celcius atau kelvin. Sensor kimia adalah sensor yang bekerja berdasarkan perubahan kadar zat kimia atau reaksi kimia tertentu. Salah satu sensor kimia yang banyak kita kenal adalah kertas pH atau kertas lakmus yang digunakan untuk menentukan asam-basa suatu larutan. Sensor kimia umumnya

banyak diaplikasikan untuk mendeteksi entitas kimiawi dengan menggunakan reaksi kimia dari reagen kimia yang sesuai. Entitas kimia yang dideteksi biasanya disebut sebagai analit (Kuswandi, 2008).

Entitas kimiawi yang dideteksi tersebut biasanya disebut sebagai analit. Dalam sebuah sensor kimia, semisal indikator pH, elemen sensor yang mampu memberikan respon terhadap suatu zat yang diukur adalah suatu reagen kimia. Respon tersebut baik secara kimia maupun elektrik kemudian diubah menjadi suatu sinyal yang dapat diamati biasanya secara kasat mata. Secara karikaturis, sensor kimia dapat dianalogikan seperti pada gambar dibawah ini (Kuswandi, 2008) :



Gambar 2.4 Ilustrasi Cara Kerja Sensor Kimia

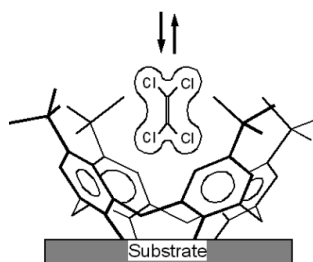
Berdasarkan gambar diatas, maka dapat didefinisikan bahwa sensor kimia adalah sebuah alat analisa (*analytical device*) yang berisi reagen kimia (*chemical material/reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan ataupun gas kemudian menghasilkan perubahan fisika-kimia sehingga mudah dibaca oleh indera manusia (Kuswandi, 2008).

Terdapat beberapa jenis sensor yang terus berkembang selain sensor menggunakan reagen kimia, di antaranya adalah probe sensor fiber optic. Perbedaan dengan sensor kimia menggunakan reagen terletak pada prinsip

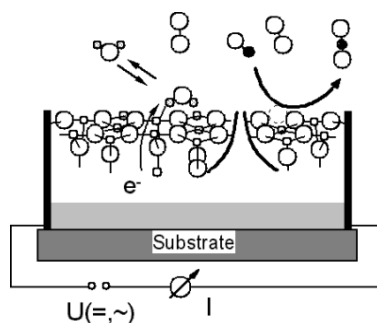
kerjanya. Probe sensor berbasis serat optik didasarkan pada serapan bahan terhadap radiasi gelombang elektromagnetik. Sumber cahaya yang digunakan berupa Lampu LED dengan panjang gelombang tertentu (Ika, dkk, 2016).

2.5.1 Mekanisme Sensor Kimia

Sebuah sensor kimia yang ideal adalah sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara reversibel, sehingga sinyal sensor dapat dikontrol dengan mudah baik secara kinetik maupun termodinamik. Secara umum dapat dikatakan bahwa mekanisme dari sebuah sensor kimia dapat dirancang atau didesain sesuai dengan karakteristik analit yang akan dideteksi. Jenis sensor kimia yang pertama adalah sensor kimia berbasis reaksi kunci-anak kunci (*keyloc*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.5. Sensor kimia jenis ini biasanya didesain dengan suatu reaksi yang sangat spesifik, misal reaksi spesifik pada sisi aktif suatu polimer. Sehingga sensor ini memiliki selektifitas yang tinggi terhadap suatu analit. Sensor kimia lainnya berbasis transfer muatan yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Biasanya sensor ini banyak terjadi pada sensor kimia yang menggunakan material anorganik dan jenis reaksi yang terjadi adalah reaksi akseptor-donor dari reaksi adsorpsi kimiawi (*chemisorpsi*). Berikut ilustrasi dari kedua jenis sensor (Kuswandi, 2008):



Gambar 2.5 Sensor kimia berbasis reaksi kunci-anak kunci (*keylock*)



Gambar 2.6 Sensor kimia berbasis reaksi transfer muatan

2.5.2 Teknik dan Tahapan dalam Sensor Kimia

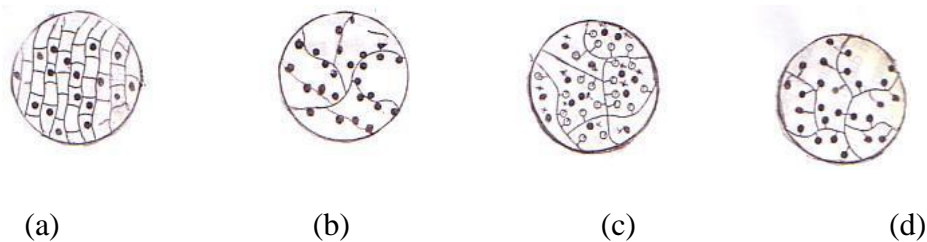
Pembuatan sensor kimia sederhana terlebih dahulu melalui tahapan penentuan beberapa kondisi optimum terhadap reaksi yang terjadi, beberapa kondisi optimum yang ditentukan diantaranya adalah panjang gelombang maksimum, pH optimum, konsentrasi optimum dan waktu kestabilan reaksi. Sensor kimia sederhana bentuk stik digunakan dalam analisis suatu analit secara kualitatif dan semikuantitatif. Indikasi dari analisis kualitatif adalah berdasarkan adanya perubahan warna pada kertas stik saat dicelupkan kedalam analit yang terdapat didalam sampel, sedangkan analisis semikuantitatif berdasarkan perbandingan warna kertas sensor pada stik dengan deret warna sensor yang telah dibuat (Prahasto, 2009).

Sensitivitas dan stabilitas sensor kimia sederhana dapat ditingkatkan dengan teknik immobilisasi agar komponen yang berperan dekat terhadap transduser. Beberapa metode yang dapat dipergunakan untuk mengimmobilisasi diantaranya adalah (Sinaga, 2012) :

- a. Pengikatan fisik (*entrapment*), merupakan teknik immobilisasi reagen dengan cara memerangkap molekul reagen kedalam ruang antara material pendukung.

- b. Teknik adsorpsi, merupakan teknik immobilisasi yang melibatkan gaya-gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen dalam mengikat molekul reagen pada fasa pendukung.
- c. Elektrokimia, merupakan teknik immobilisasi ionic yang biasanya melibatkan reagen yang memiliki muatan positif atau sebaliknya.
- d. Pengikatan secara kimia (*crosslinking and self-assembly*), merupakan immobilisasi yang melibatkan pembentukan ikatan kovalen antara molekul reagen dengan fasa pendukung.

Secara ilustratif, berikut gambaran teknik-teknik immobilisasi secara berurutan dari nomor 1 hingga 4 (Kuswandi, 2008) :



Gambar 2.7 Teknik dan Metode Immobilisasi

Keterangan (a) metode pemerangkapan (*entrapment*) (b) penyerapan / adsorpsi (c) Interaksi elektrostatik dan (d) ikatan kovalen (reagen ditunjukkan dengan bulatan hitam)

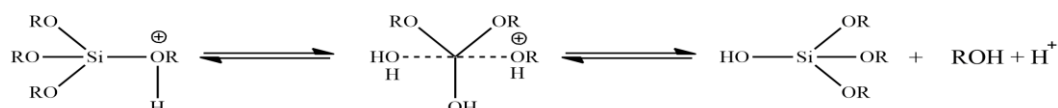
2.6 Metode Sol Gel

Metode sol-gel dikenal sebagai istilah salah satu metode sintesis nanopartikel berpori yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini juga disebut sebagai metode basah dikarenakan dalam prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Secara umum metode sol gel meliputi dua tahapan yaitu transisi sistem cairan atau sol menjadi fase padatan atau gel. Sol merupakan sistem koloid

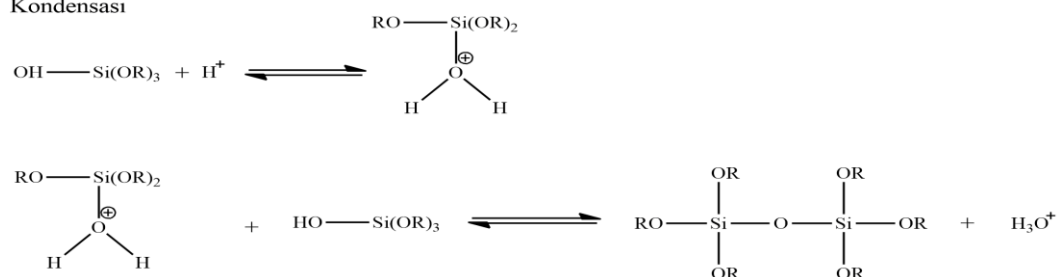
padatan dengan ukuran 0,1-1 μm yang terdispersi kedalam cairan. Sol terbuat dari partikel padatan yang memiliki diameter sekian ratus nm. Umumnya padatan ini merupakan senyawa garam logam anorganik yang tersuspensi menjadi fasa cair. gel adalah sistem koloid yang saling terdispersi (Prabowo et al., 2011).

Pembuatan nanopartikel metode sol-gel sangat umum didalam dunia perindustrian dan senyawa yang umum digunakan adalah TEOS karena akan menghasilkan nanopartikel yang lebih seragam. Terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan nanopartikel diantaranya (Fernandez, 2012) :

Hidrolisis



Kondensasi



Gambar 2.8 Tahapan Nanopartikel Metode Sol-gel

Material yang umumnya digunakan untuk preparasi sol-gel adalah garam logam anorganik. Prekursor pada proses sol-gel dijadikan sasaran reaksi hidrolisis dan polimerisasi untuk membentuk suspensi koloid atau sol, kemudian fasa cair yang terbentuk mengalami kondensasi membentuk gel yang memiliki padatan berukuran makromolekul (Prabowo, 2011). Pembuatan nanopartikel metode sol-gel didalam dunia industri umumnya menggunakan prekursor tetraetilortosilikat atau TEOS karena akan memberikan hasil nanopartikel yang lebih seragam.

Tahapan yang terdapat dalam proses sol-gel menggunakan TEOS diantaranya (Fernandez, 2012) :

a. Hidrolisis

Prekursor TEOS didalam tahapan ini dilarutkan pada air dan menghasilkan sol koloid. Hidrolisis ini membuat ligan alkoksi pada TEOS digantikan oleh gugus hidroksi.

b. Kondensasi

Proses ini merupakan transisi sol menjadi gel dengan tahapan polimerisasi

c. Pematangan (*Aging*)

Proses ini hanya mendinginkan gel agar terbentuk sifat jaringan gel yang lebih kaku (*hydrogel*)

d. Pengeringan (*Drying*)

Penghilangan cairan dari gel dengan maksud mendapatkan struktur gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Menurut hasil dari proses drying ada dua, diantaranya *aerogel* yang merupakan cairan dihilangkan dari *hydrogel* menggunakan suhu yang tinggi dan *xerogel* yang merupakan cairan dihilangkan dari *hydrogel* menggunakan suhu ruang (Lalena, 2008).

Menurut Milea, dkk (2011) metode ini dapat dilakukan pada suhu rendah dan menghasilkan suatu polimer yang berfungsi untuk menjebak reagen dalam sensor kimia. metode sol gel didasarkan pada hidrolisis dan kondensasi prekursor alkoksida (Widodo, 2010) sehingga akan terbentuk sol yang semakin bertambah waktu akan semakin berubah menjadi gel. Metode sol gel biasanya menggunakan prekursor tetraetilortosilikat (TEOS) (Rahmatulloh, 2011). TEOS merupakan salah satu dari jenis metaloksida golongan alkoksilan yang memiliki rantai pendek

dibanding dengan alkoksilan jenis lain sehingga akan lebih mudah untuk mengalami hidrolisis dan hasil kondensasi membentuk polimer homogen (Mileadkk, 2011)

2.7 Pereaksi Kalium Tiosianat (KSCN)

Kalium tiosianat (KSCN) memiliki titik leleh sebesar 175 °C, massa molar 97,18 g/mol. Kalium tiosianat digunakan untuk pengompleks besi (III). Metode pengompleksan tergantung pada pembentukan warna merah bata dari kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3+}$ dimana reaksi terjadi secara stoikiometri dan warna yang terbentuk stabil. Kestabilan tersebut disebabkan karena kestabilan reaktan dan kekuatan ion dalam larutan. Pembentukan kompleks besi dengan ligan tiosianat tidak memerlukan proses reduksi sehingga sangat cocok untuk penentuan kadar logam besi (III). (Agustina, 2017).

2.8 Identifikasi Pembentukan Kompleks Analit-Reagen

2.8.1 Klarifikasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan sebuah metode pengukuran absorbansi secara analitis analit yang didasarkan pada fenomena hasil interaksi antara materi dengan sinar radiasi elektromagnetik (REM) dengan menggunakan instrumen spektrofotometer (Thomas and Burgess, 2007). Instrumen ini biasanya digunakan untuk mengukur kuantitas suatu senyawa dari larutan dengan data perbandingan besar absorbansi dengan panjang gelombang tertentu, penggunaan spektrofotometer dalam penelitian ini bertujuan sebagai klarifikasi hasil analisa menggunakan sensor kimia., dengan pengukuran menggunakan spektrofotometer

UV-Vis ini, kadar sampel dapat diketahui lebih detail. Data yang didapat kemudian dijadikan komparasi untuk menentukan kinerja dan akurasi sensor kimia.

Klarifikasi kinerja dan akurasi sensor kimia pernah dilakukan oleh Avia (2011) dalam menganalisis kandungan logam Cu^{2+} dalam air sungai, diperoleh konsentrasi optimum reagen sebesar 3 ppm dan pH optimum 6 dengan panjang gelombang maksimum 388 nm. Komparasi antara data yang diperoleh dari instrumen UV-Vis dengan sensor kimia menunjukkan kinerja sensor kimia yang baik dan memiliki akurasi yang tinggi, akan tetapi karena rentang (deret) konsentrasi yang diuji terlalu dekat, maka terdapat beberapa hasil yang tidak dapat dibedakan secara pasti sebab indikasi warna yang terbentuk didalam sensor memiliki kemiripan.

Penggunaan spektrofotometer UV-Vis dalam penelitian ini, bukan hanya sebagai klarifikasi kinerja sensor, melainkan berperan juga dalam menentukan panjang gelombang sampel, panjang gelombang sampel dalam berbagai kondisi, dan panjang gelombang kompleks analit-reagen (Prabowo et al., 2011)

2.8.2 Konfirmasi Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dan sinar yang diserap adalah sinar tampak atau ultraviolet (Gandjar dan Abdul, 2007). Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom kemudian atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu (tergantung pada sifat unsurnya) (Khopkar, 2010)

Metode ini sering digunakan dalam analisis logam dalam suatu sampel karena kemampuannya yang dapat menganalisis keberadaan suatu logam dengan konsentrasi rendah sekalipun. Metode ini juga memiliki sifat yang spesifik. Logam-logam yang telah membentuk kompleks dengan suatu ligan tetap dapat dianalisis dan tidak memerlukan energi yang besar. Mayoritas penelitian tentang analisis logam besi adalah menggunakan instrumen SSA sebagai konfirmasi maupun identifikasi.

Analisis logam besi menggunakan metode serapan atom pernah dilakukan oleh (Ainiyah et al., 2018), yang menganalisis kadar besi dalam air tambak. Metode yang sama dengan sampel yang berbeda juga pernah dilakukan oleh (Supriyantini and Endrawati, 2015) dengan sampel perairan dan (Ismayanti et al., 2019) dengan sampel air minum. Diantara penelitian tersebut membuktikan bahwa analisis logam khususnya logam besi dapat menggunakan metode serapan atom sebagai konfirmasi dan atau komparator.

2.9 Senyawa Koordinasi

Secara umum, senyawa koordinasi didefinisikan sebagai senyawa yang pembentukannya melibatkan pembentukan ikatan kovalen koordinasi antara ion logam atau atom logam dengan atom nonlogam. Senyawa koordinasi dikenal dengan senyawa kompleks yaitu senyawa yang terdiri dari atom atau ion logam sebagai atom pusat dan atom yang dapat mendonorkan pasangan elektron bebas ke atom pusat disebut sebagai atom donor yang kemudian disebut dengan sebutan ligan. Hingga saat ini terdapat tiga teori pembentukan senyawa koordinasi

diantaranya adalah; teori ikatan valensi, teori medan kristal dan teori orbital molekul (Effendi, 2017).

2.9.1 Teori Ikatan Valensi (*Valence Bond Theory*)

Teori ikatan valensi dikembangkan oleh Pauling sekitar tahun 1930, berdasarkan teori ini, senyawa koordinasi dianggap terbentuk dari reaksi antara asam Lewis (atom pusat) dengan basa-basa Lewis (ligan-ligan) melalui ikatan kovalen koordinasi antara keduanya. Berdasarkan teori ikatan valensi, struktur senyawa koordinasi atau senyawa kompleks berhubungan erat dengan susunan dalam ruang dari orbital-orbital atom pusat yang digunakan dalam pembentukan ikatan (Effendy, 2013).

2.9.2 Teori Medan Kristal (*Crystal Field Theory*)

Teori medan Kristal (*Crystal Field Theory*) dikenalkan oleh Hans Bethe pada tahun 1929, pada awal perkembangan teori ini, interaksi antara ion logam dengan ligan ligan dianggap sepenuhnya interaksi elektrostatik. Kemudian dimodifikasi oleh J.H Van Vleck dengan memasukkan interaksi kovalen. Secara umum teori medan Kristal yang telah dimodifikasi tersebut dikenal dengan teori medan ligan. Berikut beberapa asumsi dalam teori medan Kristal (Effendy, 2013):

1. Ligan-ligan diperlakukan sebagai titik-titik yang bermuatan.
2. Interaksi antara ion logam dengan ligan-ligan dianggap sepenuhnya sebagai interaksi elektrostatik (ionik).
3. Tidak terjadi interaksi antara orbital-orbital dari ion logam dengan orbital orbital dari ligan.

2.9.3 Teori Orbital Molekul (*Molecular Orbital Theory*)

Teori orbital molekul merupakan teori yang paling lengkap sebab menyangkut baik interaksi elektrostatik maupun interaksi kovalen, akan tetapi teori ini termasuk teori yang rumit. Pembentukan senyawa kompleks menurut teori ini adalah orbital-orbital dari atom pusat dengan orbital-orbital dari ligan akan saling berinteraksi membentuk orbital-orbital molekul. Berdasarkan pendekatan kombinasi linear, orbital-orbital molekul senyawa kompleks dianggap merupakan hasil kombinasi linear dari orbital-orbital atom pusat dan orbital-orbital ligan, akan tetapi karena keduanya memiliki perbedaan tingkat energi yang besar dan dapat diabaikan, maka dalam menggambarkan orbital molekul senyawa kompleks cukup dengan digambarkan orbital-orbital valensi penyusun senyawa kompleks (Effendy, 2013).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga April 2021 di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Instrumen Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Jalan Gajayana No. 50 Malang.

3.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya adalah; timbangan analitik, gelas arloji, spatula, gelas beaker 50 mL, 100 mL dan 150 mL, pH meter, stirrer, batu didih, lemari asap, *hotplate* atau pemanas, thermometer, botol kaca, botol vial, tabung rekasi, Erlenmeyer 250 mL, labu ukur 10 mL, 50 mL, 100 mL, statif, buret, spektrofotometer UV-Vis (Varian), Spektrofotometer AAS (Varian) serta peralatan gelas lain yang umumnya digunakan di laboratorium.

3.3 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah larutan standar kalium tiosanat (KSCN) p.a 1.000 ppm, Larutan standar Fe^{3+} 100 ppm dari padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, larutan buffer asetat pH 1, 2, dan 3, pH standar dengan 3 variasi, pH 4, 6, dan 9, aquademin, HNO_3 65%, larutan standar Cu^{2+} dari padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, aseton, kertas *whatman* bahan selulosa no 41,

tetraetilortosilikat (TEOS) (Aldrich, 98%) dan sampel air limbah lindi yang diambil di UPT PALD Kota Batu.

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium. Diawali dengan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan. Standar kalium tiosianat (KSCN) dibuat dengan konsentrasi 1.000 ppm. Larutan standar Fe dibuat dengan konsentrasi 100 ppm. Lalu ditentukan kondisi optimum dari kompleks tersebut di antaranya panjang gelombang maksimum, waktu respon, waktu kestabilan kompleks dan pH optimum. Tujuan dari penentuan kondisi optimum tersebut adalah untuk diaplikasikan pada pembuatan sensor kimia sesuai dengan kondisi optimum yang didapatkan.

Pembuatan sensor kimia dengan reagen KSCN untuk mendeteksi logam Fe pada sampel diuji terlebih dahulu selektivitasnya terhadap logam pengganggu yang dimungkinkan dapat mengganggu analisis secara akurat dan selektif, dalam penelitian ini, logam Cu^{2+} adalah logam yang digunakan sebagai target uji selektivitas sensor.

Apabila semua kondisi optimum telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah pembuatan sensor kimia bentuk stik dengan beberapa tahapan diantaranya ; preparasi sol-gel, pembuatan sensor stik metode immobilisasi dengan prekursor TEOS dan pembuatan deret intensitas warna. Selanjutnya kinerja sensor diuji menggunakan dua parameter, yakni selektivitas dan waktu respon. Selektivitas diuji dengan ditambahkan logam Cu^{2+} sebagai logam pengganggu, Sedangkan waktu respon ditinjau dari seberapa cepat sensor dapat mendeteksi target. Tahap

berikutnya, diaplikasikan stik sensor yang telah dibuat terhadap sampel air lindi yang sudah dipreparasi dengan proses destruksi basah. Hasil yang diperoleh dicocokkan dengan deret intensitas warna yang telah dibuat kemudian dibandingkan hasilnya dengan analisis menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.5 Tahapan Penelitian

Berikut beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

- a. Penentuan panjang gelombang maksimum senyawa kompleks antara reagen KSCN dengan analit (Fe(III)).
- b. Penentuan kondisi optimum reaksi antara analit dengan reagen diantaranya pH optimum, waktu kestabilan reaksi.
- c. Uji selektivitas.
- d. Pembuatan kurva standar kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$.
- e. Pembuatan sensor kimia Fe^{3+} metode sol-gel dengan TEOS.
- f. Pembuatan deret intensitas warna berbagai konsentrasi.
- g. Uji waktu respon.
- h. Preparasi sampel air limbah lindi metode destruksi.
- i. Uji kinerja sensor terhadap sampel air limbah lindi
- j. Analisis sampel menggunakan Spektrofotometer AAS sebagai perbandingan.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan rancangan penelitian diatas dapat diperinci dan dijelaskan sebagai berikut :

3.6.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks}) Kompleks Besi Tiosianat (Indriaty, 2014)

Sebanyak 1 mL larutan standar Fe^{3+} 10 ppm dimasukkan kedalam tabung reaksi lalu ditambahkan 3 mL larutan KSCN 1.000 ppm, 1 tetes HNO_3 65% hingga pH menjadi 2, lalu ditambahkan 5 mL aseton untuk meningkatkan kelarutan (Agustina, 2017). Campuran tersebut kemudian dihomogenkan dan didiamkan selama 5 menit selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang 457 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh kemudian dibuat kurva hubungan antara absorbansi (A) dan panjang gelombang (λ) sehingga dengan demikian diperoleh λ maksimum kompleks dengan melihat nilai absorbansi yang tertinggi pada rentang 0.2-0.8.

3.6.2 Penentuan pH Optimum kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{3+}$ (Agustina, 2017)

Sebanyak 15 tabung reaksi disiapkan kemudian masing-masing diisi dengan larutan standar Fe^{3+} 10 ppm sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan reagen KSCN 1.000 ppm sebanyak 3 mL dan buffer asetat dengan variasi pH 1, 2, dan 3 sebanyak 1 mL pada masing-masing tabung reaksi yang berbeda. Selanjutnya setiap tabung reaksi ditambahkan HNO_3 beberapa tetes lalu divortex hingga homogen kemudian didiamkan selama 5 menit agar warna yang terbentuk dapat stabil. Absorbansi diukur untuk masing-masing kondisi pH pada panjang gelombang (λ) 457.0 nm. Perlakuan dilakukan tiga kali. Absorbansi rata-rata tertinggi pada rentang 0.2-0.8 merupakan pH optimum yang dipakai pada tahap selanjutnya.

3.6.3 Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks

Sebanyak 1 mL larutan standar Fe^{3+} 10 ppm dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 3 mL larutan reagen KSCN 1.000 ppm, sedikit HNO_3 65% serta 1 mL buffer pH 2. Selanjutnya larutan divortex hingga homogen dan absorbansi diukur pada panjang gelombang (λ) 457.0 nm pada menit ke- 0, 5, 10, 15, 20, dan 30 (Khasanah, 2018). Nilai absorbansi yang cenderung stabil merupakan waktu kestabilan kompleks.

3.6.4 Uji Selektivitas (Avia, 2015)

Uji selektivitas dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh ion-ion logam berat lain yang ditambahkan dalam reagen dan pH buffer optimum (Mardiyah, 2016). Sebanyak 1 mL larutan standar Fe^{3+} 10 ppm dimasukkan dalam 3 tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan larutan Cu^{2+} 1 mL dengan perbandingan konsentrasi antara $\text{Fe}^{3+} : \text{Cu}^{2+}$ sebesar 10:0; 10:30; dan 10:50 ppm. Lalu ditambahkan larutan pereaksi KSCN 1.000 ppm sebanyak 3 mL, beberapa tetes HNO_3 65% dan 1 mL larutan buffer pH 2. Selanjutnya divortex dan didiamkan hingga warna stabil kemudian intensitas warna yang terbentuk dibandingkan dengan kompleks tanpa ditambahkan logam Cu^{2+} (perbandingan 10:0). Absorbansi tiap larutan yang mengandung Cu^{2+} diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 457.0$ nm. Hasil nilai absorbansi yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengukuran larutan Fe^{3+} 10 ppm dan reagen KSCN 1.000 ppm pada pH 2 tanpa penambahan Cu^{2+} .

3.6.5 Pembuatan Kurva Standar Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$

Kurva standar kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ dibuat dengan variasi konsentrasi Fe^{3+} di antaranya; 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. 1 mL Fe^{3+} masing-masing konsentrasi dipipet ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 3 mL KSCN 1.000 ppm, beberapa tetes HNO_3 65% dan 1 mL larutan buffer pH 2. Kelima tabung reaksi dijadikan sebagai kurva standar yang diukur pada panjang gelombang 457.0 nm dan dicari nilai regresinya. Semakin mendekati 100%, kurva standar yang dibuat mendekati hasil sempurna.

3.6.6 Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Metode Sol-Gel dengan TEOS

Tahapan ini terdiri dari dua langkah diantaranya :

3.6.6.1 Preparasi Sol-Gel

Sebanyak 3 mL larutan reagen KSCN 1.000 ppm dipipet ke dalam gelas beaker 50 mL kemudian ditambahkan precursor tetraetilortosilikat (TEOS) sebanyak 1.5 mL, dan buffer asetat pH 2 sebanyak 1 mL serta akuademin sebanyak 1 mL. Komposisi campuran tersebut kemudian distirer selama kurang lebih 24 jam hingga homogen dan membentuk larutan yang agak kental dengan kecepatan *stiring* 400 rpm tanpa pemanasan.

3.6.6.2 Pembuatan Sensor Kimia Sederhana

Disiapkan kertas saring whatmann no 41 dan dipotong persegi dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Sol yang diperoleh dari tahap 3.6.6.1 kemudian dicetak kedalam kertas whatman sehingga diperoleh sol-gel lapis tipis, selanjutnya sol-gel yang telah tercetak kedalam kertas whatman dibiarkan selama 24 jam dalam suhu kamar hingga terbentuk sol-gel yang kering terperangkap di dalam kertas. Kertas

whatman yang sudah mengandung reagen KSCN kemudian ditempelkan ke dalam kertas foto ukuran 1.5 cm x 5 cm sebagai media pendukung menggunakan *double tape* sehingga dihasilkan sebuah sensor kimia bentuk stik yang menyerupai pH universal.

3.6.7 Pembuatan Deret Intensitas Warna terhadap Berbagai Konsentrasi

Sensor kimia bentuk stik dari tahapan 3.6.6.2 diuji ke dalam larutan standar Fe^{3+} 10; 20; 30; 40 dan 50 ppm. Setelah beberapa detik, warna yang muncul difoto pada setiap stik yang berbeda. Daftar intensitas warna reagen terhadap konsentrasi Fe^{3+} dibuat melalui warna pada stik.

3.6.8 Uji Waktu Respon

Uji ini dilakukan untuk mengenali zat yang dideteksinya, semakin cepat waktu respon, semakin baik kualitas sensor tersebut (Lestari, 2011). Sensor stik dari percobaan 3.6.6.2 diuji dengan cara ditetesi larutan standar Fe^{3+} 10 ppm. Waktu ketika terjadi perubahan warna dicatat kemudian dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

3.6.9 Preparasi Sampel Air Limbah Lindi Metode Destruksi Basah

Terdapat 3 jenis air lindi yang diujikan terhadap sensor Fe. Ketiga jenis air lindi dibedakan berdasarkan letak jauhnya kolam penampungan dengan sumber sampah utama. Secara urut ketiga kolam penampungan air lindi terdekat dari sumber utama sampah adalah kolam *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), Maturasi dan *Wetland*. Sampel diambil dengan teknik sampling acak yaitu sebanyak 100

mL air lindi di masing-masing kolam penampungan diambil melalui 3 titik yang berbeda dan berjarak.

Sampel limbah air lindi tersebut disaring lalu dipipet sebanyak 50 mL ke dalam gelas beaker 100 mL kemudian ditambahkan 5 mL HNO_3 dan dipanaskan dengan suhu tidak melebihi 200°C serta dilakukan dengan kenaikan suhu secara bertahap. Pada saat proses pemanasan tersebut, dimasukkan 5 biji batu didih agar panas yang terjadi merata. Proses destruksi dilakukan hingga volume sampel tersisa sekitar 20 mL dan berwarna bening. Selanjutnya 20 mL sampel ditandabatkan dengan akuademin ke dalam labu ukur 100 mL.

3.6.10 Uji Kinerja Sensor terhadap Sampel Air Limbah Lindi

Sampel yang sudah dipreparasi selanjutnya dipisahkan sebanyak 10 mL untuk analisis AAS. Setelah itu diujikan secara langsung menggunakan stik sensor yang telah dibuat. Teknik yang digunakan adalah teknik meneteskan sampel ke dalam sensor kimia. Perubahan warna yang terjadi setelah beberapa detik sesuai dengan waktu kestabilan yang telah diperoleh pada tahapan sebelumnya kemudian difoto lalu dibandingkan dengan deret intensitas warna sensor kimia stik pada tahapan 3.6.9.

3.6.11 Uji Perbandingan dengan Instrumen SSA (Siahaan, 2019)

Sampel limbah air lindi yang telah didestruksi dimasukkan sekitar 5 mL ke dalam tabung reaksi lalu diujikan menggunakan AAS menggunakan standar besi sebanyak 6 variasi konsentrasi di antaranya; 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm. Tipe nyala yang digunakan adalah tipe nyala udara-asitilen dan pada panjang gelombang

248.3 nm (Siahaan, 2019). Diaspirasikan larutan standar dan larutan kerja kedalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol, lalu diukur serapannya pada panjang gelombang yang telah ditentukan kemudian dibandingkan dengan hasil uji menggunakan sensor kimia. Uji perbandingan kualitatif dilakukan dengan membandingkan warna yang diperoleh antara stik sensor dengan deret intensitas warna yang telah dibuat pada poin 3.6.7. Selanjutnya dilakukan uji secara kualitatif yaitu membandingkan hasil uji menggunakan stik sensor dengan konsentrasi yang dihasilkan dengan instrumen AAS.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pembuatan alat sensor kimia sederhana dilakukan untuk menguji kinerja sensor dalam menganalisis keberadaan logam Fe total yang telah dioksidasi menjadi Fe^{3+} yang terdapat dalam sampel air limbah lindi dengan rentang konsentrasi 10-50 ppm. Terdapat beberapa tahapan pembuatan alat sensor tersebut di antaranya: optimasi parameter analitik, uji selektivitas reagen KSCN, pembuatan sol-gel, immobilisasi reagen terhadap kertas sensor, uji kinerja sensor terhadap sampel dan perbandingan hasil dengan instrumen SSA.

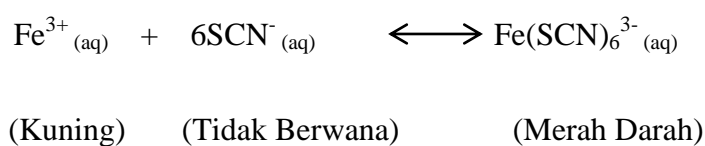
Optimasi parameter analitik terdiri dari penentuan panjang gelombang maksimum kompleks, pH optimum kompleks, dan waktu kestabilan kompleks. Uji selektivitas reagen dilakukan dengan penambahan logam Cu^{2+} dengan berbagai varian konsentrasi. Setelah itu sensor kimia dibuat dengan keadaan optimum yang telah ditentukan menggunakan metode sol gel. Kinerja sensor diuji terhadap sampel logam Fe^{3+} standar dan terhadap sampel limbah air lindi untuk kemudian dikomparasikan dengan hasil uji menggunakan instrumen SSA.

4.1 Panjang Gelombang Maksimum (λ_{maks}) Kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$

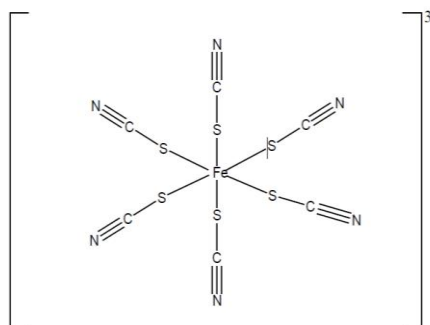
Panjang gelombang merupakan salah satu keadaan atau sifat spesifik yang dimiliki oleh masing-masing zat. Setiap senyawa memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda sebab kemampuan mengemisikan energi hasil eksitasi elektron tidak sama. Perbedaan panjang gelombang tiap senyawa dipengaruhi oleh adanya elektron bebas (n), ikatan sigma (σ), dan ikatan phi (π) yang berbeda pada tiap zat.

Pengukuran panjang gelombang maksimum kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ ditentukan menggunakan instrumen UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400-500 nm (Indriaty, 2014). Rentang panjang gelombang tersebut sesuai dengan warna komplementer yang dihasilkan senyawa kompleks Fe(III)-tiosianat yang berwarna merah.

Reaksi yang terjadi dalam pembentukan kompleks Fe(III)-tiosianat seperti ditunjukkan di bawah ini (Agustina, 2017):



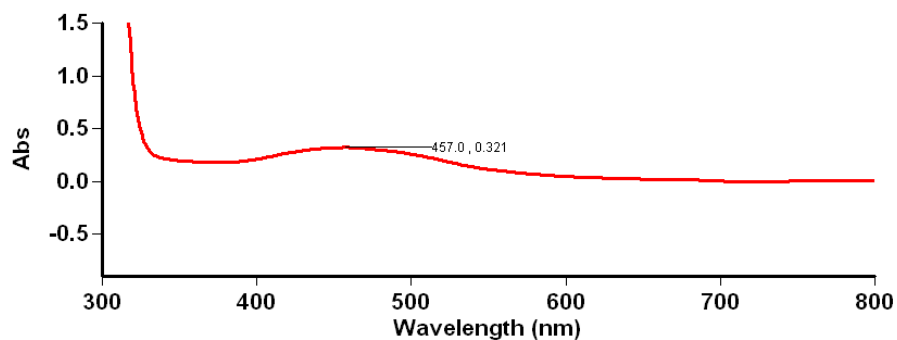
Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ memiliki geometri molekul sebagai berikut (Agustina, 2017):



Gambar 4.1 Bentuk geometri kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ yang memiliki warna merah.

Pengukuran dilakukan dengan mencampurkan 0,5 mL Fe^{3+} standar 50 ppm dengan 1,5 mL reagens KSCN 1.000 ppm, dan aseton 5 mL untuk menambah kelarutan (Agustina, 2017), selanjutnya ditambahkan 1 tetes HNO_3 65% sebagai pendukung kondisi keasaman kompleks. Kompleks Fe(III)-tiosianat relatif stabil pada kondisi pH asam. Hikmanita (2014) menjelaskan bahwa kondisi pH optimum kompleks Fe(III)-tiosianat adalah pada pH 2. Panjang gelombang

maksimum ditunjukkan oleh absorbansi tertinggi yang ditandai dengan adanya puncak seperti gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2 Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Fe(III)-tiosianat

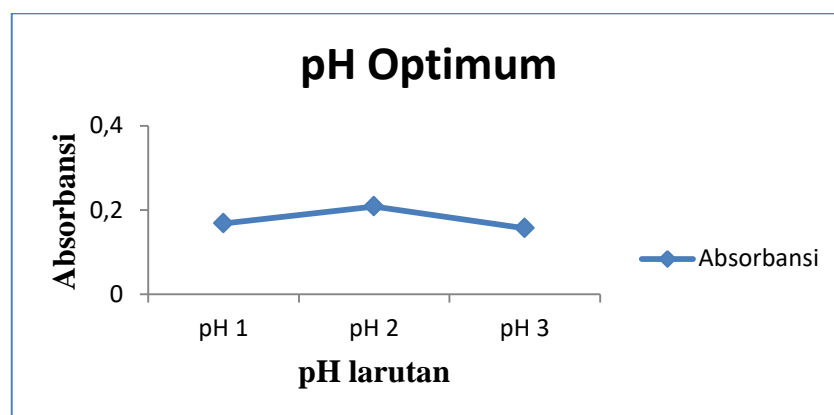
Kurva pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa serapan maksimum kompleks Fe(III)-tiosianat ditunjukkan pada panjang gelombang 457,0 nm dengan absorbansi 0,321. Panjang gelombang maksimum tersebut kemudian digunakan sebagai patokan analisis berikutnya sebab pada panjang gelombang 457,0, kompleks memberikan kepekaan analisis yang maksimal. Dengan begitu, dapat meminimalkan potensi kesalahan. Agustina (2017) memperoleh panjang gelombang maksimum 458,0 pada kompleks Fe(III)-tiosianat sedangkan Indriyati (2014) memperoleh panjang gelombang maksimum kompleks Fe(III)-tiosianat sebesar 460 nm. Hal tersebut menunjukkan perbedaan tidak signifikan yang dapat diwajarkan.

4.2 Penentuan pH Optimum Pembentukan Kompleks

Salah satu faktor yang memengaruhi kestabilan kompleks adalah kondisi pH saat reagen dan analit bereaksi. Sehingga perlu dilakukan pengontrolan pH

pada kompleks agar reaksi yang terjadi maksimal. Umumnya, kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ bekerja maksimal pembentukannya pada kondisi pH asam, sehingga penentuan pH optimum kompleks dilakukan pada variasi pH asam di antaranya pH 1, pH 2, dan pH 3.

Penentuan pH optimum kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ diawali dengan menyiapkan sebanyak 15 tabung reaksi. Percobaan dilakukan sebanyak 3x pengulangan pada tiap tahapan (triplo). Setiap tabung reaksi diisi dengan 0,5 mL Fe^{3+} standar 10 ppm, 1,5 mL reagen KSCN 1.000 ppm, 5 mL aseton, dan 1 mL larutan pH masing-masing variasi pH. Selanjutnya absorbansi diukur pada panjang gelombang 457,0 nm. Gambar 4.3 menunjukkan perbedaan absorbansi pada tiap keadaan pH:



Gambar 4.3 Absorbansi kompleks Fe(III)-tiosianat dengan variasi pH.

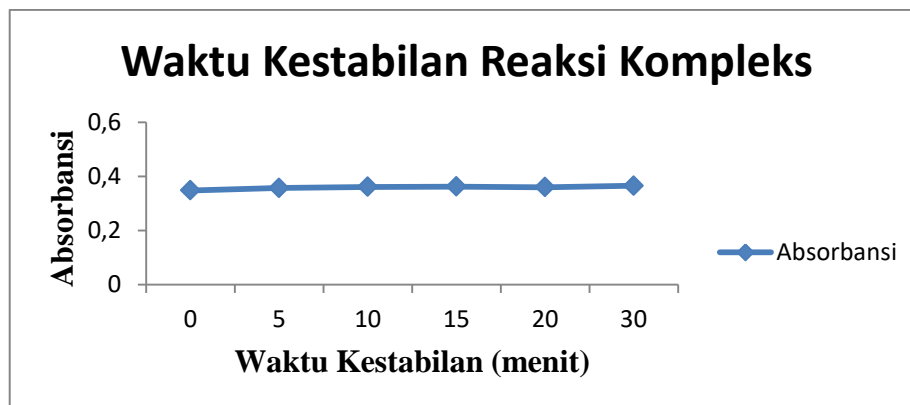
Hasil penentuan pH optimum pada gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa absorbansi tertinggi nampak pada pH 2, lalu absorbansi menurun pada pH 3. Berdasarkan hasil tersebut, maka pH optimum kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ adalah pH 2. Artinya, pada pH 2, Fe(III) membentuk kompleks stabil dengan ligan SCN^- dan

jumlah molekul kompleks yang terbentuk pada pH tersebut lebih banyak dibandingkan dengan pH 1 yang terlalu asam atau pH 3 yang lebih kecil keasamannya. Sehingga jumlah molekul kompleks yang terbentuk kurang maksimal (Indriaty, 2014). Senada dengan penelitian Agustina (2017), bahwa kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ relatif stabil pada kondisi pH asam dan cenderung stabil bereaksi pada pH 2. Hasil pH optimum dijadikan sebagai dasar pengondisian untuk analisis selanjutnya.

4.3 Waktu Kestabilan Kompleks

Penentuan waktu kestabilan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ dilakukan dengan mengamati pola absorbansi kompleks pada panjang gelombang maksimumnya. Pengukuran absorbansi dilakukan pada rentang waktu 0 – 30 menit dengan interval waktu 0, 5, 10, 15, 20 dan 30 menit (Indriaty, 2014). Waktu kestabilan dimaksudkan untuk mengetahui waktu optimum pembentukan senyawa $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ yang memberikan warna dan absorbansi yang konstan sehingga dapat dijadikan patokan waktu untuk analisis.

Pengukuran dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 457,0 nm. Panjang gelombang tersebut digunakan karena absorbansi yang dihasilkan maksimal seperti pada penentuan di tahapan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memperkecil kesalahan dalam analisis (Liyana dan Djarot, 2011). Hasil waktu kestabilan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Absorbansi $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ Terhadap Variasi Waktu

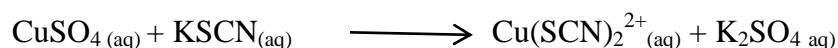
Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada menit ke-0 hingga menit ke-30, secara spektroskopi, absorbansi cenderung stabil, akan tetapi dalam aplikasinya pada sensor, warna akan memudar setelah 15 menit. Sehingga dapat diduga bahwa pada menit ke-0 hingga menit ke-15 merupakan waktu optimum yang dibutuhkan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ dalam membentuk kompleks paling stabil. Hal ini senada dengan penelitian Agustina (2017) dan Indriaty (2014) yang menyatakan bahwa waktu optimum reaksi kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ selama 15 menit karena 15 menit awal reaksi adalah keadaan kompleks stabil sehingga waktu tersebut merupakan waktu yang aman digunakan untuk analisis.

4.4 Uji Selektivitas

Uji selektivitas dilakukan untuk mengetahui interferensi ion Cu^{2+} sebagai logam berat yang diduga sebagai logam pengganggu analisis kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$. Menurut Sudarwin (2008), air lindi mengandung beberapa logam berat, termasuk di antaranya adalah logam besi (Fe) dan tembaga (Cu). Kemampuan reagen KSCN untuk mendeteksi logam Fe^{3+} dapat ditentukan dengan

uji selektivitas terhadap logam Cu^{2+} . Perbandingan konsentrasi antara Fe^{3+} dengan Cu^{2+} secara berurutan: 50 ppm : 10ppm; 50 ppm : 30 ppm; dan 50 ppm : 50 ppm.

Adapun reaksi logam Cu^{2+} dan reagen KSCN adalah:



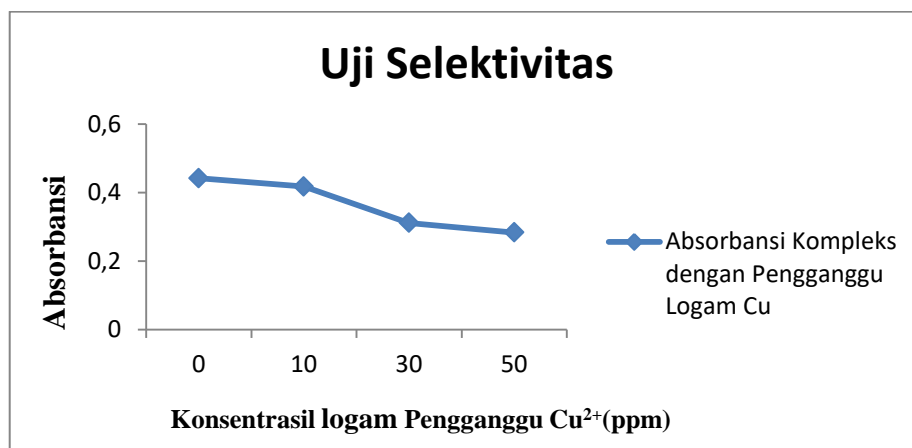
Ion logam Cu^{2+} diketahui dapat mengganggu pembentukan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ yaitu dengan cara mengukur absorbansi larutan yang berisi Fe^{3+} dan reagen KSCN tanpa ion Cu^{2+} , dibandingkan dengan absorbansi larutan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ yang diberi ion Cu^{2+} pada panjang gelombang kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ yaitu 457,0 nm. data hasil absorbansi uji selektivitas dapat dilihat pada table 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data absorbansi uji selektivitas

No	Konsentrasi Fe^{3+} (ppm)	Konsentrasi Cu^{2+} (ppm)	Absorbansi Rata-rata
1.	50	0	0,4417
2.	50	10	0,4172
3.	50	30	0,3112
4.	50	50	0,2830

Hasil absorbansi pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada perbandingan penambahan ion Cu^{2+} dapat mengurangi nilai absorbansi kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ secara signifikan. Semakin banyak konsentrasi Cu^{2+} , semakin turun nilai absorbansinya. Pada perbandingan konsentrasi $\text{Fe}^{3+} : \text{Cu}^{2+}$ 50 ppm : 10 ppm telah mengalami penurunan absorbansi. Hal ini menunjukkan bahwa pada perbandingan konsentrasi Cu^{2+} terkecil sudah mengganggu pembentukan kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$.

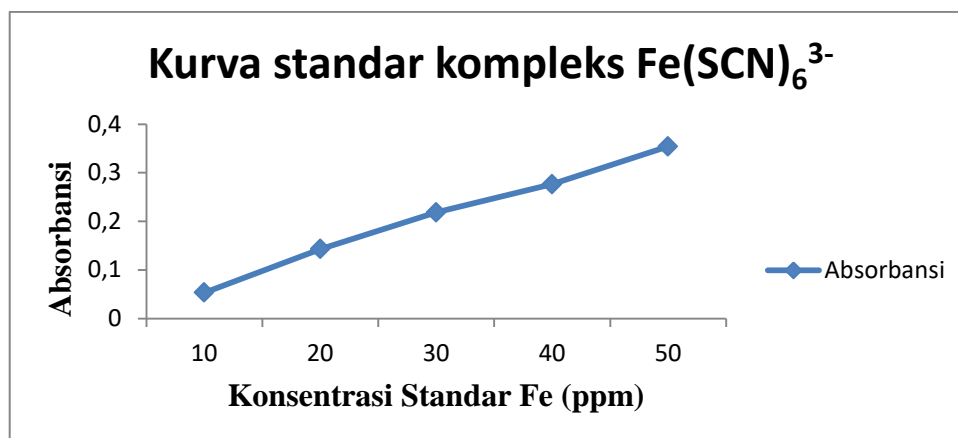
Cu^{2+} bereaksi dengan reagen KSCN membentuk CuSCN yang berwarna hijau sehingga dapat menurunkan intensitas terbentuknya senyawa $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$. Cu^{2+} mengganggu pada konsentrasi terkecil yang diujikan sebesar 10 ppm ditunjukkan pada hasil perhitungan selektivitas yaitu sebesar 5,54%. Menurut Wulandari (2012), perhitungan selektivitas melebihi 3 % sudah menunjukkan interferen mengganggu.



Gambar 4.5 Uji Selektivitas Reagen KSCN terhadap Logam Cu^{2+}

4.5 Pembuatan Kurva Standar Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$

Pembuatan kurva standar dilakukan dengan menyiapkan 5 tabung reaksi yang diisi masing-masing dengan 1 mL larutan standar Fe^{3+} 10; 20; 30; 40; dan 50 ppm, 3 mL reagen KSCN 1.000 ppm, 5 mL aseton, dan 1 mL larutan buffer pH 2. Selanjutnya masing-masing tabung reaksi dikocok hingga terjadi warna kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ merah yang merata, untuk kemudian diukur absorbansinya. Hasil pengukuran absorbansi pada larutan kurva standar ditampilkan pada kurva berikut



Gambar 4.6 Kurva Standar Kompleks Fe(III)-tiosianat

4.6 Pembuatan Sensor Kimia Fe³⁺ Metode Sol-Gel dengan TEOS

4.6.1 Preparasi Sol-Gel

Tahapan yang sangat penting dalam pembuatan sensor adalah immobilisasi, yaitu proses penanaman reagen KSCN pada media sensor. Setelah proses immobilisasi berhasil dilakukan, reagen yang terkandung harus dapat dipertahankan tetap aktif, sehingga sensor dapat digunakan. Immobilisasi dibedakan menjadi dua jenis; immobilisasi fisika dan immobilisasi kimia. Beberapa contoh immobilisasi fisika di antaranya adsorpsi dan *entrapment* karena interaksi yang terjadi adalah interaksi fisik. Sedangkan immobilisasi kimia dihasilkan akibat adanya ikatan kovalen antara media sensor dengan reagen.

Metode dalam penelitian ini menggunakan immobilisasi fisika teknik *entrapment*. Teknik ini merupakan salah satu jenis immobilisasi yang efektif dan efisien. Reagen KSCN dijebak dalam media sensor, sehingga tidak ada ikatan kovalen antara reagen dengan media sensor. Salah satu metode yang dapat dilakukan dalam teknik *entrapment* adalah metode sintesis anorganik sol-gel.

Reagen KSCN sebelum diimmobilisasi ke dalam media sensor, terlebih dahulu dijadikan sol-gel.

Preparasi sol-gel diawali dengan menyiapkan gelas kimia 100 mL, stirrer, dan *hotplate*. Kemudian dimasukkan larutan reagen KSCN 1.000 ppm sebanyak 6 mL, larutan tetraetilortosilikat (TEOS) sebanyak 4,5 mL, larutan buffer pH 2 sebanyak 3 mL, dan akuabides sebanyak 3 mL. selanjutnya campuran tersebut distirer 400 rpm tanpa pemanasan selama kurang lebih 24 jam. Dalam tahapan ini terjadi proses hidrolisis TEOS oleh akuabides (4.1), proses kondensasi (4.2) ditunjukkan pada reaksi berikut (Fernandez, 2012):



Selanjutnya adalah tahap pematangan yang merupakan tahap perubahan fasa dari sol menjadi gel. Campuran yang semula berwujud cair menjadi lebih kental dan keruh. Sol-gel dibuat untuk melindungi senyawa reagen KSCN agar tidak mudah terkontaminasi dan tidak mudah rusak. Senyawa TEOS yang merupakan prekursor (senyawa awal) dalam proses sol-gel awalnya berbentuk sol setelah proses hidrolisis, kemudian perubahan sol menjadi gel terjadi ketika reaksi kondensasi. Saat reaksi hidrolisis terjadi penempelan ion hidroksil pada atom logam dengan cara pemutusan salah satu ikatan logam alkoksida (garam anorganik). Kemudian molekul yang telah terhidrolisis bergabung membentuk hasil reaksi kondensasi (gel), yaitu terdapat dua logam yang digabungkan melalui rantai oksigen. Polimer-polimer besar terbentuk saat proses hidrolisis dan kondensasi berlanjut lalu menghubungkan polimer-polimer tersebut ke dalam bentuk gel. Molekul-molekul kecil sebagai produk reaksi seperti HCl, dan air akan

menguap sehingga pori-pori menyusut dan menjerat masuk reagen KSCN hingga terimmobilisasi sempurna namun dapat menyebabkan sedikit keretakan terhadap sol-gel (Dianawati, 2003).



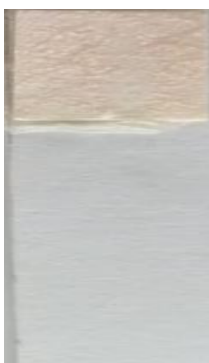
Gambar 4.7 Proses Pembuatan Sol-Gel

4.6.2 Pembuatan Sensor Kimia

Terdapat dua jenis sensor kimia sederhana berdasarkan cara penggunaannya, sensor celup (*dyeing test*) dan sensor tetes (*spot test*). Pada penelitian ini, sensor dapat bekerja dengan teknik *spot test*, sampel ditetaskan terhadap kertas sensor. Hasil sol-gel pada tahap 4.6.1 dituangkan dan dicetak dalam sebuah media kertas whatmann di atas plat kaca dengan pelapisan manual menggunakan batang pengaduk kaca hingga rapi, merata dan setipis mungkin untuk mengurangi efek keretakan. Tahapan sol-gel pada saat dicetak dalam media sensor masih berlangsung, yaitu tahap pengeringan sehingga perlu didiamkan semalam agar sol-gel terserap sempurna dalam pori-pori sensor dan kering. Tahapan pengeringan ini bertujuan juga untuk menguapkan air yang masih

terkandung dalam sol-gel sehingga akan terbentuk pori-pori baru agar sampel dapat bereaksi dengan reagen.

Hasil pelapisan kertas whatmann tersebut apabila sudah kering kemudian dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm. lalu ditempelkan pada kertas foto berukuran 5 x 1 cm agar mudah dibawa dan disimpan.



Gambar 4.8 Sensor Kimia Sederhana Berbentuk Stik

4.7 Pembuatan Deret Intensitas Warna Terhadap Berbagai Konsentrasi


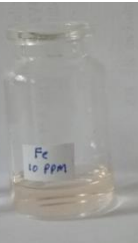
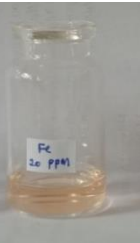



Deret intensitas warna dibuat untuk menentukan konsentrasi Fe^{3+} pada sampel dengan sensor secara komparatif. Dalam penggunaan sensor, dibutuhkan standar untuk menentukan konsentrasi. Deret intensitas warna yang dilakukan dalam pembuatan sensor ini ada dua wujud, di antaranya wujud cair dan padat.

4.7.1 Deret Intensitas Warna dalam Bentuk Larutan

Percobaan diawali dengan menyiapkan lima tabung reaksi tiap perlakuan. Setiap perlakuan diulang tiga kali. Tabung reaksi diisi dengan reagen KSCN 1.000 ppm sebanyak 1,5 mL, larutan besi standar 0,5 mL pada masing-masing tabung reaksi secara berurutan 10; 20; 30; 40; dan 50 ppm, serta larutan buffer pH

2 1 mL. kemudian campuran dikocok hingga warna merata dan dimasukkan ke botol vial dengan diberi label.

Tabel 4.2 Deret Intensitas Warna Kompleks Fe(III)-tiosianat Bentuk Larutan

ppm	0	10	20	30	40	50
Deret Warna						


4.7.2 Deret Intensitas Warna dalam Bentuk Sensor Kimia Sederhana

Salah satu tujuan dibuatnya dua jenis intensitas warna yaitu padat dan cair adalah agar dapat mengestimasi keadaan dan perubahan warna saat sensor telah dibuat untuk menganalisis. Sensor yang telah dibuat pada tahap 4.6.2 disiapkan kemudian ditetaskan larutan standar besi terhadap sensor dengan variasi konsentrasi 10; 20; 30; 40; dan 50 ppm. Rentang konsentrasi tersebut dibuat sebab diduga kandungan besi pada air lindi berada pada rentang tersebut. Sekaligus kemampuan reagen KSCN memberikan respon yang dapat ditangkap panca indera dengan limit terendah 10 ppm. Sensor dapat menghasilkan perbedaan warna yang dapat teramati dengan selisih 10 digit angka konsentrasi.

Pengaplikasian sensor terhadap sampel dilakukan dengan teknik penetesan (*spot test*). Sebab proses analisis akan bermasalah apabila menggunakan teknik celup (*dyeing test*). Reagen yang terperangkap dalam media sensor akan

terkelupas, akibatnya reaksi dengan sampel terjadi diluar kertas sensor dan warna yang terjadi menyebar pada larutan sampel, bukan menempel pada sensor.

Tabel 4.3 Deret Intensitas Warna Kompleks Fe(III)-tiosianat Bentuk Sensor

ppm	10	20	30	40	50
Deret					
Warna					

4.8 Uji Waktu Respon

Waktu respon merupakan waktu pertama kali sensor memberikan respon perubahan warna setelah ditetesi sampel. Perubahan warna tersebut terjadi sebab ada reaksi antara reagen KSCN yang terperangkap di dalam sensor dengan keberadaan logam Fe^{3+} pada sampel. Hasil yang diperoleh pada sensor logam Fe^{3+} adalah warna muncul secara spontan setelah ditetesi sampel. Dan intensitas warna semakin meningkat seiring berjalannya waktu hingga maksimal 60 detik. Menurut Huanicki, dkk (1991), semakin cepat waktu sensor maka semakin baik sensor tersebut. Pada penelitian ini, sensor yang dibuat memiliki waktu sensor spontan.

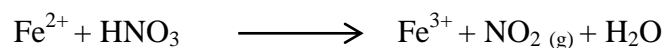
4.9 Pengaplikasian Sensor Terhadap Sampel

4.9.1 Preparasi Sampel

Sebelum sampel air lindi dianalisis, terlebih dahulu dilakukan destruksi basah untuk memutus ikatan organologam menjadi ion bebas (Wulandari, 2012).

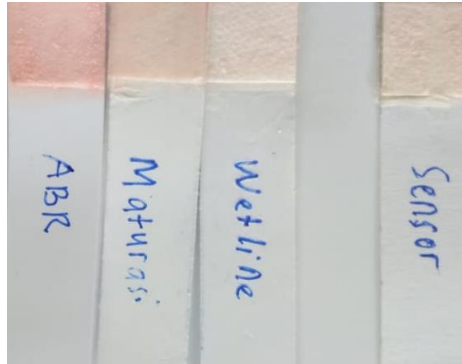
Masing-masing sampel air lindi sebanyak 100 mL kedalam labu erlenmeyer 250 mL, lalu ditambahkan HNO₃ 65% sebanyak 5 mL kemudian didestruksi di atas hotplate dengan suhu dalam rentang 60 – 150° C hingga volume sampel air lindi tersisa 10 mL dan berwarna jernih.

Penambahan HNO₃ juga berfungsi sebagai oksidator, yaitu proses pengubahan Fe total dalam sampel air lindi menjadi besi (iii) sebab reagen KSCN yang ada di dalam stik sensor hanya dapat bereaksi dengan besi (iii). Logam besi yang masih dalam bentuk besi (ii) akan teroksidasi menjadi besi (iii) dengan reaksi oksidasi ditunjukkan di bawah (Ozge, 2012):



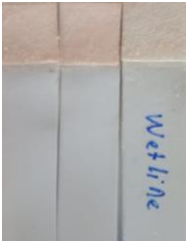

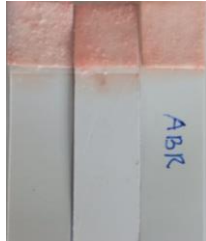
4.9.2 Uji Kinerja Sensor Terhadap Smpel Air Lindi

Sampel air lindi yang didapat pada tahap 4.9.1 di antaranya sampel air lindi *wetline*, maturasi, dan ABR yang telah didestruksi kemudian diujikan dengan cara ditetaskan terhadap sensor kimia. Teknik ini disebut dengan spot test yaitu dengan cara meneteskan sampel secara langsung menggunakan pipet tetes ke atas permukaan sensor kimia yang telah berisi reagen. Terdapat dua jenis teknik yang selama ini telah dikembangkan dalam pengaplikasian sampel ke dalam sensor. Satu di antaranya adalah teknik pencelupan. Sensor kimia dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) tidak cocok menggunakan teknik celup, sebab pencelupan terhadap sampel akan menyebabkan reagen larut dan menyebar ke dalam larutan sampel. Dari warna yang muncul kemudian dicocokkan dengan deret warna yang sudah dibuat. Penampilan sensor untuk menguji logam besi pada sampel air lindi adalah seperti berikut:



Gambar 4.9 Hasil Analisis Air Lindi Menggunakan Sensor




Tabel 4.4 Hasil Analisis Tiga Jenis Air Lindi Menggunakan Sensor

Sampel		
Wetline	Maturasi	ABR
		





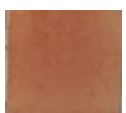

Hasil pada tabel 4.4 tersebut apabila dibandingkan dengan deret intensitas warna pada sensor menunjukkan bahwa sampel air lindi maturasi dan wetline tidak mengandung logam besi di atas 10 ppm, karena tidak terjadi perubahan warna yang cocok dengan deret intensitas warna yang sudah dibuat. Sedangkan untuk sampel air lindi ABR, menunjukkan bahwa sampel tersebut mengandung logam besi kurang lebih 10 ppm. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat dikatakan bahwa sampel air lindi dengan konsentrasi besi terbesar ada pada kolam ABR, sebab secara letaknya, kolam ABR merupakan kolam pertama

penampungan air lindi yang berasal dari sampah. Sedangkan kolam maturasi dan wetline sudah mengalami proses filtrasi sebelumnya yang memungkinkan dapat mereduksi konsentrasi logam di dalamnya. Berikut tabel yang menunjukkan penampakan sensor setelah ditetesi tiga jenis air lindi dan larutan Fe standar:

Tabel 4.5 Penampakan Sensor Setelah Ditetesi Tiga Jenis Air Lindi

Sampel		
Wetline	Maturasi	ABR
		

Tabel 4.6 Deret Warna Pada Sensor Menggunakan Larutan Standar Fe^{3+}

Konsentrasi Fe^{3+} (ppm)					
0	10	20	30	40	50
					

4.10 Uji Perbandingan dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Tabel 4.7 berikut menunjukkan hasil analisis ketiga sampel air lindi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA):

Tabel 4.7 Konsentrasi Fe Pada Sampel Berdasarkan Hasil Analisis SSA

No.	Sampel Air Lindi	Kadar Fe dengan SSA (ppm)	Kadar Fe dengan Sensor (ppm)
1	Wetline	5,47	Tidak terdeteksi
2	Maturasi	5,00	Tidak terdeteksi
3	ABR	9,72	± 10

4.11 Hikmah Pembuatan Sensor Kimia Sederhana

Islam merupakan agama yang sempurna, mengurus seluruh kehidupan manusia dari urusan terkecil hingga kompleks sekalipun. Ayat terakhir yang diwahyukan kepada Rasulullah Saw. yaitu dalam surat Al-Maidah ayat 3 berbunyi “Hari ini telah Ku-sempurnakan bagi kalian agama kalian, kutuntaskan bagi kalian pemberian nikmat-Ku dan Ku-relakan bagi kalian Islam sebagai agama.” Islam mengatur kehidupan sedemikian rupa demi kemaslahatan bersama.

Penelitian mengenai pembuatan sensor kimia sederhana dengan maksud mendeteksi logam besi yang terkandung di dalam air lindi ini merupakan bentuk ikhtiar ilmiah. Mengetahui kondisi air limbah lindi secara kimiawi sangat penting dilakukan sebelum limbah tersebut mengalir ke sungai-sungai dan tempat-tempat yang berkaitan dengan pemenuhan air dalam kehidupan sehari-hari. Kandungan logam di dalamnya, utamanya logam besi perlu diketahui agar apabila terjadi ketidaklayakan sesuai baku mutu yang berlaku dapat segera dicarikan solusi yang tepat.

Air, tanah dan udara merupakan komponen penting dalam kehidupan manusia. Tetapi tidak jarang seiring berjalannya waktu, masalah lingkungan kian meningkat. Air tanah yang merupakan sumber dari ketersediaan air bagi sebagian masyarakat tak jarang terkena limpasan air limbah lindi sampah. Sehingga dapat memengaruhi sifat-sifat toksik dari senyawa-senyawa baik organik maupun anorganik (Kurniawan, 2006). Islam memandang pencemaran lingkungan merupakan salah satu bentuk kelalaian manusia baik dari kurangnya segi pengontrolan, pengendalian, dan penyelesaian terhadap masalah pencemaran lingkungan. Kelalaian tersebut disebutkan dapat membinasakan ummat tersebut. Allah berfirman dalam surat An-Nahl ayat 10:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ۖ لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ (١٠)

Artinya : *“Dia-lah yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk kamu, sebahagiannya kamu jadikan sebagai minuman dan sebahagiannya menyuburkan tumbuh-tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kamu mengembala ternakmu.”*

Berdasarkan penjelasan di dalam tafsir Al-Misbah karya Prof. Quraisy Shihab, ayat diatas mengingatkan manusia dengan tujuan agar mereka mensyukuri segala nikmat Allah Swt. serta memanfaatkan dengan baik anugerah dari-Nya. Allah yang Maha kuasa telah menurunkan dari langit yakni air hujan untuk dimanfaatkan. Sebagian dijadikan sebagai minuman yang segar dan sebagian lainnya untuk menyuburkan tumbuh-tumbuhan, yang padanya tempat manusia mengembalakan ternak sehingga ternak tersebut menghasilkan sesuatu yang bermanfaat seperti daging, susu, dan bulu. Ayat tersebut mengajak kita untuk bersyukur atas nikmat Allah yang digambarkan dengan anugerah air.

Salah satu bentuk dari rasa syukur adalah menjaga dan merawat pemberian-Nya. Penjagaan dapat dilakukan dengan tidak membuat kerusakan dan

mengontrol kelayakan air. Unsur pencemaran yang masuk ke dalam badan air dan berasal dari air lindi akan memberikan dampak negatif apabila melebihi ambang batas. Sehingga sangat penting dilakukan langkah awal untuk menganalisis kelayakan air lindi. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mendeteksi kadar logam Fe yang terkandung menggunakan sensor kimia sederhana yang bersifat mudah dan cepat.

Pembuatan sensor kimia merupakan salah satu bentuk implementasi atas janji dan rahmat Allah Swt. yang telah menciptakan segala sesuatu secara berpasang-pasangan. Allah menciptakan langit dan bumi, siang dan malam, penyakit beserta penawarnya, bahkan dalam bidang kimia, suatu analit dalam tujuan tertentu, hanya spesifik bereaksi dengan pereaksi tertentu yang sesuai. Seperti disebutkan didalam surat al-Dzariyat ayat 49 yang berbunyi :

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ (٤٩)

Artinya “ dan segala sesuatu kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat akan kebesaran Allah”(QS. al-Dzariyat : 49).

Allah Swt. menitipkan pengetahuan dari ayat-ayat kauniyahnya, pembuatan sensor kimia logam besi ini merupakan sebuah upaya untuk mempelajarinya dan menambah rasa syukur serta meningkatkan status kehambaan dengan semakin bersujud taat mengagungkan Allah selamanya. Tambahan pengetahuan ini seyogyanya membuat manusia semakin bersujud dan menaati Allah, seperti terungkap di dalam surat Al-Alaq yang diawali dengan kata *iqra'* (bacalah) kemudian ditutup dengan kalimat *wasjud waqtarib* (bersujud dan dekatkanlah pada Tuhan). Secara garis besar, ayat ini memberikan gambaran

dasar tentang nilai-nilai kependidikan tentang membaca, menulis, meneliti, mengkaji, menelaah sesuatu yang belum diketahui, dan pekerjaan tersebut harus senantiasa diawali dengan menyertakan nama Tuhan (*bismillah*)

إِقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (١) خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ (٢) إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ (٣)
الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (٤) عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (٥)

Artinya: (1) Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu yang menciptakan (2) Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah (3) Bacalah, dan Tuhanmulah yang Mahamulia (4) Yang mengajar manusia dengan pena (5) Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.

Secara singkat, hikmah surat Al-Alaq ayat 1-5 menurut tafsir Al Munir karya Syekh Wahbah al-Zuhaili adalah bahwasannya Allah Swt. membekali ilmu Pengetahuan kepada manusia yang tidak diberikan kepada makhluk lain. Pada kalimat perintah ‘bacalah’ Allah Swt. menginginkan umat manusia untuk berupaya mempelajari isi dunia dengan cara mengembangkan ilmu pengetahuan.

Dari setiap apa yang kita baca muncul sebuah pengetahuan baru dan seyogyanya hal tersebut dikembalikan kepada Mahabesarnya Allah Swt. sehingga dapat meningkatkan status kehambaan dan kita kembali bersujud kepada-Nya. Al-Alaq ayat 19:

كَلَّا لَا تُطِغُهُ وَاسْجُدْ وَاقْتَرِبْ (١٩)

Artinya : Sekali-kali jangan, janganlah kamu patuh kepadanya; dan sujudlah dan dekatkanlah (dirimu) pada Tuhan.

BAB V

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasar pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

1. Kompleks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ memiliki panjang gelombang maksimum 457,0 nm, stabil dalam pH 2 pada 15 menit pertama.
2. Sensor Fe^{3+} dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) bekerja dengan selektivitas rendah terhadap logam Fe^{3+} sebab dapat bereaksi dengan logam pengganggu seperti Cu^{2+} pada semua perbandingan yang dibuat. Sensor merespon keberadaan analit secara spontan setelah ditetesi sampel mengandung logam besi dengan konsentrasi 10 ppm ke atas, semakin besar konsentrasi Fe^{3+} , semakin pekat warna yang dihasilkan oleh sensor.
3. Sensor Fe^{3+} dengan reagen kalium tiosianat (KSCN) dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan logam Fe^{3+} dengan konsentrasi 10 ppm ke atas. Warna dapat terbedakan dengan ketelitian 10 digit angka konsentrasi. Hasil analisis menggunakan sensor memiliki kedekatan dengan hasil analisis menggunakan instrumen AAS.

6.2 Saran

1. Menggunakan reagen dengan panjang gelombang lebih besar yaitu di daerah visible atau mendekatinya, sebab hal tersebut akan memengaruhi hasil warna sebagai respon dari sensor sehingga mendeteksi dengan limit yang lebih kecil.
2. Melakukan pengondisian pada precursor agar pengikatan reagen lebih kuat

3. Menambahkan lebih banyak optimasi parameter seperti konsentrasi optimum reagen, variasi logam pengganggu untuk uji selektivitas dan lain-lain.
4. Proses pembuatan sol-gel perlu dikontrol dengan konsisten setelah distirer selama 20 jam, agar tidak terjadi pengerasan.
5. Melakukan validasi metode sensor seperti sensitivitas, *limit detection*, dan waktu pakai sensor.
6. Menambah uji jenis logam sebagai kompetitor dari logam target dan mencari cara untuk mengurangi pengaruh logam kompetitor tersebut agar reagen dapat bekerja spesifik.

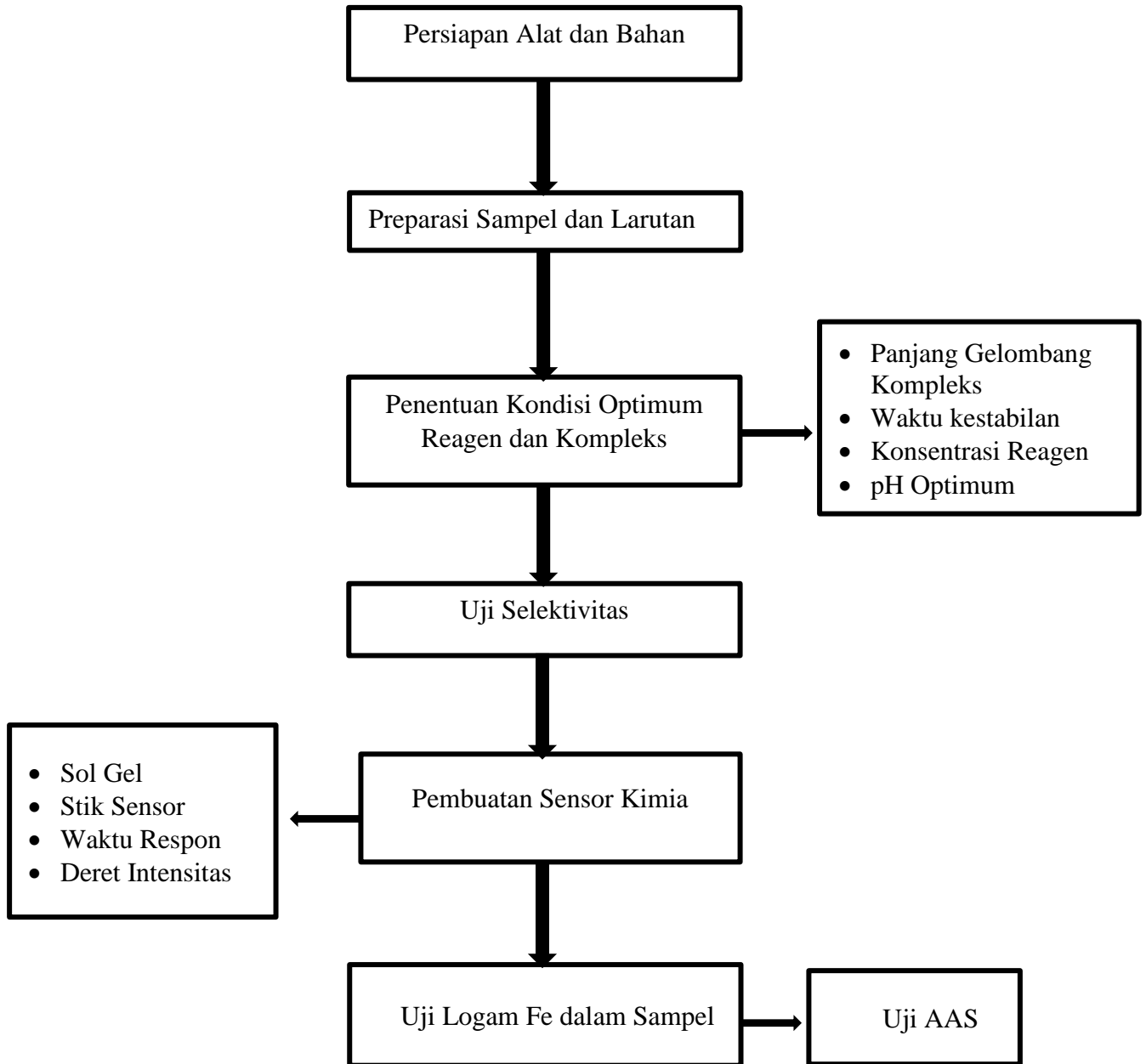
DAFTAR PUSTAKA

- Adipura, Sigit. "Pengaruh TPA Tamangapa Terhadap Kualitas Air Baku di Wilayah Pemukiman Sekitarnya Besi dan Mangan". *Skripsi*. Makassar: Fakultas teknik Universitas Hasanuddin Makassar, 2015
- Agustina, N.A., 2017. Pengaruh Ion As^{3+} Pada Analisa Besi(iii) Dengan Ligan 1,10-Fenantrolin Dan Tiosianat Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis 131.
- Ainiyah, S.D., Lestari, I., Andini, A., "Hubungan Antara Kadar Besi (Fe) Air Tambak Terhadap Kadar Besi (Fe) Pada Daging Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Dan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*) di Kecamatan Jabon Sidoarjo." vol 2, no.2. 2018.
- Arba, Hikmah Nisa. 2017. Skripsi. Identifikasi Logam Besi (Fe) pada Zonasi Radius 1-5 KM Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang Makassar. UIN Alauddin Makassar.
- Avia, S., 2015. Sensor Kimia Bentuk Stik dengan Menggunakan Reagen PAR untuk Mendeteksi Cu^{2+} dalam Air Sungai. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang 89.
- Birry, dan Hilda. 2012. *Bahan Beracun Lepas Kendali, Sebuah Potret Pencemaran Bahan Kimia Berbahaya dan Beracun di Badan Sungai Serta Beberapa Titik Pembuangan Industri tak Bertuan*, Study Kasus Sungai Citarum. Bandung: Walhi.
- Damin, S. 2006. *Pengantar Kimia*, Buku Kedokteran EGC: Jakarta.
- Dini P.A., Sulistyarti. "Pembuatan Tes Kit Tiosianat Berdasarkan Pembentukan Kompleks Merah Besi (iii) Tiosianat." *Kimia Student Journal*. Vol. 1. No. 2. 2013.
- Effendy. (2007). *Perspektif Baru Kimia Koordinasi Jilid 1*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Fernandez, B.R. 2012. Sintesis Nanopartikel SiO_2 Menggunakan Metoda Sol-Gel dan Aplikasinya terhadap Aktifitas Sifatitksik Sel. *Review Jurnal Nanopartikel*. Pascasarjana Uneversitas Andalas Padang
- Gandjar, I.G., dan Abdul, R. 2007. *Kimia fmasi Analisis*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Ika, T., Said, I., 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. *J. Akad. Kim.* 1(4), 6.
- Indriaty, Ningsih. et al. "Optimasi Pengukuran Besi dengan Pereaksi Tiosianat dan 1,10-Fenantrolin serta Gangguan Beberapa Ion secara Spektrofotometri Sinar Tampak." *Jurnal Kimia Universitas Hasanuddin Makassar*. 2014.
- Ismayanti, N.A., Kesumaningrum, F., Muhaimin, 2019. Analisis Kadar Logam Fe, Cr, Cd dan Pb pada Air minum Isi Ulang di Lingkungan Sekitar Kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *Indones. J. Chem. Anal.* 2 (1), 6. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol2.iss1.ant6>

- Jawhari, Tantawi. *al-Jawahir fi Tafsir al-Qur'an al-Karim*, (Beirut: Dar al-Kutub al-Ilmiyah, 2004), Vol. 3, Juz 6, 7.
- Khasanah, Si., et al. "Perbandingan Validasi Metode Analisis Ion Besi Secara Spektrofotometri Sinar Tampak dengan Pengompleks KSCN dan 1,10-Fenantrolin." *Jurnal Kimia Dasar*. Vol. 7. No. 3. 2018.
- Khopkar, S. M. 2010. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Terjemahan oleh Saptoharardjo. Jakarta: Universitas Indonesia
- Kuswandi, B., 2008. *Sensor Kimia (Teori, Praktik dan Aplikasi)*. Kimia Farmasi Universitas Jember.
- Lalena, J.N., David A.C., Everett E.C., dan Nancy F.D. 2008. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication. Canada*. WILLWY-INTERSCIENCE
- Lestari, D., 2011. Analisis Adanya Kandungan Pemanis Buatan (Sakarina dan Siklamat) pada Jamu Gendong di Pasar Gubug Grobogan. Inst. Agama Islam Negeri Walisongo.
- Milea, C.A., C. Bogatu dan A. Duta. 2011. The Influence of Parameters in Silica Sol-Gel Process. *Transilvania*. Volume 18, hlm. 1.093 - 1.097.
- Nadhira, V., Endang, J., Lidzkiry, I.F., Rizky, T.W., 2017. Alat Ukur Portabel Kadar Logam Mangan dan Besi dalam Air Menggunakan Prinsip Spektrofotometer. Inst. Teknol. Bdg. 9, 10.
- Nugroho, A., 2016. Sistem Deteksi Air Terkontaminasi Logam Besi (Fe) dengan Pengukuran Intensitas Cahaya Terpolarisasi. Univ. Islam Sunan Kalijaga 04 (02), 8.
- Ozge, Gok. "Ferrous Oxidation by Oxy-Nitrogen Species (NO_x)." *Asian Journal of Chemistry*. Vol. 24. No. 12. 2012.
- Patnaik, P., 2003, "Handbook of Inorganic Chemical", p. 867-870, 899-902, Mc. Graw Hill company, Inc. New York
- Prahasto, W.S.T., 2009. *Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen Bifenil dengan Penambahan Surfaktan Kationik untuk Deteksi Merkuri dalam Air*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
- Prabowo, I.E., Supriyanto, G., Raharjo, Y., 2011. Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen Zn(Cns)₂ Untuk Mendeteksi Rhodamin B Dalam Sampel Makanan 15.
- Pratama, R.A., 2017. Study Analisis Spesiasi Logam Fe (II) dan Fe (III) Menggunakan Kurkumin Hasil Ekstrak Kunyit (*curcuma domestica* val) sebagai Senyawa Pengompleks secara Spektrofotometri Ultraungu-Tampak. Univ. Lampung.
- Rahayu, Retno., et al. "Studi Gangguan Krom (iii) pada Analisa Besi dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV Tampak." *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. Vol. 2. No. 2. 2013.
- Rahmatulloh, A. 2011. Sensor Kimia untuk Mendeteksi Kromium (VI) dalam Air Limbah Elektroplating Menggunakan Reagen *Diphenylcarbazide*. Skripsi. Surabaya. Departemen Kimia Fsaintek UNAIR
- Said, Nusa Idaman, dkk. Pengolahan Air Lindi dengan Proses Biofiter Anaerob-Aerob dan Denitrifikasi. 2015. Jurnal JAI. Vol. 8. No 1.
- Sari, Nidya A. B. R. et al. "Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cu dan Cr oleh Karbon Aktif Sekam Padi pada Air Lindi TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Sampah." *Brawijaya Physics Student Journal*, vol. 2, no. 1, 2014.

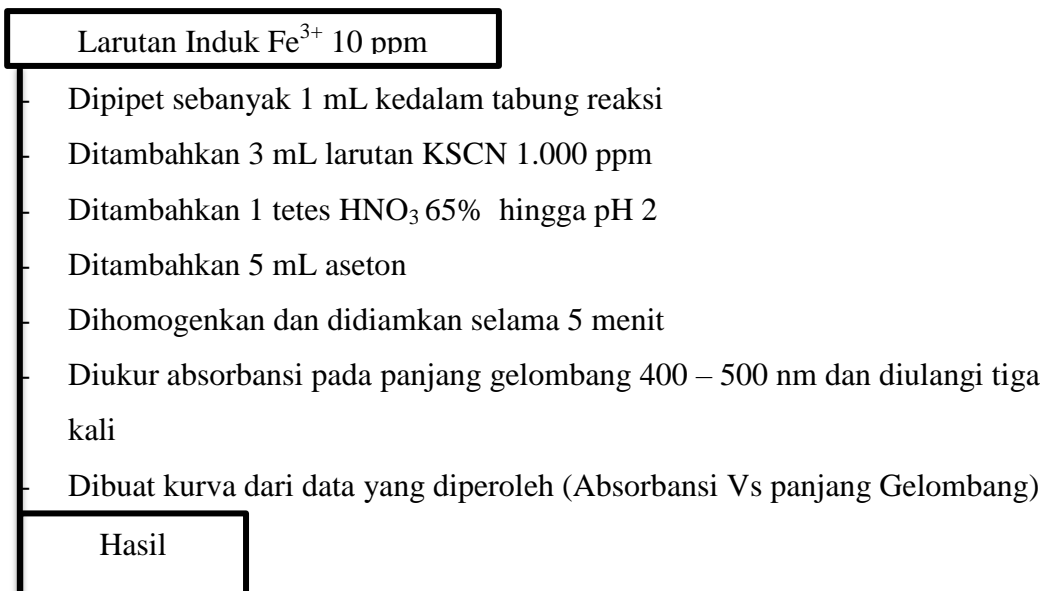
- Siahaan, M.A., 2019. Analisis Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali Penduduk Wilayah Kompleks Rahayu Kelurahan Mabar Hilir Kecamatan Medan Deli Kota Medan 4.
- Sinaga, Marudut, dkk. 2012. Pengembangan Sensor Kimia untuk Monitoring Pengawet dalam Makanan dan Minuman. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Medan.
- Sumardi. 2006. *116 Unsur Kimia*. Bandung: Yrama Widya.
- Supriyantini, E., Endrawati, H., 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *J. Kelaut. Trop.* 18. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>
- Thomas, O. and Burgess, C. 2007. *UV-Visible Spectrophotometry of Water and Wastewater*, Amsterdam: The Netherland Elsevier B.V.
- Widodo, S. 2010. Teknologi Sol-Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses.

**LAMPIRAN 1
RANCANGAN PENELITIAN**

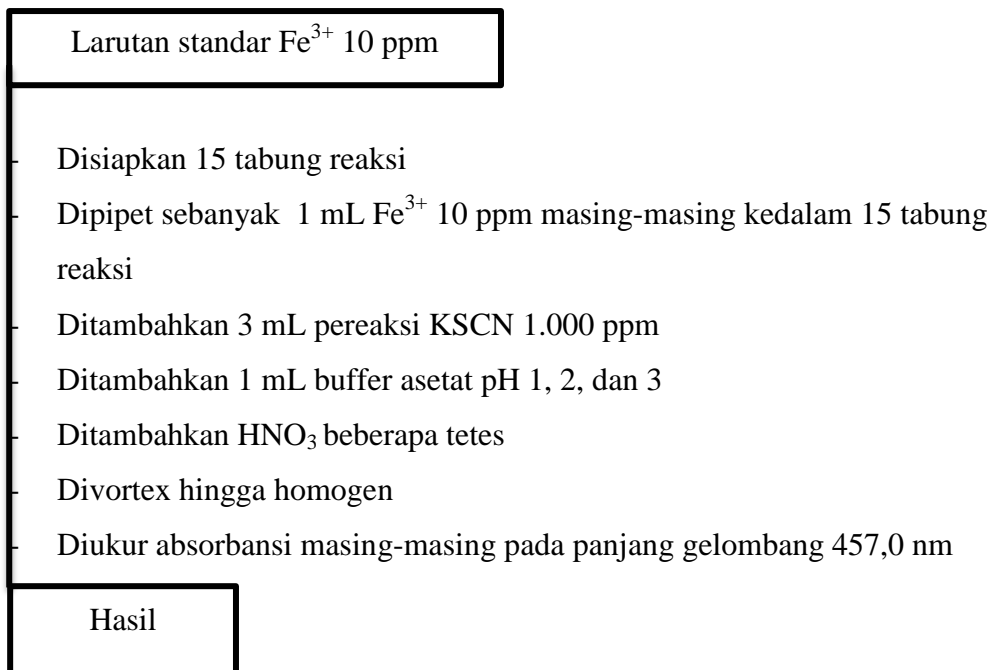


LAMPIRAN 2 DIAGRAM ALIR

1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Besi (III) Tiosianat



2. Penentuan pH Optimum Kompleks



3. Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks

Larutan standar Fe^{3+} 10 ppm

- Dipipet sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan 3 mL larutan KSCN konsentrasi optimum
- Ditambahkan sedikit larutan HNO_3 65%
- Ditambahkan 1 mL buffer pH 2
- Divortex hingga homogen
- Ditentukan absorbansi dari menit ke- 0, 5, 10, 15, 20, 30 dan 60 menit pada 457,0 nm

Hasil

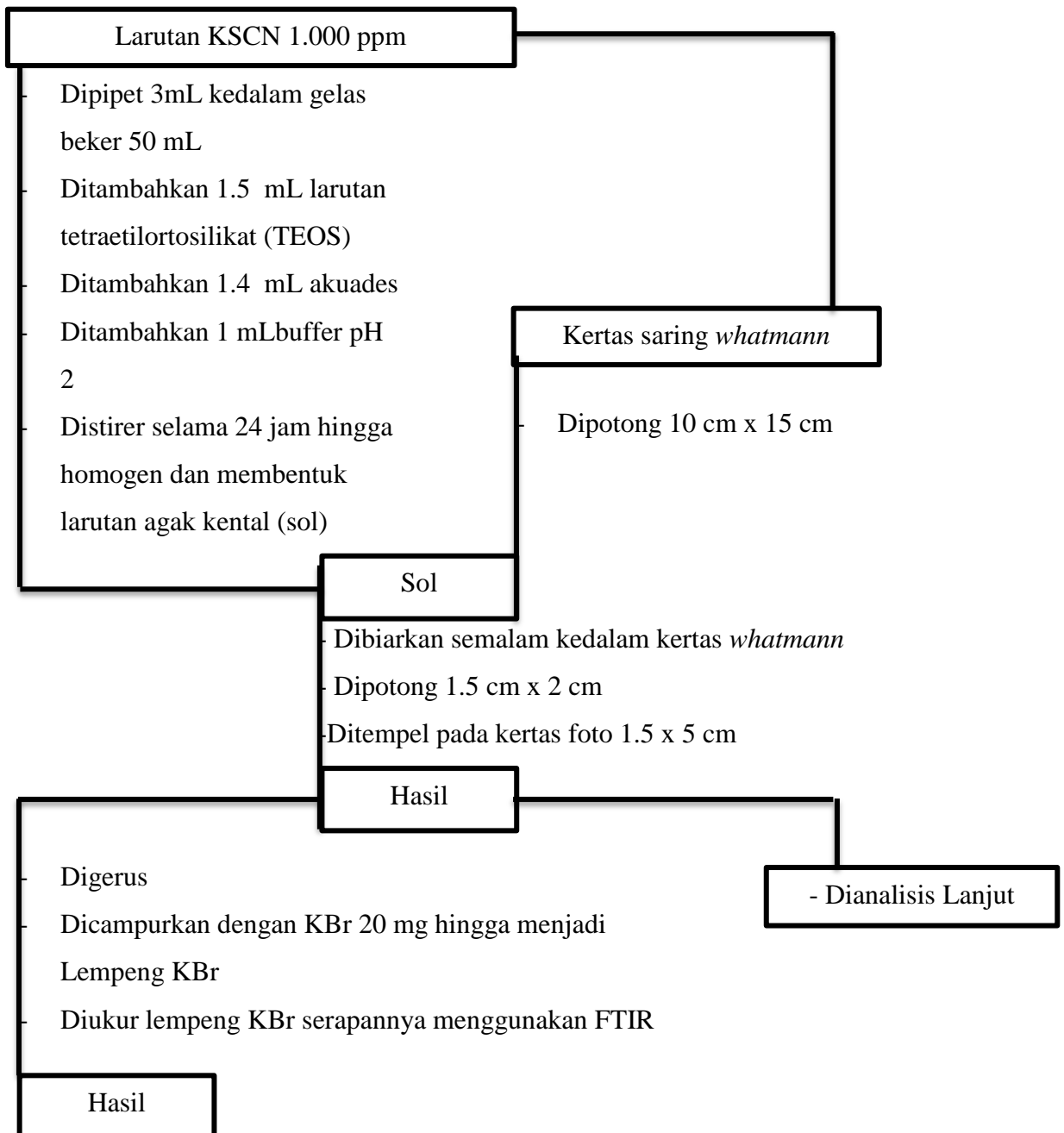
4. Uji Selektivitas

Larutan Fe^{3+} 10 ppm

- Dipipet 1 mL kedalam 3 tabung reaksi berbeda (triplo)
- Ditambahkan 1 mL larutan Cu^{2+} konsentrasi sesuai perbandingan ppm pada masing-masing tabung reaksi yang berbeda
- Ditambahkan 2 mL larutan buffer asetat pH 2
- Ditambahkan beberapa tetes HNO_3 65%
- Ditambahkan 3 mL larutan reagen KSCN 1.000 ppm
- Divortex hingga larutan homogen
- Didiamkan hingga warna stabil
- Dibandingkan intensitas warna dengan kompleks tanpa penambahan Cu^{2+}
- Diukur absorbansi kemudian dibandingkan dengan absorbansi kompleks tanpa penambahan Cu^{2+}

Hasil

5. Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Metode Sol-gel dengan TEOS dan Uji Interaksi dengan FTIR



6. Pembuatan Deret Intensitas Warna Berbagai Konsentrasi

Sensor Kimia Bentuk Stik

- Diuji kedalam larutan Fe^{3+} konsentrasi 10; 20; 30; 40 dan 50 ppm
- Dibiarkan beberapa detik hingga muncul warna dan stabil
- Diamati dan difoto warna yang terbentuk dari setiap konsentrasi

Hasil

7. Uji Waktu Respon

Sensor Kimia Bentuk Stik

- Diuji kedalam larutan Fe^{3+} konsentrasi 10 ppm
- Dicatat waktu ketika terjadi perubahan warna
- Dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan

Hasil

8. Analisis Sampel

Sampel Air Lindi

- Diambil hingga volume 100
- Dengan teknik *random sampling*
- Dihomogenkan

- Diteteskan ke sensor stik
- Diamati perubahan warna yang terjadi
- Dibandingkan dengan deret intensitas warna yang telah dibuat

- Diuji dengan AAS

Hasil

Hasil

LAMPIRAN 3. PERHITUNGAN

L.3.1 Perhitungan Preparasi Bahan.

1. Pembuatan Larutan Induk Kalium Tiosianat (KSCN) 1.000 ppm

$$\text{ppm KSCN} = \frac{\text{Massa KSCN}}{\text{Volume KSCN}}$$

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa KSCN}}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa KSCN} = 1.000 \text{ ppm} \times 0,1 \text{ L}$$

$$\text{Massa KSCN} = 100 \text{ mg} = 0.1 \text{ gr}$$

Cara pembuatan larutan reagen KSCN 1.000 ppm adalah dengan menimbang 100 mg KSCN dan ditanda bataskan dengan akuadenim hingga volume 100 mL.

2. Pembuatan larutan Induk Fe³⁺ 100 ppm dari FeCl₃.6H₂O

$$\frac{\text{ppm Fe}}{\text{ppm FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{Ar Fe}}{\text{Mr FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}}$$

$$\text{ppm FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{ppm Fe} \times \text{Mr FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Fe}}$$

$$\text{ppm FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O} = \frac{100 \text{ ppm} \times 270,20 \text{ g/mol}}{55,85 \text{ g/mol}}$$

$$\text{ppm FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O} = 483,795 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O} = 483,795 \text{ mg/L}$$

$$\text{ppm FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{massa FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}}{100 \text{ mL}}$$

$$483,795 \text{ mg/L} = \frac{\text{massa FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O} = 483,795 \text{ mg/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 48,3795 \text{ mg}$$

$$= 0,0484 \text{ gram}$$

Cara pembuatan larutan standar Fe³⁺ 100 ppm adalah dengan menimbang 0,0484 gram larutan FeCl₃.6H₂O dan ditanda bataskan dengan akuadenim hingga volume 100 mL.

3. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 10 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Fe²⁺ 10 ppm adalah dipipet 5 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

4. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 20 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Fe²⁺ 20 ppm adalah dipipet 10 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

5. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 30 ppm.

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 30 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Fe²⁺ 30 ppm adalah dipipet 15 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

6. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 40 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 40 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Fe²⁺ 40 ppm adalah dipipet 20 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

7. Pembuatan Larutan Kerja Fe^{2+} 50 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 50 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Fe^{2+} 50 ppm adalah dipipet 25 mL larutan induk Fe^{2+} 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

9. Pembuatan Larutan Induk Cu^{2+} 100 ppm dari $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

$$\text{Ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$100 \text{ ppm} = \frac{\text{mg}}{0,05 \text{ L}}$$

$$\text{mg Cu}^{2+} = 5,0 \text{ mg}$$



$$n \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \approx n \text{ Cu}^{2+}$$

$$\frac{\text{mg CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{Mr} = \frac{\text{mg Cu}^{2+}}{Ar}$$

$$\frac{\text{mg CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{249,68 \text{ g/mol}} = \frac{5,0 \text{ mg}}{63,55 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mg CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 19,64 \text{ mg}$$

$$\text{mg CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 1,964 \text{ gram}$$

Cara pembuatan larutan standar Cu^{2+} 100 ppm adalah dengan menimbang 1,964 gram larutan standar Cu^{2+} dan ditanda bataskan dengan akuadenim hingga volume 100 mL.

10. Pembuatan Larutan Cu^{2+} 10 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Cu^{2+} 10 ppm adalah dipipet 5 mL larutan induk Cu^{2+} 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

11. Pembuatan Larutan Cu^{2+} 30 ppm

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

$$100\text{m} \times V_1 = 30 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Cu^{2+} 30 ppm adalah dipipet 15 mL larutan induk Cu^{2+} 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim

12. Pembuatan Larutan Kerja Cu^{2+} 50 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 50 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

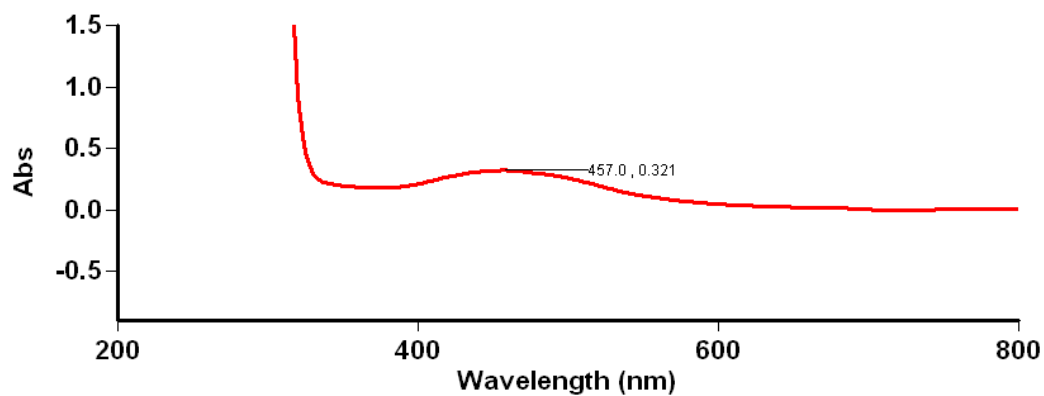
$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Cara pembuatan larutan Cu^{2+} 50 ppm adalah dipipet 25 mL larutan induk Cu^{2+} 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

LAMPIRAN 4.
HASIL ANALISIS UV-VIS

Lamdha Maks $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$

Tanggal Analisa : 08 Februari 2021



Scan Analysis Report

Report Time : Mon 08 Feb 10:25:06 AM 2021

Method:

Batch: D:\Hilyatul M\Lamdha Maks FeSCN 1 (08-02-2021).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: FeSCN 1

Collection Time 2/8/2021 10:25:34 AM

Peak Table

Peak Style	Peaks
Peak Threshold	0.0100
Range	800.1nm to 199.9nm

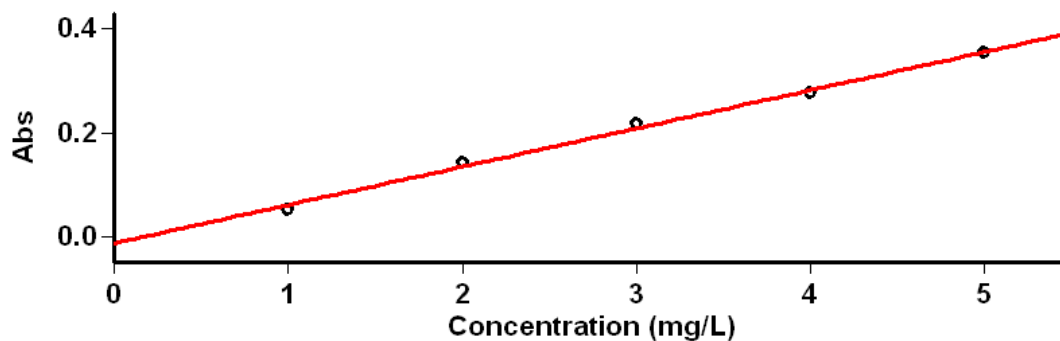
Wavelength (nm)	Abs
-----------------	-----

457.0	0.321
-------	-------

306.0	4.348
-------	-------

Kurva Standar FeSCN 2

Tanggal Analisa : 24 Februari 2021



Concentration Analysis Report

Report time	2/25/2021 2:47:35 AM
Method	
Batch name	D:\Hilyatul M\Kurva Standar FeSCN 2 (24-02-2021) .BCN
Application	Concentration 3.00 (339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	457.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R ²	0.95000
Concentration units	mg/L

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1555)	457.0

Calibration

Collection time 2/25/2021 2:47:53 AM

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	1.0		0.0532	0.0005	0.91	0.0527
						0.0537
						0.0533
Std 2	2.0		0.1428	0.0005	0.32	0.1423
						0.1432
						0.1430
Std 3	3.0		0.2182	0.0007	0.33	0.2190
						0.2176
						0.2181
Std 4	4.0		0.2765	0.0004	0.14	0.2765
						0.2768
						0.2760
Std 5	5.0		0.3540	0.0002	0.05	0.3542
						0.3541
						0.3538

Calibration eqn Abs = 0.07352*Conc -0.01161

Correlation Coefficient 0.99528

Calibration time 2/25/2021 2:48:58 AM

Results Flags Legend

U = Uncalibrated O = Overrange
 N = Not used in calibration R = Repeat reading

Waktu Kestabilan FeSCN

Tanggal Analisa : 23 Maret 2021

Advanced Reads Report

Report time 3/23/2021 12:18:08 PM
 Method
 Batch name D:\Hilyatul M\Waktu Kestabilan FeSCN
 (23-03-2021).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 457.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1521)	457.0

Analysis

Collection time 3/23/2021 12:18:08 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
0 menit					0.3456
					0.3464
		0.3477	0.0029	0.83	0.3509
5 menit					0.3574
					0.3571
		0.3571	0.0003	0.08	0.3568
10 menit					0.3606
					0.3608
		0.3607	0.0001	0.03	0.3606
15 menit					0.3625
					0.3621
		0.3622	0.0003	0.08	0.3619
20 menit					0.3596
					0.3594
		0.3595	0.0001	0.03	0.3594
30 menit					0.3648
					0.3651
		0.3650	0.0002	0.06	0.3652
60 menit					0.3724
					0.3727
		0.3725	0.0001	0.03	0.3725
90 menit					0.3839
					0.3838
		0.3838	0.0001	0.02	0.3837

Absorbansi FeSCN Variasi pH

Tanggal Analisa : 24 Maret 2021

Advanced Reads Report

Report time 3/24/2021 11:39:51 AM
 Method
 Batch name D:\Hilyatul M\Absorbansi FeSCN Variasi pH
 (24-03-2021).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 457.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1501)	457.0

Analysis

Collection time 3/24/2021 11:39:51 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
1.1					0.1513

				0.1491
	0.1500	0.0012	0.79	0.1494
1.2				0.1807
				0.1795
	0.1812	0.0020	1.09	0.1833
1.3				0.1745
				0.1729
	0.1727	0.0020	1.17	0.1705
2.1				0.2566
				0.2528
	0.2538	0.0024	0.96	0.2520
2.2				0.1713
				0.1702
	0.1708	0.0005	0.31	0.1709
2.3				0.2007
				0.2002
	0.2006	0.0003	0.15	0.2008
3.1				0.1585
				0.1565
	0.1574	0.0010	0.67	0.1570
3.2				0.1679
				0.1674
	0.1673	0.0006	0.37	0.1666
3.3				0.1464
				0.1455
	0.1454	0.0010	0.69	0.1444
4.1				0.2483
				0.2488
	0.2486	0.0003	0.12	0.2488

4.2				0.1559
				0.1549
	0.1547	0.0013	0.85	0.1533
4.3				0.1526
				0.1542
	0.1534	0.0008	0.54	0.1536
5.1				0.1602
				0.1604
	0.1603	0.0001	0.07	0.1602
5.2				0.1735
				0.1731
	0.1734	0.0003	0.20	0.1738
5.3				0.1783
				0.1792
	0.1793	0.0010	0.54	0.1803

Absorbansi FeSCN Variasi pH

Tanggal Analisa : 24 Maret 2021

Advanced Reads Report

Report time 3/24/2021 11:39:51 AM
 Method
 Batch name D:\Hilyatul M\Absorbansi FeSCN Variasi pH
 (24-03-2021).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50

Instrument version no. 3.00
Wavelength (nm) 457.0
Ordinate Mode Abs
Ave Time (sec) 0.1000
Replicates 3
Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1501)	457.0

Analysis

Collection time 3/24/2021 11:39:51 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
1.1					0.1513 0.1491 0.1494
		0.1500	0.0012	0.79	
1.2					0.1807 0.1795 0.1833
		0.1812	0.0020	1.09	
1.3					0.1745 0.1729 0.1705
		0.1727	0.0020	1.17	
2.1					0.2566 0.2528 0.2520
		0.2538	0.0024	0.96	
2.2					0.1713

				0.1702
	0.1708	0.0005	0.31	0.1709
2.3				0.2007
				0.2002
	0.2006	0.0003	0.15	0.2008
3.1				0.1585
				0.1565
	0.1574	0.0010	0.67	0.1570
3.2				0.1679
				0.1674
	0.1673	0.0006	0.37	0.1666
3.3				0.1464
				0.1455
	0.1454	0.0010	0.69	0.1444
4.1				0.2483
				0.2488
	0.2486	0.0003	0.12	0.2488
4.2				0.1559
				0.1549
	0.1547	0.0013	0.85	0.1533
4.3				0.1526
				0.1542
	0.1534	0.0008	0.54	0.1536
5.1				0.1602
				0.1604
	0.1603	0.0001	0.07	0.1602
5.2				0.1735
				0.1731
	0.1734	0.0003	0.20	0.1738

5.3

0.1783

0.1792

0.1793 0.0010 0.54 0.1803

LAMPIRAN 5.
HASIL ANALISIS MENGGUNAKAN AAS

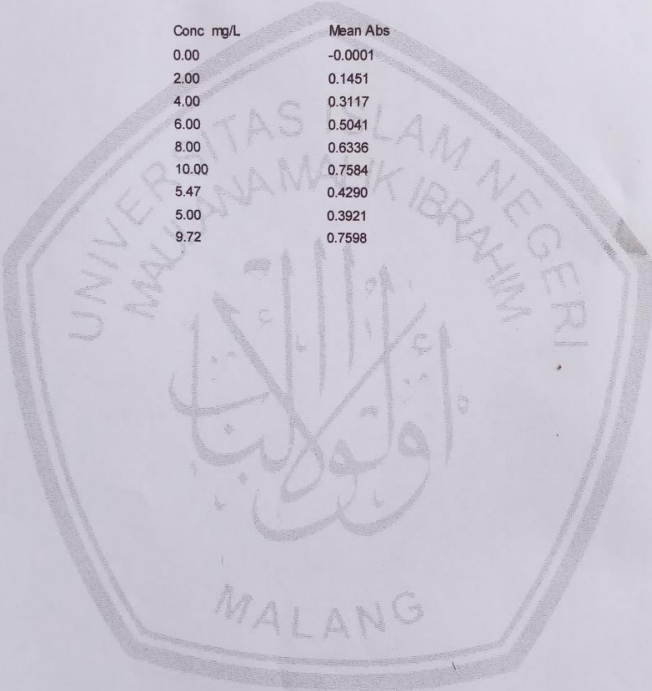
SpectrAA Report. 1:19 PM 3/22/2021 Page 1 of 1

LABORATORIUM INSTRUMEN
JURUSAN KIMIA
UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Analyst moh. taufiq
Date Started 2:03 PM 3/18/2021
Worksheet Hiyatul Maknunah1
Comment Analisis Fe limbah lindi
Methods Fe
Computer name KIMA-C4F298F75
Serial Number: EL07103453

Method: Fe (Flame)

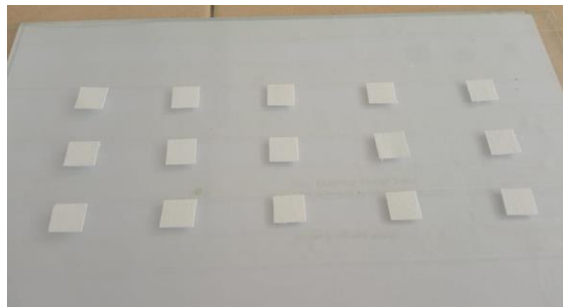
Sample ID	Conc mg/L	Mean Abs
CAL ZERO	0.00	-0.0001
STANDARD 1	2.00	0.1451
STANDARD 2	4.00	0.3117
STANDARD 3	6.00	0.5041
STANDARD 4	8.00	0.6336
STANDARD 5	10.00	0.7584
WETLINE	5.47	0.4290
MATURASI	5.00	0.3921
ABR	9.72	0.7598



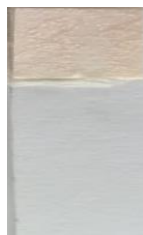
LAMPIRAN 6.
DOKUMENTASI



Proses Pembuatan Sol-Gel



Proses Immobilisasi Sol-Gel Berisi Reagen ke dalam Stik Sensor



Stik Sensor



Deret Warna untuk Kompleks Berwujud Cair



Kolam Wetland Tempat Pengambilan Sampel 1



Kolam Maturasi Tempat Pengambilan Sampel 2



Kolam ABR Tempat Pengambilan Sampel 3

**LEMBAR IDENTIFIKASI BAHAYA DAN PENILAIAN RESIKO
KEGIATAN PRAKTIKUM MAHASISWA**

PROGRAM STUDI KIMIA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG		IDENTIFIKASI BAHAYA DAN PENILAIAN RESIKO		PENELITIAN		
				Jumlah halaman : 4		
JUDUL PENELITIAN : PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA BERBASIS SPOT TEST TERIMMOBILISASI PEREAKSI KALSIUM TIOSANAT (KSCN) UNTUK MENDETEKSI LOGAM Fe sebagai Fe ³⁺						
No	Tahapan Kerja Penelitian	Potensi Bahaya	Upaya Pengendalian	Level		Tingkat Bahaya (R x P)
				Resiko (R)	Peluang (P)	
1.	Preparasi Reagen Kalium Tiosianat (KSCN)	<ul style="list-style-type: none"> Menghirup reagen kalium tiosianat berlebih dapat menyebabkan sesak Menyebabkan efek merugikan jangka panjang dalam lingkungan air Bereaksi bahaya dengan asam dan oksidator kuat 	<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan APD lengkap Membuang limbah dengan baik sesuai dengan ketentuan yang berlaku dalam instansi Menjauhkan dari berbagai zat asam dan ksidator kuat Tutup rapat di dalam tempat yang berventilasi baik, jauhkan dari sumber nyala dan panas 	2	2	4
2.	Preparasi Sampel (Serbuk Logam Besi)	<ul style="list-style-type: none"> Jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi pada kulit atau bahaya efek tetap yang sangat serius. Kontak dengan mata menyebabkan terjadinya iritasi dan kebutaan. terhirup menyebabkan gejala iritasi saluran pernapasan, pusing dan sakit kepala. Setelah tertelan dapat mengakibatkan mual, muntah, kerusakan pada liver, ginjal, dan jantung 	<ul style="list-style-type: none"> Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang banyak dan lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar. Hubungi dokter mata apabila gejala masih berlanjut. Terhirup: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika diperlukan, secepatnya hubungi dokter. Tertelan: berikan korban air minum yang banyak Menggunakan APD yang lengkap 	2	2	4
3	Penentuan Beberapa Kondisi Optimum Reagen dan Kompleks	<ul style="list-style-type: none"> Jika terhirup HCl dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa, batuk dan dyspnea. Kontak dengan kulit akan menyebabkan rasa terbakar. Kontak dengan mata menyebabkan resiko kebutaan. Setelah tertelan akan menyebabkan rasa terbakar dalam mulut, tenggorokan dan saluran gastrointestinal. Setelah masa laten, dapat mengakibatkan gagal jantung Buffer asetat dapat menyebabkan iritasi dan rasa terbakar terhadap mata, kulit dan saluran pernapasan. Apabila tertelan dapat menyebabkan kerusakan pada dinding pencernaan Aseton dapat menyebabkan iritasi mata yang serius, dapat menyebabkan mengantuk dan pusing, pendedahan terlalu sering dapat menyebabkan kulit kering atau pecah-pecah. Aseton mudah terbakar. Penentuan absorbansi dengan instrumen UV Vis dari banyak larutan berpotensi merusak instrumen apabila lalai dan tidak berhati-hati Penggunaan tabung reaksi pada banyak larutan berpotensi mudah pecah atau data identitas tertukar 	<ul style="list-style-type: none"> Terhirup HCl: hirup udara segar, hubungi dokter. Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang banyak, olesi dengan polyethylene glycol 400, lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak sekitar 10 menit dengan kelopak mata terbuka lebar, segera hubungi dokter mata. Tertelan: berikan korban air minum yang banyak, hindari muntah (resiko perforasi), segera hubungi dokter Terhirup buffer asetat: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika mungkin, segera hubungi dokter apabila gejala berlanjut. Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang cukup, lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar selama 15 menit, hubungi dokter mata. Tertelan: beri minum air putih sebanyak banyaknya untuk melarutkan asam. perhatikan jika korban muntah. Jaga agar jalan udara tetap bebas, segera hubungi dokter Terhirup aseton: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika mungkin, segera hubungi dokter apabila gejala berlanjut. Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang cukup, lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar selama 15 menit, hubungi dokter mata. Tertelan: jangan memberikan apapun melalui mulut kepada orang yang tidak sadar. Bilas mulut dengan air. Hubungi dokter. Berhati-hati dalam menggunakan instrumen UV-Vis dan peralatan gelas lainnya dengan penuh kehati-hatian dan ketelitian Menggunakan APD yang lengkap 	3	2	6
4.	Uji Selektivitas Kompleks	<ul style="list-style-type: none"> Serbuk logam Cu Dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit, berbahaya 	<ul style="list-style-type: none"> Serbuk logam Cu Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang banyak dan lepaskan pakaian yang 	2	2	4

		apabila terserap kulit, berbahaya apabila tertelan, dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan apabila terhirup	terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar. Hubungi dokter mata. Terhirup: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika diperlukan, secepatnya hubungi dokter. Tertelan: bersihkan mulut dengan air bersih yang banyak • Menggunakan APD yang lengkap			
5.	Preparasi Sol Gel	<ul style="list-style-type: none"> • Kalium Tiosianat (KSCN) Cairan dan uap mudah menyala. Menyebabkan iritasi serius Menghirup reagen kalium tiosianat berlebih dapat menyebabkan sesak Menyebabkan efek merugikan jangka panjang dalam lingkungan air Bereaksi bahaya dengan asam dan oksidator kuat • Tetraetilortosilikat (TEOS) Jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi pada kulit. Kontak dengan mata menyebabkan terjadinya iritasi dan kebutaan. terhirup menyebabkan gejala iritasi saluran pernafasan, pusing dan sakit kepala. Bereaksi berbahaya dengan agen pengoksidasi, asam kuat, basa kuat, baja karbon dan bahan plastik 	<ul style="list-style-type: none"> • Kalium Tiosianat (KSCN) Simpan ditempat terkunci dan berventilasi baik. Kontak dengan mata: menyiram mata dengan air yang banyak dan kadang-kadang mengangkat kelopak mata ke atas dan ke bawah. Lakukan selama 10 menit. Terhirup: berpindah ke udara segar dan beristirahat pada posisi yang nyaman untuk bernafas., apabila terjadi gangguan pernafasan maka berikan masker oksigen atau nafas buatan. Kontak dengan kulit: cuci dengan banyak air dan sabun. Lepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi. kulit dibilas sedikitnya selama 10 menit Membuang limbah dengan baik sesuai dengan ketentuan yang berlaku dalam instansi Menjauhkan dari berbagai zat asam dan oksidator kuat • Tetraetilortosilikat (TEOS) Tutup rapat di dalam tempat yang berventilasi baik, jauhkan dari sumber nyala dan panas. Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang banyak dan lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar. Hubungi dokter mata. Terhirup: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika diperlukan, secepatnya hubungi dokter. Tertelan: bersihkan mulut korban dengan air bersih yang banyak. Menggunakan APD yang lengkap Jauhkan dari bahan yang mudah bereaksi dengan TEOS Menggunakan APD yang lengkap 	3	2	6
6.	Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Bentuk Stik	<ul style="list-style-type: none"> • Stik sensor mudah rusak apabila tidak berhati-hati, apabila terjadi kemungkinan kontaminasi zat lain akan mengganggu hasil yang diperoleh 	<ul style="list-style-type: none"> • Jauhkan dari kemungkinan kontaminasi zat lain dengan menyimpannya pada tempat yang steril 	2	3	6
7.	Pembuatan Deret Intensitas Warna terhadap Berbagai Konsentrasi	<ul style="list-style-type: none"> • Kalium Tiosianat (KSCN) Cairan dan uap mudah menyala. Menyebabkan iritasi serius Menghirup reagen kalium tiosianat berlebih dapat menyebabkan sesak Menyebabkan efek merugikan jangka panjang dalam lingkungan air Bereaksi bahaya dengan asam dan oksidator kuat • Larutan $FeCl_3 \cdot H_2O$ Jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi pada kulit atau bahaya efek tetap yang sangat serius. Kontak dengan mata menyebabkan terjadinya iritasi dan kebutaan. terhirup menyebabkan gejala iritasi saluran pernafasan, pusing dan sakit kepala. Setelah tertelan dapat mengakibatkan mual, muntah, kerusakan pada liver, ginjal, dan jantung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kalium Tiosianat (KSCN) Simpan ditempat terkunci dan berventilasi baik. Kontak dengan mata: menyiram mata dengan air yang banyak dan kadang-kadang mengangkat kelopak mata ke atas dan ke bawah. Lakukan selama 10 menit. Terhirup: berpindah ke udara segar dan beristirahat pada posisi yang nyaman untuk bernafas., apabila terjadi gangguan pernafasan maka berikan masker oksigen atau nafas buatan. Kontak dengan kulit: cuci dengan banyak air dan sabun. Lepaskan pakaian dan sepatu yang terkontaminasi. kulit dibilas sedikitnya selama 10 menit Membuang limbah dengan baik sesuai dengan ketentuan yang berlaku dalam instansi Menjauhkan dari berbagai zat asam dan oksidator kuat . Menggunakan APD lengkap. • Larutan $FeCl_3 \cdot H_2O$ Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang banyak dan lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar. Hubungi dokter mata apabila gejala masih berlanjut. Terhirup: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika diperlukan, secepatnya hubungi dokter. Tertelan: berikan korban air minum yang banyak . Menggunakan APD yang lengkap. 	3	2	6

8.	Uji Waktu Respon	<ul style="list-style-type: none"> Larutan $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi pada kulit atau bahaya efek tetap yang sangat serius. Kontak dengan mata menyebabkan terjadinya iritasi dan kebutaan. terhirup menyebabkan gejala iritasi saluran pernapasan, pusing dan sakit kepala. Setelah tertelan dapat mengakibatkan mual, muntah, kerusakan pada liver, ginjal, dan jantung Stik sensor Sensitif, Mudah rusak apabila tidak berhati-hati, apabila terjadi kemungkinan kontaminasi zat lain akan mengganggu hasil yang diperoleh 	<ul style="list-style-type: none"> Larutan $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Kontak dengan kulit: cuci dengan air yang banyak dan lepaskan pakaian yang terkontaminasi. Kontak dengan mata: bilas dengan air yang banyak dengan kelopak mata terbuka lebar. Hubungi dokter mata apabila gejala masih berlanjut. Terhirup: hirup udara segar, berikan napas buatan, berikan masker oksigen jika diperlukan, secepatnya hubungi dokter. Tertelan: berikan korban air minum yang banyak .Menggunakan APD yang lengkap.. Jauhkan dari kemungkinan kontaminasi zat lain dengan menyimpannya pada tempat yang steril. 	2	2	4
9.	Uji Kinerja Sensor terhadap Sampel Air	<ul style="list-style-type: none"> HNO_3 Larutan bersifat korosif, iritatif terhadap kulit dan mata. Apabila terhirup terlalu lama dapat mengiritasi saluran pernafasan 	<ul style="list-style-type: none"> HNO_3 Terkena mata : basuh dengan air bersih sebanyak-banyaknya. Terkena kulit : cuci dengan air yang banyak dan lepaskan pakaian yang terkontaminasi apabila kontak serius dengan kulit, cuci dengan desinfektan .Terhirup : segera menuju udara segar. Tertelan : jangan memaksa memuntahkan apabila bukan tim medis. Hubungi dokter apabila gejala berlanjut Menggunakan APD lengkap 	2	2	4
10.	Identifikasi menggunakan AAS	-	<ul style="list-style-type: none"> Menggunakan APD yang lengkap 	2	2	4

KETERANGAN

RESIKO - merupakan suatu nilai yang ditetapkan untuk menentukan suatu tingkatan dampak/akibat berdasarkan keparahan yang disebabkan oleh kecelakaan kerja

- Level-1 : Tidak ada cedera, kerugian biaya rendah, kerusakan peralatan ringan
 Level-2 : Cedera ringan (hanya membutuhkan P3K), peralatan rusak ringan
 Level-3 : Menyebabkan cedera yang memerlukan perawatan medis ke rumah sakit, peralatan rusak sedang
 Level-4 : Menyebabkan cedera yang menyebabkan cacatnya anggota tubuh permanen, peralatan rusak berat
 Level-5 : Menyebabkan korban jiwa (kematian), peralatan rusak berat

PELUANG - merupakan suatu nilai yang ditetapkan untuk menentukan tingkat frekuensi terhadap kejadian kecelakaan kerja

- Level-1 : Hampir tidak pernah terjadi
 Level-2 : Frekuensi kejadian jarang terjadi waktu tahunan
 Level-3 : Frekuensi kejadian sedang dalam waktu bulanan
 Level-4 : Hampir 100 % terjadi kejadian tersebut
 Level-5 : 100 % kejadian pasti terjadi

TINGKAT BAHAYA - merupakan hasil perkalian dari Resiko (R) dan Peluang (P) sebagai tetapan tingkat bahaya dari suatu pekerjaan yang dilakukan

SKOR : 1-4 Rendah Masih dapat ditoleransi
 5-10 Sedang Dikendalikan sampai batas toleransi
 11-25 Tinggi Pemantauan intensif dan pengendalian

	disusun oleh : Hilyatul Maknunah	telah diperiksa oleh :	telah disetujui oleh : Ketua Program Studi
Tanggal	11 Mei 2021	11 Mei 2021	11 Mei 2021

Tanda Tangan				
Nama	Hilyatul Maknunah	Diana Candra Dewi, M.Si	Mubasyiroh, S.S., M.Pd.I	Rachmawati Ningsih, M.Si
NIM/NIP	16630001	NIP. 19770720 200312 2 001	NIPT. 1979 0502 20180201 2 208	NIP. 19810811 200801 2 010