

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA MENGGUNAKAN
KERTAS *WHATMAN* DENGAN REAGEN 1,10-FENANTROLIN UNTUK
ANALISIS LOGAM Fe TOTAL SEBAGAI Fe²⁺ SAMPEL LIMBAH AIR
LINDI TPA KOTA BATU**

SKRIPSI

**Oleh:
MUHAMMAD FATIH YASIR M.S
NIM. 16630096**



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

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA MENGGUNAKAN
KERTAS *WHATMAN* DENGAN REAGEN 1,10-FENANTROLIN UNTUK
ANALISIS LOGAM Fe TOTAL SEBAGAI Fe²⁺ SAMPEL LIMBAH AIR
LINDI TPA KOTA BATU**

SKRIPSI

**Oleh:
MUHAMMAD FATIH YASIR M.S
NIM. 16630096**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri 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 MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**PEMBUATAN SENSOR KIMIA SEDERHANA MENGGUNAKAN
KERTAS *WHATMAN* DENGAN REAGEN 1,10-FENANTROLIN UNTUK
ANALISIS LOGAM Fe TOTAL SEBAGAI Fe²⁺ SAMPEL LIMBAH AIR
LINDI TPA KOTA BATU**

SKRIPSI

**Oleh:
MUHAMMAD FATIH YASIR M.S
NIM. 16630096**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal 12 Desember 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 MENGGUNAKAN
KERTAS *WHATMAN* DENGAN REAGEN 1,10-FENANTROLIN UNTUK
ANALISIS LOGAM Fe TOTAL SEBAGAI Fe²⁺ SAMPEL LIMBAH AIR
LINDI TPA KOTA BATU**

SKRIPSI

**Oleh:
MUHAMMAD FATIH YASIR M.S
NIM. 16630096**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 12 Desember 2021**

Penguji Utama	: Elok Kamila Hayati, M.Si NIP. 19790620 200604 2 002	 (.....)
Ketua Penguji	: Himmatul Baroroh, M.Si NIP. 19750730 200312 2 001	 (.....)
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	 (.....)

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Kimia**



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

SURAT PERNYATAAN ORISINILITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Fatih Yasir M.S
NIM : 16630096
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Menggunakan Kertas *Whatman* dengan Reagen 1,10-fenantrolin Untuk Analisis Logam Fe Total Sebagai Fe²⁺ Sampel Limbah Air Lindi TPA Kota Batu

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 Desember 2021
Yang Membuat Pernyataan,



Muhammad Fatih Yasir M.S
NIM. 16630096

MOTTO

التَّفَكُّرُ فِي الْخَيْرِ يَدْعُو إِلَى الْعَمَلِ بِهِ وَالنَّدَمُ عَلَى الشَّرِّ يَدْعُو إِلَى تَرْكِهِ

"Memikirkan hal yang baik itu dapat memotivasi agar kita mengamalkannya, dan menyesali sebuah kejelekan dapat memotivasi kita agar meninggalkannya."~Ibnu Abbas

R.A

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil alamin, segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyusun proposal penelitian yang berjudul Pembuatan **“Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Menggunakan Kertas *Whatman* dengan Reagen 1,10-fenantrolin Untuk Analisis Logam Fe Total Sebagai Fe²⁺ Sampel Limbah Air Lindi TPA Kota Batu”** dengan baik dan benar. Solawat serta salam tak lupa kami sampaikan kepada baginda kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jaman kegelapan menuju jalan yang terang beneran dan menjadi panutan bagi umatnya. Semoga allah selalu senantiasa memberikan syafaat kepadanya, keluarga dan sahabat serta umat sekalian. Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung, membantu dalam menyusun laporan ini hingga berjalan dengan lancar, diantaranya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA Selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M. Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M. Si selaku ketua Program Studi Kimia fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Diana Candra Dewi, M. Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan laporan proposal
5. Ibu Mubasyiroh, S. Si., M. Pd. I selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan laporan proposal
6. Seluruh dosen dan pengajar Jurusan Kimia Fakultas SAINTEK UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman dan wawasan kepada penulis sebagai bekal bagi penulis.
7. Kedua orang tua, bapak ibu tercinta. Yang telah menemani dalam proses pembuatan proposal dengan doa, cinta dan kasih sayangnya, sehingga penulis bisa sampai sejauh ini.

8. Semua pihak, Sahabat, Teman-Teman semua jurusan kimia, terutama untuk kelas Oktet C dan Teman-teman Pondok Pesantren Anwarul Huda Malang.

Penulis sadar masih banyak kekurangan dalam penulisan ini. Oleh karena itu penulis siap menerima keritikan dan masukan yang dapat membangun sebagai bahan evaluasi penulis. Atas segala kekurangan dari penulisan proposal ini, sangat diharapkan keritik dan sarannya dari semua pembaca demi kesempurnaan penulisan proposal ini. Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, Aminn.

Malang, 12 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	I
HALAMAN JUDUL	II
HALAMAN PERSETUJUAN	III
HALAMAN PENGESAHAN	IV
HALAMAN PERNYATAAN	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR LAMPIRAN	XI
ABSTRAK	XII
ABSTRACT	XIII
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sampah	7
2.2 Air Lindi	9
2.3 Logam Berat	10
2.4 Logam Besi (Fe)	11
2.5 Ligan.....	13
2.5.1 1,10-Fenantrolin	14
2.6 Sensor Kimia	15
2.7 Metode Sol-Gel	17
2.8 Senyawa Koordinasi	19
2.8.1 Teori Ikatan Valensi	21
2.8.2 Teori Orbital Molekul	22
2.9 Spektrofotometer UV-Vis	23
2.10 Spektroskopi Serapan Atom	24
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1 Alat	26
3.2.2 Bahan	26
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Tahapan Penelitian	27
3.5 Pelaksanaan Penelitian	28
3.5.1 Analisis Reagen 1,10 fenantrolin	28
3.5.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Reagen 1,10- fenantrolin	28

3.5.1.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Besi (II)-Fenantrolin	28
3.5.1.3 Pembuatan Blanko	29
3.5.2 Optimasi Parameter	29
3.5.2.1 Penentuan Waktu Kesetabilan $[\text{Fe}(o\text{-phen})_3]^{2+}$	29
3.5.2.2 Penentuan Konsentrasi Optimum 1,10-fenantrolin.....	29
3.5.2.3 Uji Selektivitas	30
3.5.3 Pembuatan Sensor Kimia Fe^{2+} Bentuk Stik.....	30
3.5.4 Pembuatan Deret Intensitas Warna	31
3.5.5 Uji Waktu Respon	31
3.5.6 Uji Kinerja Terhadap Sampel Air Lindi	32
3.5.6.1 Preparasi Sampel.....	32
3.5.6.2 Uji dengan Sensor Fe^{2+} Bentuk Stik.....	32
3.5.7 Uji Kinerja Terhadap Sampel Air Lindi.....	32
3.5.7.1 Preparasi Sampel.....	32
3.5.7.2 Uji dengan Sensor Fe^{2+} Bentuk Stik.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Optimasi Pembentukan Senyawa Kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_2]^{2+}$	34
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Reagen 1,10-Fenantrolin	34
4.1.2 Penentuan panjang Gelombang Maksimum Komplek Besi(II)-Fenantrolin.....	35
4.2 Optimasi Parameter	37
4.2.1 Penentuan Waktu Kesetabilan $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_2]^{2+}$	37
4.2.2 Penentuan pH Optimum $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_2]^{2+}$	38
4.2.3 Uji Selektivitas	40
4.3 Pembuatan Sensor Kimia Bentuk Stik	41
4.4 Pembuatan Deret Intensitas Warna.....	42
4.5 Uji Waktu Respon	43
4.6 Uji Sampel Air Lindi	43
4.6.1 Preparasi Sampel Air Lindi.....	43
4.6.2 Uji dengan Sensor Fe^{2+} Bentuk Stik.....	46
4.6.3 Uji Perbandingan dengan Instrumen SSA.....	46
4.7 Sensor Kimia dalam Perspektif Islam	47
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penumpukan Sampah di TPA Tlekung Kota Batu	7
Gambar 2.2. Kolam Lindi TPA Tlekung Kota Batu	9
Gambar 2.3. Konfigurasi Elektron Fe dan Fe^{2+}	12
Gambar 2.4. Struktur Ligan 1,10-fenantrolin.....	15
Gambar 2.5. Reaksi Hidrolisis dan Kondensasi Alkoksida	18
Gambar 2.6. Reaksi Hidrolisis	19
Gambar 2.7. Reaksi Kondensasi.	19
Gambar 2.8. Konfigurasi Elektron Fe dan Fe^{2+}	22
Gambar 2.9. Struktur Besi(II)-fenantrolin	22
Gambar 2.10. Diagram Orbital Molekul Senyawa $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$	23
Gambar 2.11. Spektra UV-Vis Fe-Tiosianat.....	24
Gambar 4.1. Panjang Gelombang Maks reagen 1,10-fenantrolin.....	35
Gambar 4.2. Struktur 1,10-fenantrolin.....	35
Gambar 4.3. Panjang Gelombang Maks Kompleks $[Fe(fenantrolin)_3]^{2+}$	36
Gambar 4.4. Struktur Komplek $[Fe(fenantrolin)_3]^{2+}$	37
Gambar 4.5. Penentuan Waktu Kesetabilan $[Fe(fenantrolin)_3]^{2+}$	38
Gambar 4.6. Penentuan pH Optimum $[Fe(fenantrolin)_3]^{2+}$	40
Gambar 4.7. Stik Alat Sensor.....	42
Gambar 4.8. Deret Intensitas Warna Sensor Fe^{2+}	43
Gambar 4.9. Kertas Senosr yang Sudah diuji Fe^{2+}	44
Gambar 4.10 Hasil Analisis Kadar Logam Fe^{2+} pada Sampel	45
Gambar 4.11 Deret Intensitas Warna	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	30
Lampiran 2. Diagram Alir.....	31
Lampiran 3. Perhitungan.....	36
Lampiran 4. <i>Risk Assesmen</i>	41

ABSTRAK

Yasir, M. F. 2020. **Pembuatan Sensor Kimia Sederhana Menggunakan Kertas *Whatman* dengan Reagen 1,10-fenantrolin Untuk Analisis Logam Fe Total Sebagai Fe^{2+} Sampel Limbah Air Lindi TPA Kota Batu.**

Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M. Si, Pembimbing II: Mubasyiroh, S. S, M.Pd. I

Kata Kunci: Logam besi (Fe), 1,10-fenantrolin, sensor kimia, sol gel

Kerusakan lingkungan terjadi akibat dari perbuatan manusia seperti yang sudah disebutkan dalam Al-Quran (Q.S Ar-Rum: 41). Salah satu kerusakannya adalah hasil tumpukan sampah dari aktivitas masyarakat yang kemudian menghasilkan pencemaran logam besi yang berasal dari tumpukan sampah. Penelitian ini telah dibuat alat sensor kimia dengan reagen 1,10-fenantrolin untuk analisis Fe^{2+} . Rentang konsentrasi yang dibuat pada penelitian ini adalah 10–50 ppm. Optimasi pembentukan $[Fe(fenantrolin)_3]^{2+}$ dilakukan dengan menentukan kesetabilan dan pH optimum. Uji selektivitas sensor terhadap Fe^{2+} dilakukan dengan penambahan pengganggu logam lainnya yaitu Cu^{2+} dengan perbandingan 1,5:0,0; 1,5:0,3; 1,5:0,6; dan 1,5:0,9 mL. Alat sensor kimia stik dibuat dengan menggunakan metode sol gel. Selanjutnya konfirmasi menggunakan AAS. Hasil yang diperoleh dari optimasi reagen 1,10-fenantrolin adalah rentng waktu kesetabilan kompleks $[Fe(fenantrolin)_3]^{2+}$ dari menit ke 5 sampai menit ke 30 dan pH optimum adalah pH 4,5. Uji selettivitas menunjukkan bahwa logam Cu^{2+} tidak memberikan pengaruh interferensi. Berdasarkan pada deret intensitas warna sensor kimia stik, kandungan Fe^{2+} pada sampel air lindi TPA Tlekung Kota Batu *ABR* adalah ± 10 ppm, untuk *Maturasi* dan *Wetline* tidak terdeteksi. Setelah dikonfirmasi menggunakan instrument AAS dapat disimpulkan kandungan Fe^{2+} dalam sampel limbah air lindi TPA Tlekung Kota Batu melebihi ambang batas.

ABSTRACT

Yasir, M. F. 2020. **Making Simple Chemical Sensors Using Whatman Paper with 1,10-phenanthroline Reagent for Analysis of Total Fe Metals as Fe²⁺ Wastewater Samples from Batu City TPA Leachate.**

Advisor I: Diana Candra Dewi, M.Si, Advisor II: Mubasyiroh, S. S, M. Pd.

Keywords: Iron metal (Fe), 1,10-phenanthroline, chemical sensors, sol gel

Environmental damage occurs as a result of human actions as mentioned in the Al-Quran (Surah Ar-Rum: 41). One of the damages is the result of a pile of garbage from community activities which then produces ferrous metal contamination from the pile of garbage. This research has made a chemical sensor device with 1,10-phenanthroline reagent for Fe²⁺ analysis. The concentration range made in this study was 10 - 50 ppm. Optimization of the formation of [Fe(phenanthroline)₃]²⁺ was carried out by determining the stability and optimum pH. The sensor selectivity test for Fe²⁺ was carried out with the addition of other metal disruptors, namely Cu²⁺ with a ratio of 1.5: 0.0; 1.5: 0.3; 1.5: 0.6; and 1.5: 0.9 mL. The stick chemical sensor tool is made using the sol gel method. Then confirm using AAS. The results obtained from the optimization of the reagent 1,10-phenanthroline are the stability time range of the complex [Fe(phenanthroline)₃]²⁺ from 5 minutes to 30 minutes and the optimum pH is pH 4.5. The selectivity test showed that Cu²⁺ metal did not have an interference effect. Based on the color intensity series of stick chemical sensors, the Fe²⁺ content in the leachate sample of Tlekung Kota Batu ABR TPA was ± 10 ppm, for Maturation and Wetline it was not detected. After being confirmed using the AAS instrument, it can be concluded that the Fe²⁺ content in the sample of leachate waste at Tlekung Kota Batu landfill exceeds the threshold.

ABSTRACT

Yasir, M. F. 2020. **Making Simple Chemical Sensors Using Whatman Paper with 1,10-phenanthroline Reagent for Analysis of Total Fe Metals as Fe²⁺ Wastewater Samples from Batu City TPA Leachate.**
Advisor I: Diana Candra Dewi, M.Si, Advisor II: Mubasyiroh, S. S, M. Pd.

I

الكلمات المفتاحية: نفايات ، ماء رشاش ، حديد حديد ، حساسات كيميائية ، سول-جل

يحدث الضرر البيئي نتيجة أفعال الإنسان كما ورد في القرآن (سورة الروم: 41). أحد الأضرار هو نتيجة أكوام القمامة من الأنشطة المجتمعية التي تؤدي بعد ذلك إلى تلوث المعادن الحديدية من أكوام القمامة. قام هذا البحث بعمل جهاز استشعار كيميائي مع 1،10-فينانثرولين كاشف لتحليل Fe^{2+} . كان نطاق التركيز الذي تم إجراؤه في هذه الدراسة 10-50 جزء في المليون. تم تحسين تكوين $[Fe(fenanthroline)_3]^{2+}$ عن طريق تحديد الثبات ودرجة الحموضة المثلى. تم إجراء اختبار انتقائية المستشعر لـ Fe^{2+} مع إضافة عوامل معطلة معدنية أخرى ، وهي Cu^{2+} بنسبة 0.0 : 1.5 ؛ 0.3 : 1.5 ؛ 0.6 : 1.5 ؛ و 0.9 : 1.5 مل. تم تصنيع أداة استشعار المواد الكيميائية باستخدام طريقة sol gel. ثم أكد باستخدام AAS. النتائج التي تم الحصول عليها من تحسين الكاشف 1،10-فينانثرولين هي المدى الزمني لاستقرار المركب $[Fe(fenanthroline)_3]^{2+}$ من 5 دقائق إلى 30 دقيقة ويكون الرقم الهيدروجيني الأمثل هو 4.5. أظهر اختبار الانتقائية أن معدن النحاس لم يكن له تأثير تداخل. بناءً على سلسلة شدة اللون لأجهزة الاستشعار الكيميائية اللاصقة ، كان محتوى Fe^{2+} في عينة المادة المرشحة لـ 10 ± Tlekung Kota Batu ABR TPA جزء في المليون ، لم يتم اكتشاف النضج والخط الرطب. بعد التأكيد باستخدام أداة AAS ، يمكن استنتاج أن محتوى Fe^{2+} في عينة نفايات العصارة في مكب Tlekung Kota Batu يتجاوز الحد الأدنى.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu faktor yang dapat mencemari lingkungan. Sampah memiliki bermacam jenis dan berasal dari berbagai macam sumber, seperti sampah limbah rumah tangga atau sampah pembuangan sisa pengolahan dari aktivitas pabrik-pabrik. Sehingga jika tidak diolah dengan baik maka akan menumpuk dan berdampak negative terhadap lingkungan (Hidayat, 2015).

Berdasarkan kandungan materinya, sampah dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pertama sampah organik yang berasal dari hewan manusia dan tumbuhan. Kedua, sampah anorganik yang berasal dari bahan mineral kaca, plastik, logam dan lain sebagainya (Yuchi, 2020). Campuran dari limbah organik dan limbah anorganik yang tertimbun dapat menimbulkan cairan Lindi (*Leachate water*). Adanya air lindi ini jika meresap ke tanah atau mengalir kesungai dapat mencemari air tanah maupun air sungai sehingga dapat membahayakan kesehatan warga sekitar.

Air lindi berasal dari tumpukan sampah dan air hujan yang bisa menyebabkan kerusakan air tanah yang nantinya menghasilkan air lindi. Hal ini jika dibiarkan dan tidak ditangani dapat menyebabkan masalah serius khususnya dapat mencemari lingkungan. Kerusakan alam yang terjadi kebanyakan berasal dari aktifitas manusia itu sendiri, yang lebih mementingkan keuntungan akan tetapi tidak mau bertanggung jawab atas permasalahan lingkungan. Oleh sebab itu turun ayat Al-Quran surat Al-A'raf: 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ٥٦

Artinya: “dan janganlah kamu membuat kerusakan dimuka bumi, sesudah memperbaikannya berdoalah kedanya dalam keadaan takut dan berharap. Sesungguhnya rahmat allah lebih dekat kepada orang-orang muhsin.” (QS. Al-A’raf: 56)

Ayat ini, menjelaskan larangan untuk berbuat kerusakan di bumi, yang mana kerusakan tersebut sampai melampaui batas. Karena, Allah SWT menciptakan alam raya ini dalam keadaan harmonis, indah dan memenuhi kebutuhan hidup makhluknya, Mustakim (2017). Sehingga pada dasarnya kita harus bisa menjaga dan bertanggung jawab atas kerusakan yang telah kita perbuat.

Logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi seperti arsen, kromium, nikel, seng maupun besi. Logam tersebut dapat mengumpul dan masuk dalam tubuh organisme sebagai racun yang terakumulasi (Palar, 2004). Kandungan besi yang tinggi dalam air menyebabkan air berwarna kuning dan berbau menyengat (Yuchi, 2020). Berdasarkan penelitian terdahulu bahwa logam Fe memiliki konsentrasi tertinggi dalam air limbah lindi di TPA kota Banda Aceh mencapai 10,9191 ppm dan di TPA kota lampung mencapai 13,307 ppm.

Besi (Fe) adalah salah satu logam esensial bagi tubuh, akan tetapi dalam dosis yang tinggi bersifat tosik. Gejala beracun Fe yang muncul diantaranya rasa mual, diare, muntah, denyut jantung meningkat, sakit kepala, dan pingsan. Beberapa penelitian menunjukkan adanya kandungan Fe yang berlebih dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan diabetes,

kanker, meningkatnya resiko infeksi, penyakit *hungkinton* dan *rheumatic arthritis* juga meingkatkan resiko penyakit jantung (Widowati, dkk, 2008). Besi (Fe) pada dasarnya diperlukan oleh tubuh dalam jumlah yang sangat kecil yang berfungsi sebagai pembentukan sel darah merah, dimana kadar besi (Fe) tidak melebihi dari 1 mg/L. Kandungan besi yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya iritasi pada kulit dan mata sedangkan jika kadar besi terus menumpuk di tubuh manusia akan menimbulkan masalah kesehatan. Berdasarkan peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 5 tahun 2012 tentang nilai ambang batas logam Fe pada air limbah adalah 5 mg/L.

Terdapat beberapa metode yang sering digunakan dalam analisis kadar logam berat khususnya logam besi (Fe) yaitu menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Penelitian yang dilakukan Nisa (2017) yang menggunakan metode SSA didapatkan hasil kadar logam besi (Fe) pada sumur galian dari 21 lokasi beberapa ada yang melampaui ambang batas dengan nilai konsentrasi rata-rata 4,634 ppm dan terdapat 5 lokasi yang dibawah ambang batas dengan nilai konsentrasi rata-rata 0,277 ppm.

Metode tersebut masih memiliki kekurangan, diantaranya prosedur yang cukup rumit, waktu yang relatif lama, dan biaya yang lebih karena menggunakan instrumentasi dalam analisisnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat alat sensor kimia untuk mendeteksi adanya kadar logam berat besi (Fe) pada sampel air kran yaitu metode kit.

Metode baru yang dapat digunakan salah satunya adalah metode kit atau biasa disebut dengan tes kit. Tes kit merupakan metode atau alat yang digunakan untuk mendeteksi kadar suatu senyawa dengan cukup akurat dan mudah. Menurut Eko, (2012) kit adalah alat yang mampu (*sensor*) menangkap adanya zat kimia baik gas atau cair yang kemudian diubah menjadi sinyal elektrik. Sensor kimia atau kit harus memiliki sensitifitas, selektifitas, waktu respon dan waktu *recovery* serta stabilitas yang optimum (Gunawan, 2010).

Reaktan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan reagen 1,10-fenantrolin. Reagen ini mampu bereaksi dengan Fe^{2+} sehingga menghasilkan larutan berwarna merah (Retno R. 2013). Menurut Vogel (1990) Fe(II) bereaksi dengan 1,10-fenantrolin membentuk kompleks merah jingga $[\text{Fe}(\text{C}_{18}\text{H}_8\text{N}_2)_3]_2$. Kesetabilan kompleks tersebut dilihat dari nilai λ_{max} 512 nm dengan nilai konstanta kesetabilan 21,0. Kandungan Logam Fe^{2+} dapat teramati dengan terjadinya perubahan warna larutan. Kompleks $[\text{Fe}(\text{C}_{18}\text{H}_8\text{N}_2)_3]_2$ dapat stabil dalam jangka waktu yang lama. Penelitian dari Lazic dkk (2010) menyatakan bahwa kompleks $[\text{Fe}(\text{C}_{18}\text{H}_8\text{N}_2)_3]_2$ dapat stabil hingga waktu 60 menit.

Reagen 1,10-fenantrolin kemudian diimobilisasi kedalam suatu jaringan berupa Sol–Gel, sehingga reagen akan terperangkap kedalamnya. Sol–gel yang akan dibuat dengan menggunakan *tetraetilortosilikat* (TEOS) sebagai perkusornya. Penggunaan TEOS karena cabang yang dimiliki sedikit sehingga lebih mudah membentuk polimer dibandingkan

dengan alkoksida lain yang mempunyai banyak cabang pada strukturnya (Milea, dkk., 2011)

Perkembangan penelitian yang semakin luas telah banyak menghasilkan jenis sensor kimia. Jenis sensor kimia bentuk stik merupakan sensor kimia yang mudah untuk diaplikasikan dan terjangkau serta memiliki sensitifitas yang cukup tinggi. Metode kit yang sudah banyak digunakan yaitu pada sampel-sampel logam berat lain seperti analisis logam berat Pb^{2+} pada limbah industri dengan menggunakan reagen PAN dan analisis logam berat Cu^{2+} pada air sungai menggunakan reagen PAR. Akan tetapi masih belum ada penelitian kandungan logam besi (Fe) pada sampel air lindi.

Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini akan dibuat sensor kimia bentuk stik dengan metode sol-gel untuk mendeteksi senyawa Logam Fe^{2+} dalam sampel Air Lindi UTP TPA Kota Batu menggunakan reagen 1,10-Fenantrolin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dibuat rumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi optimum parameter reaksi pembentukan logam Fe^{2+} terhadap reagen 1,10-fenantrolin?
2. Bagaimana kinerja alat stik sensor kimia dengan reagen 1,10-fenantrolin untuk mendeteksi ion logam Fe^{2+} secara semi kuantitatif?

3. Bagaimana kinerja alat sensor dalam menganalisis logam Fe^{2+} jika dibandingkan menggunakan instrument SSA?

1.3 Tujuan

Berdasarkan penelitian tersebut memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kondisi optimum parameter reaksi pembentukan logam Fe^{2+} terhadap reagen 1,10-fenantrolin.
2. Untuk mengetahui kinerja stik sensor kimia dengan reagen 1,10-fenantrolin untuk mendeteksi ion logam Fe^{2+} secara semi kuantitatif.
3. Untuk mengetahui kinerja alat sensor dalam menganalisis logam Fe^{2+} jika dibandingkan menggunakan instrument SSA.

1.4 Batasan Masalah

Supaya penulisan sesuai dengan tujuan yang diinginkan, maka penulis menetapkan beberapa masalah-masalah sebagai berikut:

1. Pembuatan sensor kimia bentuk stik menggunakan metode sol-gel dan prekursor metaloksida TEOS.
2. Sampel yang digunakan dalam analisis logam Fe^{2+} adalah sampel air lindi UTP Kota Batu.
3. Reagen yang digunakan untuk pembuatan sensor kimia bentuk stik adalah 1.10-fenantrolin.
4. Kinerja sensor ditinjau dari waktu respon dan selektivitas.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikn manfaat sebagai berikut:

1. Mengembangkan metode analisis pembuatan sensor kimia Fe^{2+} berbentuk stik dengan menggunakan metode sol-gel.
2. Memberikan informasi metode sensor kimia berbentuk stik dengan menggunakan reagen 1,10-Fenantrolin yang mampu menganalisis logam Fe^{2+} dalam air.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah merupakan sisa hasil dari aktivitas manusia yang dibuang berupa padatan baik bersifat organik maupun anorganik karena sudah tidak diperlukan lagi. Sampah merupakan ancaman dan permasalahan serius yang dihadapi oleh masyarakat, apalagi di kota-kota besar. Sampah menjadi salah satu penyebab kerusakan lingkungan akibat tumpukan-tumpukan yang sekian lama semakin banyak. Penumpukan sampah-sampah tersebut terdapat air lindi yang bisa menyerap kedalam tanah dan akan menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah secara langsung.

Proses dekomposisi sampah menghasilkan dua fraksi besar yaitu fraksi organik dan anorganik. Fraksi anorganik ini yang mengandung berbagai macam mineral seperti logam-logam berat. Logam besi yang ada dalam tumpukan sampah akan larut dan tercampur dengan terbentuknya air lindi. (Sudarwin, 2008).



Gambar 2.1 Penumpukan Sampah di TPA Tlekung Kota Batu

Sampah berasal dari berbagai macam tempat seperti sampah yang berasal dari pemukiman penduduk dan sampah dari tempat-tempat

umum. Timbunan sampah yang dihasilkan dari pemukiman penduduk biasanya merupakan sampah jenis organik seperti sisa makanan sampah plastik kaleng-kaleng, sampah kering maupun sampah basah.

Berdasarkan karakteristik sampah, sampah dapat dibedakan menjadi (Sudarwin, 2008):

1. *Garbage*

Garbage merupakan sampah hasil pengolahan makanan yang biasanya mudah membusuk dan berasal dari rumah tangga, restoran pasar dan lain-lain.

2. Sampah Jalanan

Sampah jalanan yaitu sampah yang berasal dari pembersihan disepanjang jalan. Sampah jalanan terdiri dari daun-daunan, kertas, pelastik dan pecahan kaca.

3. Bangkai Kendaraan

Bangkai kendaraan seperti bangkai atau pretelan dari sepeda motor mobil dan kendaraan-kendaraan lainnya.

4. Sampah pembangunan

Sampah pembangunan adalah sampah yang dihasilkan dari proses pembangunan rumah atau gedung. Sampah ini biasanya berupa puing-puing batu, kayu, besi-besi, beton dan batu bata.

Sampah menjadi permasalahan paling serius, apalagi di kota-kota besar dan memiliki penduduk yang padat. Timbunan sampah-sampah akan menghasilkan cairan yang mengandung polutan yang dikenal

sebagai air lindi. Air lindi mengandung bahan organik dan logam-logam berat yang memiliki konsentrasi yang tinggi jika tidak dikelola dengan baik. Menurut Budiman, (2013) air lindi merupakan kontributor utama dalam pencemaran air dan tanah disekitar kawasan Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

2.2 Air Lindi

Air lindi merupakan suatu cairan yang timbul hasil dari dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk dan mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal kedalam timbunan sampah (Junita, 2013). Adanya air lindi disebabkan terjadinya presipitasi cairan ke TPA, baik dari resapan hujan maupun kandungan air yang ada pada sampah itu sendiri. Air lindi bersifat berbahaya atau toksik karena adanya pengotor dalam timbunan yang berasal dari berbagai macam seperti buangan limbah industri, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga dan dekomposisi yang terjadi pada sampah. Apabila tidak diatasi *landfill* atau kolam air lindi akan dipenuhi air lindi dan dapat mencemari lingkungan, terutama air pada tanah dan air permukaan (Junita, 2013).



Gambar 2.2 Kolam Lindi TPA Telekung Kota Batu

Air lindi berasal dari proses degradasi sampah dari tumpukan sampah di TPA yang merupakan sumber utama berpengaruh perbahan sifat fisik air seperti suhu, bau rasa dan kekeruhan. Menurut Kurniawan (2006), suhu limbah air lindi umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan air penerimanya. Hal tersebut yang dapat mempercepat reaksi kimia dalam air, mengurangi kelarutan gas dalam air, mempercepat pengaruh rasa dan bau.

Air lindi mengandung berbagai macam senyawa yang ada seperti logam berat sehingga memiliki kandungan pencemar yang sangat tinggi khususnya zat organik (Pine, dkk, 2014). Air lindi membawa material tersuspensi dan terlarut yang merupakan hasil dari degridasi sampah. Kandungan air lindi biasanya berupa senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, tanah, asam sulfat, dan galat) dan senyawa anorganik (kalium, natrium, sulfat, fosfat dan logam-logam berat) yang tinggi. Logam berat yang sering ditemukan yaitu besi cadmium, nikel, merkuri, seng, kromium dan timbal (Sudarwin, 2008).

2.3 Logam Berat

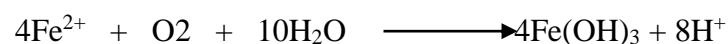
Logam berat adalah zat pencemar yang mendapat banyak perhatian dari masyarakat, hal ini disebabkan karena efek toksisitasnya yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Logam berat sangat mudah terakumulasi pada tubuh makhluk hidup khususnya pada manusia baik melalui perairan, udara, bahkan makanan. Jumlah logam berat yang melampaui ambang batas apabila berada pada tubuh manusia dapat mengakibatkan keracunan kronis bahkan kematian. Logam berat juga termaksud dalam bahan beracun berbahaya (B3).

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang sangat berhubungan dengan pemakaian logam tersebut oleh manusia. Pada awalnya pemakaian alat berupa logam masih belum diketahui pengaruh pencemaran pada lingkungan yaitu proses oksidasi dari logam yang dapat menyebabkan perkaratan. Hal itu yang menandakan adanya pencemaran logam berat terhadap lingkungan (Novita, dkk, 2014).

Logam berat termasuk dalam golongan logam dengan kriteria-kriteria yang mirip dengan logam lainnya. Perbedaannya pada pengaruh yang dihasilkan apabila logam berat ini masuk ke dalam tubuh. Unsur senyawa logam dapat dijumpai diseluruh permukaan bumi mulai dari tanah, air dan batuan bahkan pada lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam-logam di alam dapat ditemui dalam bentuk persenyawaan dan unsur lain, sangat jarang ditemukan dalam elemen tunggal (Palar, 2008).

Kebutuhan besi bagi tubuh manusia menurut Poedjadi dan Titin (2006) adalah 12–18 mg yaitu sepuluh kali kebutuhan akan tembaga. Besi juga merupakan unsur esensial bagi makhluk hidup seperti hewan, tumbuhan dan juga manusia. Kandungan besi dalam jumlah yang banyak atau berlebih dalam tubuh manusia juga berbahaya dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan besi. Dampaknya besi akan terakumulasi didalam alveoli dan usus (Soemirat, 2003).

Sifat kimia besi dalam air adalah bersifat redoks, pembentukan kompleks dan metabolisme oleh mikroorganisme. Umumnya besi dengan bilangan oksidasi rendah Fe (II) lebih mudah ditemui didalam air tanah dibandingkan dengan Fe (III) karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, mengkonsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan redksi dalam air tanah. Air yang mengandung besi (II) memiliki sifat yang sangat unik. Air yang mengandung besi (II) pada saat tidak memiliki oksigen menghasilkan air yang jernih, ketika mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer ion ferro akan berubah menjadi ion ferri dengan reaksi:



dan air menjadi keruh pada saat pembentukan Besi (III) oksidasi terhidrat yang tidak larut dapat menyebabkan air berubah menjadi abu-abu (Apriani, 2011)

Pertama kali tempat yang mengontrol pemasukan logam Fe yaitu usus halus. Usus halus memiliki fungsi sebagai tempat absorpsi dan

ekskresi Fe yang tidak serap. Kemudian besi yang di usus halus diabsorpsi dibentuk menjadi ferritin (Firdianti, 2011). Ferritin kemudian masuk ke dalam darah berubah bentuk menjadi transferrin. Di dalam darah besi bervalensi menjadi tiga kemudian dikirim ke limpa, hati disimpan dalam organ sebagai cadangan dalam bentuk ferritin dan hemosiderin kelebihan ikatan tersebut yang dapat menyebabkan ketoksitan besi.

2.5 Ligan

Ligan adalah ion atau molekul yang memiliki sepasang elektron atau lebih yang bisa disumbangkan. Ligan merupakan senyawa Basa Lewis yang dapat terkoordinasi pada ion logam atau sebagai asam Lewis membentuk senyawa kompleks. Ligan bisa berupa senyawa anionik atau molekul netral (Saragih, 2011).

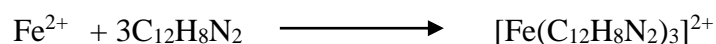
Urutan relatif kekuatan ligan secara berurutan yaitu $I < Br < S_2 < SCN < Cl < NO_3 < F < OH < O_x < H_2O < NCS < NH_3 < en < bipy < phen < NO_2 < CN < CO$. Urutan ligan berdasarkan kekuatannya disebut sebagai deret spektrokimia atau deret Fajans-Tsuchida (Effendy, 2007).

2.5.1 Ligan 1,10-Fenantrolin

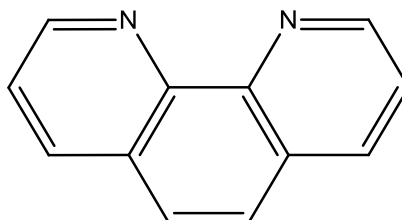
Senyawa 1,10-fenantrolin ($C_{12}H_8N_2$) memiliki berat molekul 180,20 dengan komposisi C 79,98%; H 4,48%; dan N 15,55%. Mempunyai sifat monohidrat, berwarna putih berbentuk kristal, titik leleh 93-94 C, titik didih 117 C (Getrost, 1997). Selain sifat tersebut, 1,10-fenantrolin juga larut dalam air, alkohol dan aseton. Reagen ini dapat digunakan untuk indikator oksidasi reduksi seperti titrasi garam besi,

1,10-Fenantrolin juga biasa digunakan dalam penentuan nikel, perak dan logam lainnya, karena kemampuannya membentuk kompleks feroin.

Fe(II) bereaksi dengan 1,10-Fenantrolin membentuk kompleks merah jingga $[\text{Fe}(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+}$. Hal ini menunjukkan bahwa kompleks tersebut stabil dengan nilai λ_{max} 512 nm dengan nilai konstanta kesetabilan 21,0 (Nur A, 2017). Sedangkan reaksi antara Fe(III) dengan 1,10-Fenantrolin tidak memberikan warna yang stabil. Hal ini dibuktikan dengan hasil panjang gelombang maksimum yang didapat yaitu 317 nm dan juga dari konstanta kesetabilan yang bernilai 14,1 (Vogel, 1990). Reaksinya besi (II) (Fe^{2+}) dengan 1,10-fenantrolin sebagai berikut (Handayani,2018):



Orto-Fenantrolin merupakan molekul fenantrolin yang memiliki dua kelompah CH yang tergantung dengan dua atom nitrogen. PEB yang terdapat dalam atom nitrogen dikombinasikan dengan kerapatan siklik dalam cincin aromatic sehingga orto-fenantrolin dapat bertindak sebagai ligan (Basset, 1991). Struktur dari orto-fenantrolin dapat dilihat dari gambar 2.3:



Gambar 2.4 Struktur ligan orto-fenantrolin

Orto-fenantrolin merupakan pengkompleks besi yang sangat stabil. Orto-fenantrolin dapat menjadi senyawa kompleks yang stabil dengan besi (II) dan membentuk warna jingga. Orto-fenantrolin juga dapat membentuk senyawa kompleks dengan besi (III) tetapi memiliki kestabilan yang kecil sehingga besi (III) harus direduksi terlebih dahulu menjadi besi (II) dengan pereduksi hidroksilamin hidroklorida (Svelha, 1985).

Kompleks Fe(II)-1,10-Fenantrolin dan Fe (III)-1,10-Fenantrolin memiliki nilai absorbansi yang identik pada panjang gelombang 369 nm akan mendapatkan kadar besi total. Larutan besi 3+ diperlukan suasana asam dengan penambahan larutan asam sulfat encer, dikomplekskan dengan orto-fenantrolin dan diberi penambahan buffer (kalium hidrogen ftalat untuk pH 3,9 buffer asetat untuk pH 4,5 dan buffer fosfat untuk pH 8,0). Kompleks $[\text{Fe}(\text{o-phen})_3]^{2+}$ memiliki absorptivitas molar yaitu 11,100 L/mol.cm pada panjang gelombang 508 nm. Nilai yang dihasilkan sangat besar sehingga memiliki penyerapan yang lebih kuat. Intensitas warna kompleks $[\text{Fe}(\text{o-phen})_3]^{2+}$ dapat stabil pada pH 2 sampai pH 9.

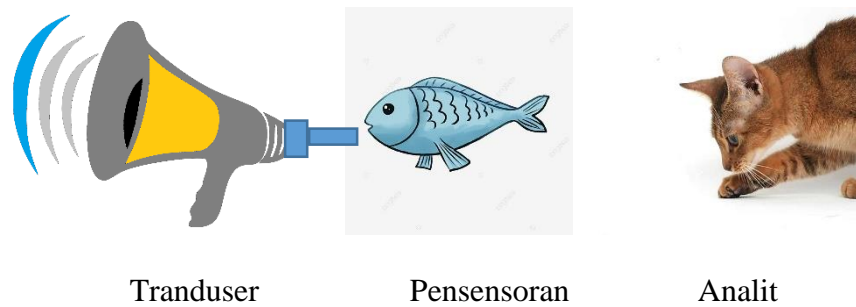
2.6 Sensor Kimia

Secara umum sensor kimia dapat diartikan sebagai alat atau perangkat yang dapat *mentransform* (mengubah) suatu energi ke energi yang lainnya. Sensor kimia adalah suatu alat analisa yang berisikan reagen kimia (*chemical reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang kemudian dapat diubah menjadi sinyal elektrik yang menunjukkan konsentrasi dari analit tersebut. Sensor kimia terdapat element sensor didalamnya yang mampu memberikan respon terhadap

suatu zat yang diukur adalah suatu reagen kimia (Kuswandi, 2010). Contoh dari sensor salah satunya, telinga sebagai sensor pendengar, mata sebagai sensor penglihatan kulit sebagai sensor peraba dan lain sebagainya. Modern ini sensor dibuat dengan ukuran yang lebih kecil dengan orde nanometer yang memudahkan dalam pemakaian dan menghemat energy (Karim, 2016).

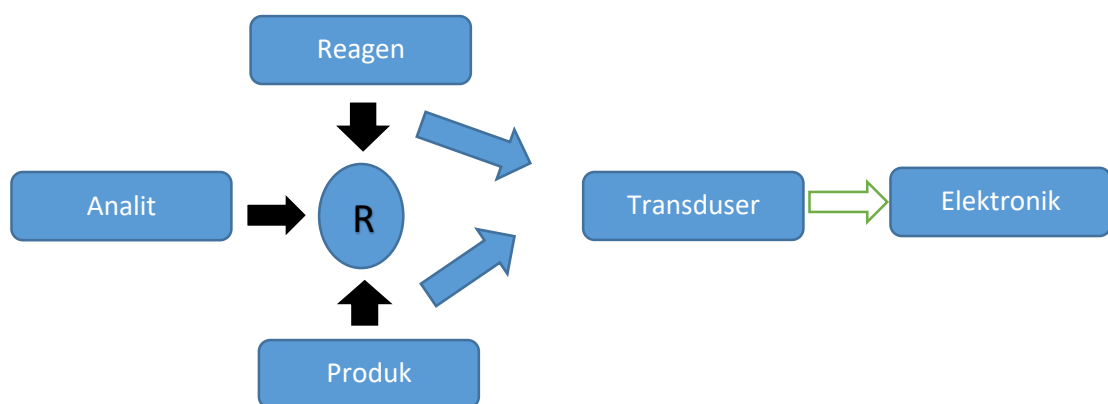
Sensor kimia yang sudah kita kenal dan sering kita lihat yaitu kertas pH atau kertas lakmus yang biasanya digunakan dalam menentukan asam atau basa suatu larutan. Kertas lakmus ini memberikan indikasi secara kualitatif sifat asam-basa suatu larutan dari perubahan warna yang terjadi pada kertas lakmus. Sedangkan alat lainnya yaitu pH meter yang memiliki pengukuran yang lebih tepat suatu larutan asam-basa. Alat pH meter ini memiliki prinsip kerja elektrokimia yang dapat mendeteksi adanya respon elektrik terhadap pH larutan yang kemudian bisa dibaca secara mudah. (Yusro. Muhammad, 2019).

Metode diatas baik kertas lakmus pH maupun pH meter yang berupa elektroda gelas, dapat memberika respon atau mendeteksi derajat keasam-basaan suatu larutan. Respon tersebut baik seecara kimiawi maupun elektrik kemudian diubah menjadi suatu sinyal yang dapat diamati, biasanya oleh mata kita (Bambang. Kuswandi, 2008). pada kertas lakmus atau indikator pH dapat dilihat dengan mudah oleh mata kita karena terjadinya perubahan warna pada kertas indikator. Bagian alat yang dapat merubah respon listrik disebut tranduser atau pengubah sinyal (Bambang. Kuswandi, 2008).



Gambar 2.5 Analogi sebuah sensor kimia.

Sebuah sensor kimia seperti indikator pH, elemen sensor yang mampu memberikan respon terhadap suatu zat yang diukur adalah reagen kimia. Reagen yang berfungsi sebagai indikator pH seperti timol biru, fenol merah, metil merah dan lainnya. Apabila ingin mengukur derajat pH suatu larutan secara kuantitatif menggunakan indikator pH maka perubahan warna yang akan terjadi pada indikator tersebut (Bambang. Kuswandi, 2008). sensor kimia biasanya banyak diaplikasikan untuk mendeteksi entitas kimiawi dengan menggunakan reaksi kimiawi dari reagen kimia yang sesuai. Entitas kimia tersebut disebut analit. Secara garis besar sensor kimia seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema sensor kimia

Gambar 2.6 diatas menggambarkan secara skematik struktur sensor kimia. Sehingga dapat didefinisikan bahwa sensor kimia adalah suatu alat analisa yang berisi reagen kimia yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang dapat dirubah menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut (Cattrall. RW, 1997)

Sensor kimia bentuk stik merupakan sebuah sensor yang sangat sederhana, digunakan untuk mengukur kadar suatu bahan dalam sampel dengan mencelupkan stik yang telah diabsorb oleh reagen spesifik sampel. kemudian penentuan konsentrasi analit didasarkan oleh intensitas warna yang berubah (Budianto, 2002). Analisis menggunakan metode stik dapat digunakan sebagai analisis kualitatif dan semikuantitatif, untuk analisis kualitatif dapat dilihat dan dibuktikan dengan perubahan warna sensor, sedangkan analisis semi kuantitatif dilihat dengan membandingkan intensitas warna sensor dengan standar sensor (Prahasto, 2009). Sensor kimia juga merupakan perangkat penting dalam analisa kimia. Pada pengaplikasiannya tidak hanya untuk menganalisa, namun juga sebagai media sampling, transport sampel, pemrosesan sinyal dan pengolahan data. Sensor kimia juga bekerja sesuai dengan rencana yang ingin dilakukan pada suatu analisa tiap sampel (Hulanicki,dkk, (1991)

Sensor kimia memiliki dua komponen dasar, yaitu bagian reseptor dan bagian transduser. Pada bagian reseptor berfungsi sebagai penerima sinyal kimia berupa kondisi lingkungan dan diubah menjadi energi yang

dapat diukur oleh bagian transduser. Sedangkan bagian transduser adalah bagian yang bertugas merubah energi menjadi informasi yang dapat dibaca dengan mudah oleh analisis (Hulanicki,dkk, 1991).

Bagian reseptor pada sensor kimia dapat dibedakan dalam beberapa prinsip kerja (Hulaicki,dkk, 1991), yaitu :

- a. Kimia, pada sensor ini reaksi kimia sangat berperan penting pada tersajinya data hasil analisis
- b. Biokimia, reaksi biokimia adalah hal yang sanga berperan dalam tersajinya data untuk analisis, seperti contohnya potensiometri mikroba dan immunosensors. Sensor ini jug adisebut sebagai biosensor.
- c. Fisik, pada sensor ini terjadi suatu reaksi kimia, seperti contoh sensor pada permasalahan untukmengukur absorbansi, indeks bias, konduktifitas, suhu dan perubahan massa.

Saat ini, karena sudah banyak sekali proses analisa yang membutuhkan data cepat hasil analisa menggunakan sensor kimia, maka telah banyak berkembang dari klasifikasi sensor kimia, seperti: sensor optikal, elektrokimia, elektrik, kepekaan massa sampel, magnetik, termometrik dan lain sebagainya (Hulanicki,dkk, 1991).

2.7 Metode Sol – Gel

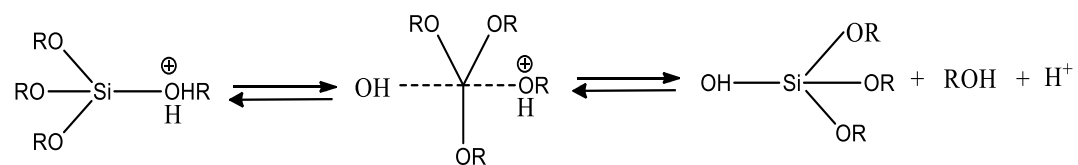
Metode sol gel menggunakan suatu larutan perkusor yang dapat mengalami perkusor yang mengalami reaksi polimerisasi anorganik pada suhu kamar dalam pelarut air maupun organik. Perkusor yang biasanya digunakan adalah alkoksida dan dari macam–macam alkoksida,

alkoksilan yang merupakan alkoksida paling stabil sehingga dalam pembentukan polimer hasilnya lebih homogen (Widodo,2010).

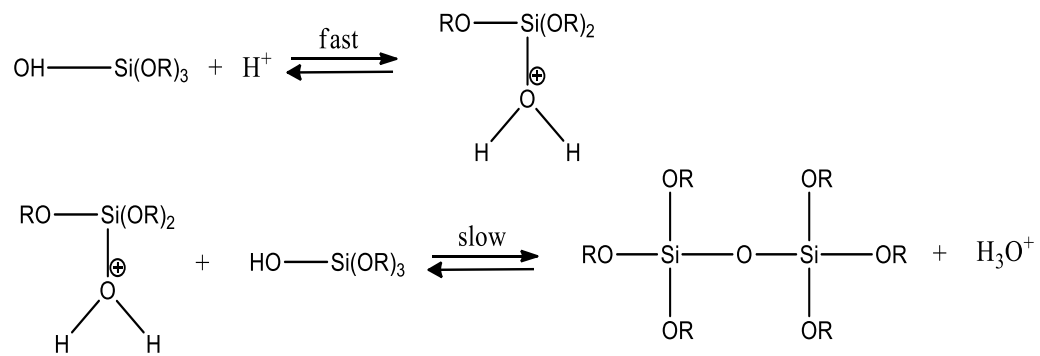
Jenis-jenis alkoksida yang sering dipakai yaitu memiliki rantai pendek sehingga laju hidrolisis lebih cepat seperti tetraetilortosilikat (TEOS) (Milea dkk., 2011). Reaksi yang terlibat dalam pembentukan polimer sebagai hasil akhir metode sol gel adalah hidrolisis dan kondensasi dari perkusor alkoksida. Alkoksida memberikan suatu monomer yang terlarut dalam bermacam-macam pelarut khususnya alkohol (Widodo, 2010).

Saat terjadinya hidrolisis maka akan terjadi pemutusan alkil pada alkoksida oleh air. Sehingga pada keadaan tersebut membentuk suatu sol dimana sol merupakan partikel padatan koloid yang tersuspensi dalam larutan. Selanjutnya, sol mengalami kondensasi dengan sesama atau sisa perkusor hingga terbentuk polimer dalam bentuk gel (Binker dan George, 1990). Gambar 2.4 merupakan reaksi sol gel oleh alkoksida dengan menggunakan katalis asam. Milea (2011) menjelaskan bahwa penambahan katalis asam dapat mempercepat proses hidrolisis.

Hidrolisis



Kondensasi

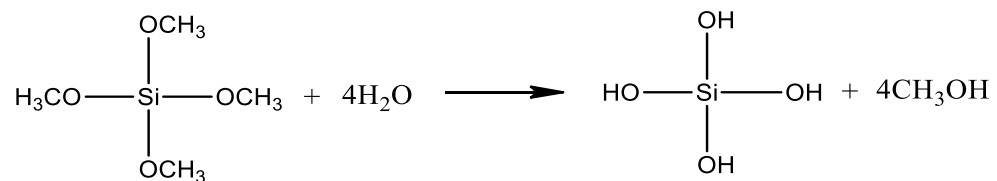


Gambar 2.5 Reaksi hidrolisis dan kondensasi alkoksida.

Tahapan pembuatan material hasil proses sol gel yaitu meliputi hidrolisis, kondensasi, pematangan (*aging*) dan pengeringan (*drying*) (Fernandez, 2011):

1. Hidrolisis

Tahapan pertama yaitu logam perkusor (alkoksida) dilarutkan kedalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan air pada saat kondisi asam, basa maupun netral menghasilkan sol koloid. Pada saat hidrolisis menggantikan ligan (-OR) dengan gugus hidroksil (-OH). Reaksi hidrolisis alkoksilan sebagai berikut (Lalena, dkk., 2008) :



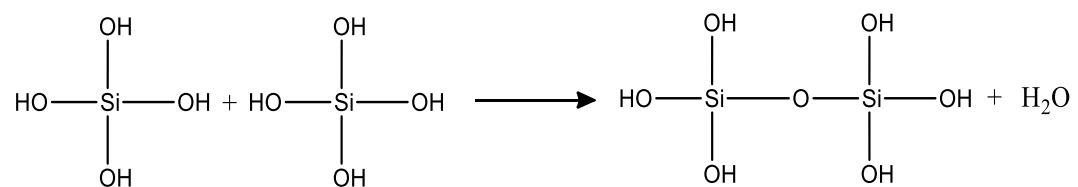
Gambar 2.6 Reaksi Hidrolisis

Rasio air atau perkusor dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis. Peningkatan rasio pelarut atau perkusor akan meningkatkan

reaksi hidrolisis yang dapat mengakibatkan reaksi berlangsung cepat sehingga menghasilkan waktu gelasi yang lebih cepat.

2. Kondensasi

Tahap kondensasi ini terjadi proses transisi dari sol menjadi gel. Reaksi kondensasi ini melibatkan ligan hidrosil untuk menghasilkan polimer dengan ikatan M-O-M. Reaksi ini juga menghasilkan produk samping yaitu berupa alkohol dan air. Reaksi yang terjadi yaitu (Lalena, dkk., 2008)



Gambar 2.7 Reaksi Kondensasi

3. Pematangan (*aging*)

Reaksi pematangan dilakukan ketika reaksi hidrolisis dan kondensasi selesai. Proses ini dikenal dengan *aging*. Proses *aging* ini terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kuat dan kaku. Hasil dari proses ini disubutjuga dengan *wetgel* atau *hydrogel*.

4. Pengeringan (*drying*)

Pengeringan merupakan tahap terakhir yaitu proses penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan untuk mendapatkan struktur sol gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Terdapat dua jenis hasil yang didapatkan dalam proses *drying* ini yaitu apabila pelarut atau kandungan air didalam *hydrogel* dihilangkan menggunakan suhu yang tinggi, maka struktur yang terbentuk disebut sebagai *aerogel*. Sedangkan apabila

kandungan air dan pelarut didalam *hydrogel* dihilangkan menggunakan penguapan pada suhu ruang, maka struktur yang terbentuk disebut sebagai *xerogel*.

2.8 Senyawa Koordinasi

Senyawa koordinasi merupakan senyawa yang pembentukannya melibatkan pembentukan ikatan kovalen koordinasi. Sehingga menurut pendapat Effendy (2007) sendiri senyawa kovalen adalah senyawa yang pembentukannya melibatkan pembentukan ikatan kovalen koordinasi antara ion logam atau atom logam dengan atom non logam.

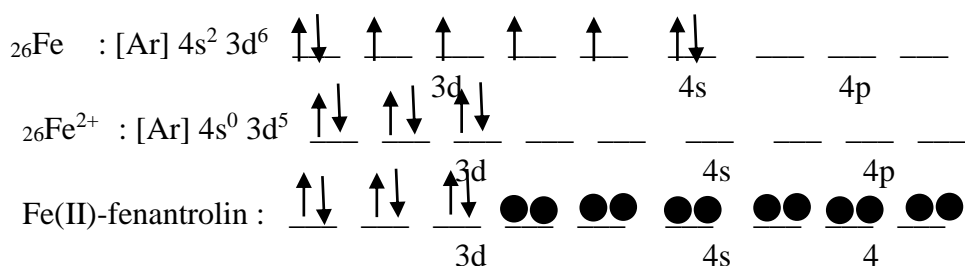
Senyawa koordinasi dikenal juga sebagai senyawa kompleks, yaitu senyawa yang terdiri dari atom atau ion logam sebagai atom pusatnya, sedangkan atom yang dapat mendonorkan pasangan elektron ke atom pusat disebut atom donor. Atom donor yang dikoordinasikan pada ion pusat baik yang terdapat pada satu ion atau molekul senyawa kompleks disebut sebagai ligan. Saat ini ada tiga macam teori pembentukan senyawa koordinasi, yaitu Teori Ikatan Valensi (TIV), Teori Medan Kristal (TMK), dan Teori Orbital Molekul (TOM) (Effendy, 2007).

2.8.1 Teori Ikatan Valensi (*Valence Bond Theory*)

Berdasarkan teori ikatan valensi, pembentukan senyawa kompleks melibatkan reaksi antara Asam Lewis sebagai atom pusat dengan Basa Lewis sebagai ligan melalui ikatan kovalen koordinasi (Effendy, 2007). Ikatan kovalen terjadi karena adanya tumpang tindih antara orbital kosong dalam logam dengan orbital ligan berupa ion atau molekul yang memiliki pasangan elektron bebas (Day dan Selbin, 1985). Pada ikatannya dengan

ligan, atom pusat menggunakan orbital hibrida yang diperoleh dari proses hibridisasi, yaitu dimana pembentukan orbital-orbital hibrida dengan tingkat energi yang sama melalui kombinasi linier orbital-orbital atom dengan tingkat energi yang berbeda (Effendy, 2007)

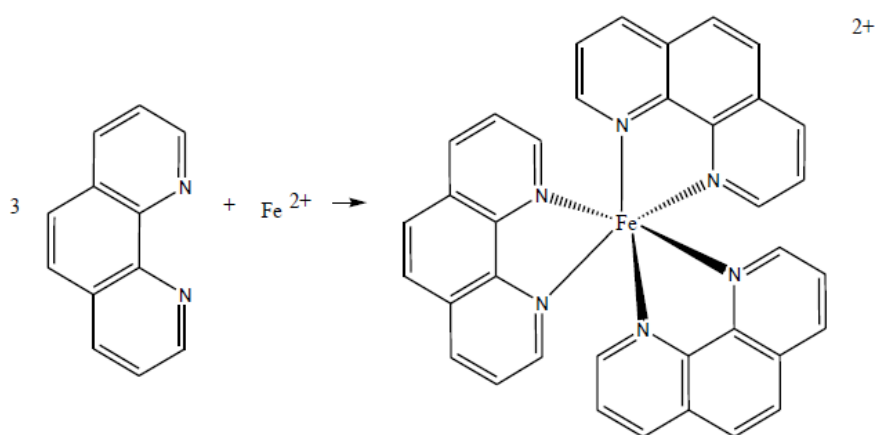
Konfigurasi electron dan hibridisasi pada Fe(II)-Fenantrolin adalah sebagai berikut (Retno R, 2013)



Gambar 2.8 Konfigurasi elektron Fe dan Fe²⁺.

●● : merupakan pasangan electron bebas dari senyawa ligan 1,10-fenantrolin

Hibridisasi dari senyawa kompleks Fe(II)-fenantrolin adalah d²sp³ yang memiliki bentuk geometri octahedral (Retno R, 2013). Bentuk geometri dari Fe (II)-Fenantrolin dapat dilihat sperti pada gambar berikut:

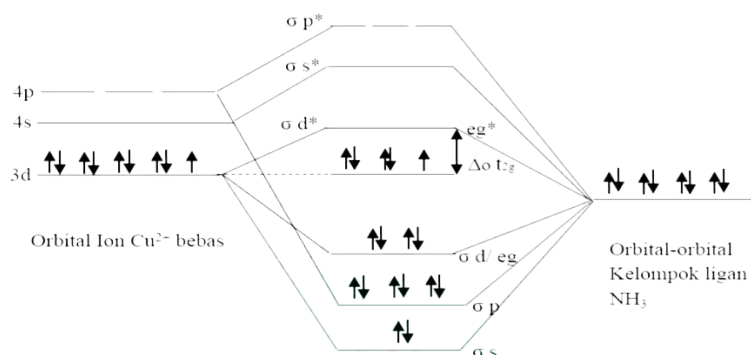


Gambar 2.9 Struktur Fe(II)-Fenantrolin (Retno R, 2013)

2.8.2 Teori Orbital Molekul (*Molecular Orbitals Theory*)

Teori orbital molekul (TOM) adalah teori yang paling lengkap karena menyangkut baik interaksi elektrostatik maupun kovalen. TOM menggunakan kombinasi linier orbital-orbital atom untuk membentuk orbital-orbital molekul yang merangkum seluruh molekul. Orbital tersebut dibagi menjadi tiga macam yaitu, orbital *bonding*, orbital antibonding dan orbital *nonbonding*. (Effendy, 2007)

Teori ini juga mengatakan bahwa atom atau ion pusat dengan ligan bersifat kovalen murni, misalnya ikatan molekul biner lainnya, terjadi ikatan karena adanya pembentukan orbital molekul yang merupakan gabungan linier antara orbital atom atau ion pusat dengan orbital ligan. Teori orbital molekul (TOM) juga dapat menjelaskan sifat magnetik, pembentukan ikatan dan warna senyawa kompleks lebih baik dari pada teori ikatan valensi (TIV) ataupun teori medan kristal. Contohnya senyawa kordinasi $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{3+}$ yang memiliki struktur oktahedral. Penggabungan linier orbital ion logam dengan ligan dapat dilihat pada gambar berikut.



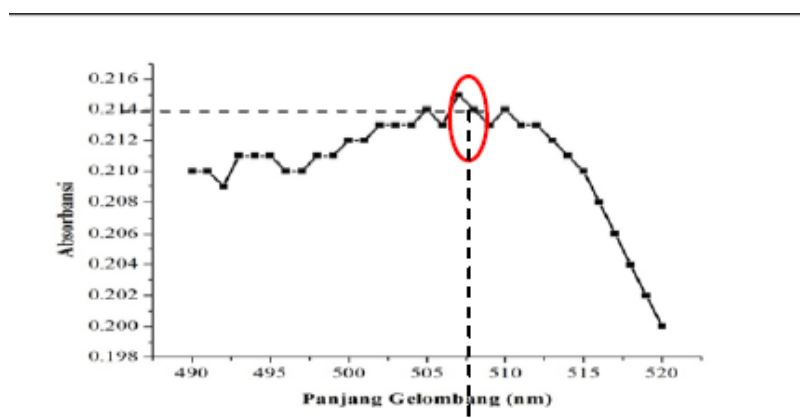
Gambar 2.10 Diagram orbital molekul senyawa kordinasi $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

(Effendy, 2007)

2.9 Spektrofotometer UV-Vis

Instrumentasi dari spektrofotometer UV-Vis memiliki prinsip kerja yaitu penyerapan (absorpsi) dari sinar UV dan sinar tampak pada umumnya dihasilkan oleh eksitasi elektron – elektron ikatan. Sehingga panjang gelombang (λ) pita yang mengabsorpsi dapat dihubungkan dengan ikatan yang mungkin ada dalam suatu molekul. Sinar Uv memiliki panjang gelombang (λ) antara 200 – 400 nm sedangkan Visibel memiliki panjang gelombang (λ) antara 400 – 800 nm (Gandjar dan Abdul, 2007).

Hasil penelitian analisis Fe^{2+} dengan menggunakan reagen 1,10-fenantrolin oleh Rahayu (2013) dengan terbentuk kompleks warna merah jingga pada λ_{max} 507 nm. Gambar 2.4 menunjukkan spektra UV-Vis yang diperoleh oleh Rahayu (2013) kompleks Fe-tiosianat dalam pelarut membentuk warna merah.



Gambar 2.11 Spektra UV-Vis Fe(II)-Tiosianat (Rahayu, 2013)

2.10 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Serapan atom pertama kali diamati Fraunhofer yaitu ketika melihat garis-garis hitam pada spektrum matahari. Sedangkan yang

memanfaatkan prinsip serapan atom pada bidang analisis adalah seorang yang bernama Alan Walsh berkebangsaan Australia pada tahun 1955. Sebelumnya para pakar kimia banyak bergantung pada cara- cara spektrografi. Cara ini cukup rumit dan memakan waktu, kemudian diganti dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (Cahyadi, 2009).

Cara kerja menggunakan analisis sistem spektrofotometer yaitu berdasarkan energi cahaya yang diserap oleh larutan dalam suatu suspensi. Dalam sistem kalorimetri sinar alami (putih) digunakan sebagai sumber cahaya dan medianya adalah larutan yang berwarna. Larutan berwarna tersebut disebabkan karena pembentukan suatu senyawa (Darmono, 1995).

Logam – logam yang mudah diuapkan seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), cadmium (Cd) dan seng (Zn), umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan untuk unsur-unsur yang tidak mudah diatomisasi diperlukan suhu tinggi. Suhu tinggi dapat dicapai dengan menggunakan suatu oksidator bersamaan dengan gas pembakar, seperti atomisasi aluminium (Al), berelium (Be) dan titanium (Ti) (Khopkar, 2010).

Cahyadi, (2009) menjelaskan prinsip dasar Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) yaitu penentuan metode didasarkan pada penyerapan energi radiasi oleh atom –atom netral pada keadaan dasar, dengan panjang gelombang tertentu yang menyebabkan tereksitasinya dalam bentuk tingkat energy.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Maret 2020 di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, stirer, pipet, Spektroskopi Serapan Atom (SSA), Spektrofotometer UV-Vis, pH meter, rotasi vakum, labu ukur 10 mL, *beaker glass* 50 mL, batang pengaduk, spatula, *glass arloji*, tabung reaksi, pipet ukur 5 mL, dan pipet ukur 1 mL.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu Standar 1,10-fenantrolin, FeSO₄, Na₂S₂O₃ aquademin, CH₃COONa, CH₃COOH, NaOH, aseton, kertas *Whatman*, *tetraetilortosilikat* (TEOS), HCl 65% dan CuSO₄.5H₂O

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pembuatan sensor kimia bentuk stik untuk mendeteksi logam Fe²⁺ dalam air lindi adalah pertama, persiapan alat dan bahan-bahan penelitian yang dibutuhkan. Kemudian membuat larutan standar 1,10-fenantrolin dengan konsentrasi 100 ppm dan ditentukan panjang gelombang maksimum dan konsentrasi maksimum terhadap

larutan standar Fe^{2+} 10 ppm. Analisis tersebut bertujuan untuk diaplikasikan saat pembuatan sensor kimia yang sesuai dengan hasil yang di dapatkan.

Kondisi optimum yang telah di dapatkan, kemudian dilanjutkan dengan penentuan kondisi optimum senyawa kompleks Besi (II)-Fenantrolin. Larutan standar Fe^{2+} dibuat dalam konsentrasi 10 ppm. Kondisi optimum yang akan dilakukan analisis yaitu penentuan panjang gelombang maksimum, waktu kesetabilan kompleks dan pH optimum. Hasil dari analisis tersebut digunakan dalam lama proses pembuatan sensor.

Pembuatan sensor kimia dengan reagen 1,10-fenantrolin untuk mendeteksi logam Fe^{2+} terlebih dahulu dilakukan selektifitas terhadap logam pengganggu yang memungkinkan dapat mengganggu dalam proses analisis secara akurat dan selektif. Dalam percobaan ini digunakan logam Cu^{2+} sebagai logam pengganggu dalam menganalisis logam Fe^{2+} .

Selanjutnya, setelah semua kondisi optimum telah ditentukan, dilakukan pembuatan sensor kimia bentuk stik dengan berbagai tahapan diantaranya: preparasi sol-gel, pembuatan sensor stik dengan metode immobilisasi dengan perkursor TEOS dan pembuatan deret intensitas warna. Kemudian kinerja sensor stik diuji menggunakan dua parameter, yaitu selektivitas dan waktu respon. Selektivitas diuji dengan penambahan logam Cu^{2+} sebagai logam pengganggu Fe^{2+} . Waktu respon dilihat dari seberapa cepat sensor dapat mendeteksi target. Tahap akhir, diaplikasikan stik sensor pada sampel air lindi dan hasil yang didapatkan dicocokkan

dengan deret intensitas warna yang sudah dibuat kemudian di bandingkan hasil dengan instrument SSA.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Analisis Reagen 1,10 fenantrolin
2. Optimasi Parameter
3. Pembuatan Sensor Kimia Fe^{2+} Bentuk Stik
4. Pembuatan Deret Intensitas Warna Terhadap Berbagai Konsentrasi
5. Uji Waktu Respon
6. Uji Kinerja sensor Terhadap Sampel Air Lindi

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Analisis Reagen 1,10 fenantrolin

3.5.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Reagen 1,10 fenantrolin (Avia, 2015)

Larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm diambil 1,5 mL, Selanjutnya ditambahkan akuadenim hingga 10 mL. Kemudian larutan dihomogekan dan didiamkan selama 5 menit. Larutan campuran tersebut kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 100 - 400 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi tertinggi menunjukkan panjang gelombang maksimum reagen 1,10-fenantrolin.

3.5.1.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Besi (II)-Fenantrolin. (Retno Rahayu, 2013)

Larutan standar Fe^{2+} 10 ppm diambil sebanyak 0,5 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 mL. Larutan natrium tiosulfat 50 ppm ditambahkan dalam larutan Fe standar sebanyak 1,1 mL bersama dengan

1,10-fenantrolin 1000 ppm sebanyak 1,5 mL, dan buffer asetat pH 4,5 sebanyak 1,5 mL. kemudian ditanda bataskan dengan akuadenim. Selanjutnya larutan dihomogekan. Larutan campuran tersebut kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Grafik tersebut didapat nilai panjang gelombang maksimum senyawa kompleks Besi (II)-Fenantrolin dengan melihat nilai absorbansi tertinggi.

3.5.1.3 Pembuatan Blanko (Retno Rahayu, 2013)

Larutan natrium tiosulfat 50 ppm diambil sebanyak 1,1 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian ditambahkan 1,10 fenantrolin 1000 ppm sebanyak 1,5 mL, dan larutan buffer asetat pH 4,5 sebanyak 1,5 mL. selanjutnya ditanda bataskan menggunakan larutan aquadenim hingga tanda batas.

3.5.2 Optimasi Parameter

3.5.2.1 Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks Besi (II)-Fenantrolin (Avia, 2015)

Larutan standar Fe^{2+} 10 ppm dimasukkan kedalam tabung reaksi sebanyak 0,5 mL, kemudian ditambahkan 1,1 mL larutan natrium tiosulfat 50 ppm dan reagen 1,10 fenantrolin 1000 ppm 1,5 mL. Setelah itu, diukur absorbansi larutan saat menit ke 0 sampai menit ke 30 dengan waktu interval 5 menit menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 510,1 nm. Larutan dengan kesetabilan tertentu yang memiliki intensitas warna terbaik atau nilai absorbansi tertinggi jika diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis merupakan larutan yang memiliki nilai kesetabilan kompleks.

3.5.2.2 Penentuan pH Optimum Kompleks Besi (II)-fenantrolin (Avia, 2015)

Larutan Fe^{2+} 10 ppm dipipet sebanyak 2 mL dimasukkan kedalam 5 tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan larutan natrium tiosulfat 50 ppm 1 mL. Kemudian ditambahkan buffer asetat pH 3,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 sebanyak 2 mL pada masing – masing tabung reaksi yang berbeda. Larutan 1,10-fenantrolin dengan konsentrasi 1000 ppm ditambahkan sebanyak 2 mL. Larutan didiamkan sampai larutan stabil selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 510,1 nm.

3.5.2.3 Uji Selektivitas

Larutan Fe^{2+} 10 ppm sebanyak 1 mL dipipet dan dimasukkan kedalam 3 tabung reaksi dan ditambahkan 1 mL larutan natrium tiosulfat 50 ppm. Masing-masing tabung ditambahkan larutan Cu^{2+} 10 ppm sebanyak 0.3; 0.6; 0.9 mL sehingga perbandingan konsentrasi Fe^{2+} - Cu^{2+} adalah 1:0.3; 1:0.6; 1:0.9. Selanjutnya ditambahkan larutan buffer pH 4,5. Reagen 1,10-fenantrolin dengan konsentrasi 1000 ppm ditambahkan sebanyak 2 mL dan larutan di *vortex* hingga homogen. Larutan didiamkan hingga stabil dengan waktu 30 menit. Absorbansi tiap larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ maks 510,1 nm. Blanko yang digunakan adalah 4 mL akuadenim, 2 mL larutan buffer pH 4,5 dan 2 mL aseton. Hasil nilai absorbansi yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengukuran larutan Fe^{2+} 10 ppm dan reagen 1,10-fenantrolin 1000 ppm pada pH 4,5 tanpa penambahan Cu^{2+} .

3.5.3 Pembuatan Sensor Kimia Fe²⁺ Bentuk Stik

Larutan reagen 1,10-fenantrolin 1000 ppm dipipet sebanyak 2 mL kedalam *beaker glass* 50 mL. Kemudian dimasukan TEOS sebanyak 1,5 mL, ditambahkan akuadenim sebanyak 1,4 mL. selanjutnya ditambahkan buffer dengan pH 4,5. Selanjutnya dimasukan 1.5 mL natrium tiosulfat 100 ppm. Campuran diaduk menggunakan *stirrer* selama 18 jam pada suhu kamar hingga larutan homogen dan sedikit mengental.

Gel dilapiskan pada kertas saring *whatman* yang diletakan pada cawan petri, dengan cara lapisan ditekan dengan kaca. Kemudian didiamkan pada suhu ruang dalam kondisi tertutup selama 24 jam. Selanjutnya kertas *whatman* dipotong sesuai ukuran 1,5 x 2,0 cm, dan ditempelkan pada kertas foto dengan ukuran 1,5 x 2,0 cm menggunakan *doubel tape* sehingga dihasilkan sensor kimia bentuk stik.

3.5.4 Uji Waktu Respon

Sensor bentuk stik dari percobaan (3.5.3) diujikan kedalam larutan Fe²⁺ 30 ppm. Waktu ketika perubahan warna dicatat dan pengulangan yang dilakukan sebanyak 3 kali.

3.5.5 Pembuatan Deret Intensitas Warna Terhadap Berbagai Konsentrasi (Rahmatulloh, 2011)

Sensor kimia bentuk stik yang telah dibuat pada percobaan (3.5.3) diuji kedalam larutan Standar Fe²⁺ 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Warna yang terbentuk pada stik kemudian difoto. Pembuatan deret dilakukan dengan replikasi 3 kali dengan stik sensor yang berbeda. Kemudian dibuat daftar intensitas warna reagen fenantrolin terhadap konsentrasi Besi (II) melalui warna pada stik.

3.5.6 Uji Sampel Air Lindi Menggunakan Stik Sensor

3.5.6.1 Preprasi Sampel untuk Uji Stik Sensor

Pengambilan sampel air lindi dengan cara mengambil di tiap sudut kolam penampungan lindi dengan metode sampling acak menggunakan gelas ukur 100 mL sebanyak 50 mL, kemudian dituangkan jadi satu kedalam labu ukur 250 mL, dimasukan batu didih dan ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 mL selanjutnya didestruksi sampel hingga volume menjadi 20 mL atau sampai berwarna bening. Sampel kemudian disaring kembali kedalam labu ukur 100 ml dan di homogenkan.

3.5.6.2 Uji dengan Sensor Fe²⁺ Bentuk Stik

Sample yang sudah di preparasi kemudian dikondisikan menjadi pH optimum percobaan (3.4.2.3). sensor stik kimia Fe²⁺ diujikan kedalam sampel air lindi. Hasil yang diperoleh kadar kandungan Fe²⁺ dalam sampel air lindi ditentukan dari warna yang dihasilkan sensor dan dibandingkan dengan deret intensitas sensor kimia Standar Fe²⁺.

3.5.7 Uji Sampel Air Lindi Menggunakan SSA

3.5.7.1 Pembuatan Larutan Standar Besi Total

Memipet larutan standar Besi (II) 1 ppm kedalam 5 labu ukur 25 mL berturut-turut 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; dan 0,3 mL kemudian diencerkan dengan akuadenim sampai tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh konsentrasi larutan standar 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; dan 1.2 ppm

3.5.7.2 Uji Perbandingan Sampel dengan Instrumen SSA (SNI, 2009)

Memipet sampel air lindi sebanyak 50 mL kedalam Erlenmeyer 100 mL, kemudian ditambahkan 5 mL HNO₃ pekat, ditutup dengan corong dan dipanaskan perlahan sampai sisa volumetrinya (15-20 mL). selanjutnya dipindahkan larutan kedalam beaker glass 50 mL, ditambahkan akuademin. Alat spektrofotometer serapan atom di hidupkan dan dipanaskan, lalu belanko dan larutan standar dimasukkan kedalam alat spektrofotometer serapan atom untuk dianalisis sehingga diperoleh absorbansi larutan standar untuk membuat kurva baku. Sample disiapkan, kemudian sampel air kran dimasukkan kedalam spektrofotometer serapan atom untuk dianalisis. Sampel yang dianalisis kemudian didapatkan nilai absorbansi, sehingga akan diperoleh nilai konsentrasi dari kurva baku untuk menentukan kadar sampel air lindi.

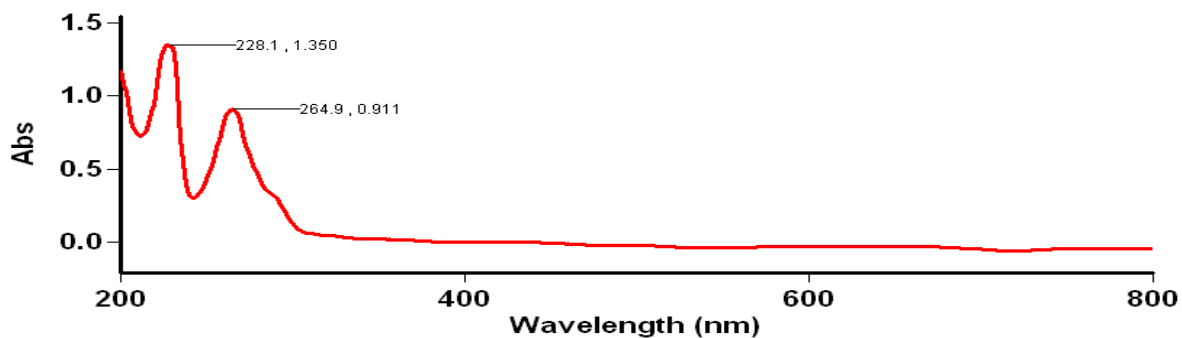
BAB IV PEMBAHASAN

Penelitian pembuatan sensor kimia Fe^{2+} dilakukan dengan melakukan optimasi pembentukan senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Konsentrasi yang digunakan adalah 50 ppm dan merupakan batas atas deret warna, karena sensor kimia akan bekerja pada daerah konsentrasi Fe^{2+} 10 sampai 50 ppm. Uji selektivitas senyawa reagen dilakukan dengan penambahan larutan Cu^{2+} . Setelah semua data diperoleh, dilakukan pembuatan alat sensor kimia dengan menggunakan metode sol gel. Sensor kimia diuji waktu respon dan kinerja sensor kimia untuk analisis sampel air lindi dengan menggunakan instrument AA

4.1 Optimasi Pembentukan Senyawa Kompleks Besi(II)-Fenantrolin.

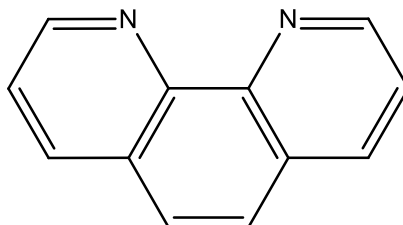
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Reagen 1,10-fenantrolin.

Penentuan panjang gelombang maksimum reagen bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum sebelum di reaksi dengan logam besi. Hasil panjang gelombang tersebut kemudian dijadikan acuan awal yang nantinya akan dibandingkan dengan panjang gelombang maksimum dari senyawa kompleks campuran antara reagen fenantrolin dengan logam besi. Reagen 1,10-fenantrolin 10 ppm dilarutkan menggunakan akuades selanjutnya dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis. Reagen 1,10-fenantrolin berbentuk serbuk berwarna putih dan berwarna bening saat dilarutkan dengan akuades. Gambar 4.1 hasil dari penentuan panjang gelombang maksimum reagen 1,10-fenantrolin



Gambar 4.1 Panjang Gelombang Maksimum Reagen 1,10-Fenantrolin

Gambar 4.1 menunjukkan Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum reagen fenantrolin yaitu pada daerah λ maks 264 nm. menurut Chem Biol (1960) dalam menentukan panjang gelombang maksimum reagen fenantrolin yaitu pada panjang gelombang 264.9 nm. Gambar 4.2 merupakan struktur senyawa 1.10 fenantrolin:

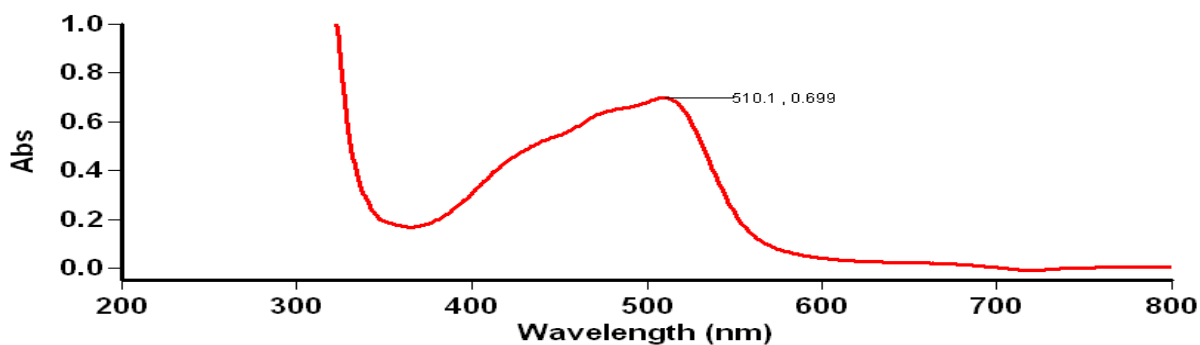


Gambar 4.2 Struktur 1,10-fenantrolin.

4.1.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Besi(II)-Fenantrolin.

Penentuan panjang gelombang maksimum senyawa kompleks dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dari senyawa $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Hal ini dikarena pada panjang gelombang maksimum

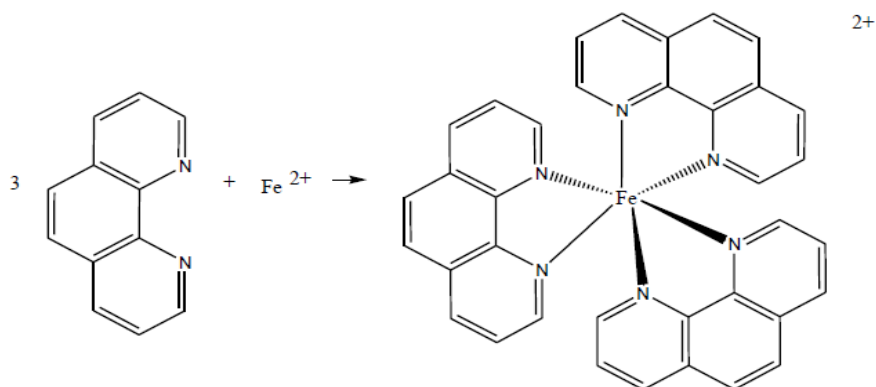
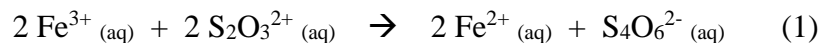
terjadi perubahan absorbansi terbesar untuk santuan konsentrasi yang kemudian diperoleh kepekaan dan selektivitas maksimum saat melakukan analisis lebih lanjut. Kemudian dibandingkan dengan panjang gelombang maksimum reagen 1,10-fenantrolin, untuk mengetahui interaksi yang terjadi antara reagen 1,10-fenantrolin dengan ion Fe^{2+} . Pengukuran absorbansi senyawa $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan yang terdiri dari larutan ion Fe^{2+} 10 ppm dan reagen 1,10-fenantrolin 1000 ppm. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan instrumen UV-Vis. Gambar 4.3 hasil dari pengukuran panjang gelombang maksimum kompleks:



Gambar 4.3 Panjang Gelombang Maksimum Kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$

Gambar 4.3 didapati hasil panjang gelombang maksimum $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ yaitu 510,1 nm. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Tyas (2017) panjang gelombang maksimum yaitu 510 nm. Hal ini menunjukan terbentuknya senyawa kompleks yang lebih stabil antara logam Fe^{2+} dan reagen 1,10-fenantrolin membentuk senyawa

$[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Reaksi pembentukan yang terjadi antara logam Fe^{2+} dengan reagen 1,10-fenantrolin dan hibridisasinya seperti berikut:



Gambar 4.4 Struktur kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$

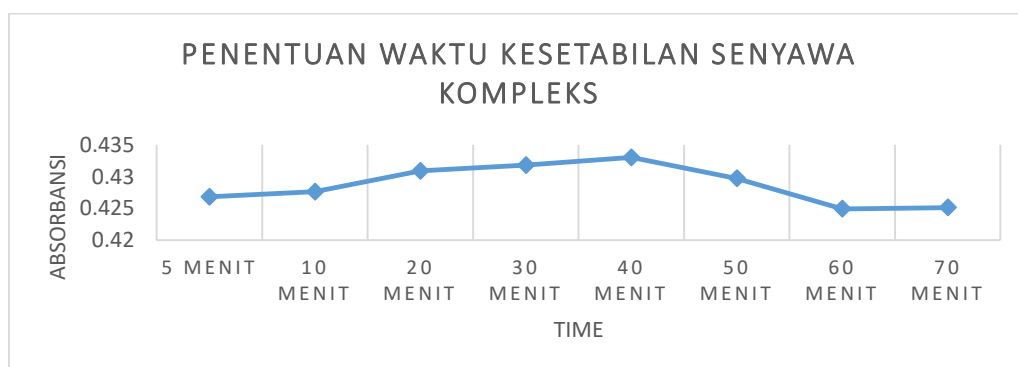
Reaksi kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ pertama, terjadi reduksi terlebih dahulu logam Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} dengan penambahan agen pereduksi natrium tiosulfat, kemudian direaksikan dengan reagen 1,10-fenantrolin. Perubahan warna yang terjadi dari warna bening menjadi warna merah jingga dan pergeseran panjang gelombang dari 264,9 menjadi 510,1 nm.

4.2 Optimasi Parameter

4.2.1 Penentuan Waktu Kesetabilan Kompleks Besi(II)-Fenantrolin.

Waktu kesetabilan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi reaksi pembentukan senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Larutan induk besi (II) direduksi menggunakan agen pereduksi senyawa natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Setelah itu, direaksikan dengan reagen 1,10-

fenantrolin hingga membentuk warna yang stabil. Pembentukan memerlukan waktu pendiaman agar semua ion Fe^{2+} dapat berikatan dengan ligan 1,10-fenantrolin. Untuk mengetahui tingkat kesetabilan kompleks Fe^{2+} dengan 1,10-fenantrolin, maka perlu dilakukan pengukuran waktu kesetabilan. Pengaruh lama waktu pendiaman larutan ditentukan dengan melakukan variasi waktu dari 0 sampai 70 menit dengan rentang 10 menit. Penentuan waktu optimum senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ dilakukan pada keadaan asam pH 4,5 dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maks 510,1 nm. Data yang diperoleh berupa nilai absorbansi kemudian di plot terhadap waktu (menit) membentuk kurva pada gambar 4.3 yang merupakan kurva waktu optimum pembentukan senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$.



Gambar 4.5 Penentuan Waktu Kesetabilan Kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$

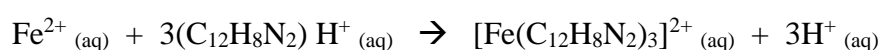
Pada gambar 4.5 menunjuka dari menit pertama di menit ke-5 nilai absorbansi semakin naik sampai menit ke-40. Semakin tingginya nilai absorbansi menunjukkan waktu dimana senyawa kompleks telah mencapai kesetabilan. Reaksi yang terjadi menit sebelum 40 antara menit ke-5 sampai waktu ke-30 menghasilkan absorbansi yang rendah dan belum stabil, karena suatu reaksi membutuhkan waktu untuk mencapai

kesetabilan. Kemudian mengalami penurunan pada menit ke-50 karena pada waktu tersebut reaksi yang terjadi sudah tidak stabil kembali atau mengalami disosiasi, yaitu dimana senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ terpisah menjadi partikel atau ion dan bisa kembali ke seperti semula sehingga mengalami penurunan absorbansi. Hal ini dapat disimpulkan pada rentang menit ke-5 sampai menit ke-40 larutan kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ adalah waktu yang stabil untuk melakukan analisis.

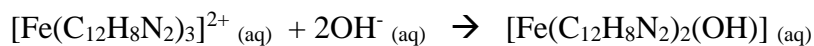
4.2.2 Penentuan pH Optimum Pembentukan Kompleks Besi(II)-Fenantrolin

Senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ memiliki warna merah jingga stabil pada kondisi asam maupun basa di rentang 2 sampai 9. Namun, pada penelitian ini dilakukan analisis senyawa kompleks pada kondisi asam dengan menggunakan larutan buffer asetat sebagai buffer asam. Buffer tersebut akan menjaga kesetabilan senyawa kompleks dari $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Buffer asam terdapat ion H^+ , dimana H^+ tersebut merupakan salah satu ligan yang dapat berkompetisi dengan reagen 1.10-fenantrolin dalam pembentukan senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. ligan 1,10-fenantrolin memiliki sifat yang lebih kuat dibandingkan dengan H^+ akan tetapi ligan H^+ dapat mendesak dan menggantikan satu molekul ligan 1.10-fenantrolin dan membentuk senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ yang ditujukan dengan warna kuning kecoklatan.

Ligan 1,10-fenantrolin merupakan basa lemah yang bereaksi untuk membentuk ion phen H^+ dalam suasana asam. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

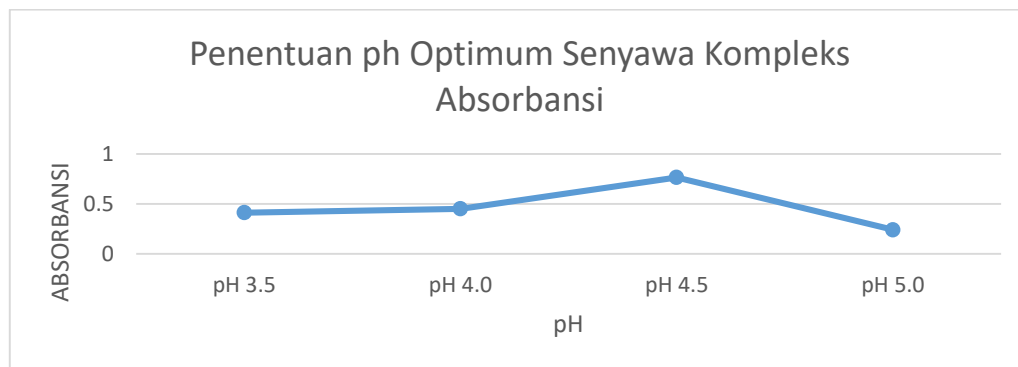


Sedangkan dalam suasana basa yang berlebih, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Penentuan pH optimum kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ dilakukan untuk mendapatkan pH terbaik dalam menjaga kestabilan kompleks. Varian buffer yang digunakan mulai dari 3,5; 4,0; 4,5; dan 5,0. Untuk mengetahui pengaruhnya terhadap absorbansi dari larutan kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ yang diukur pada lamda maks 510.1 nm. Gambar 4.4 merupakan kurva hasil pengukuran pH optimum suasana asam.

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui pH optimum senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ adalah pH 4,5. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu oleh Devita (2017) yang menganalisis penentuan pH optimum kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ dimana hasil yang didapatkan adalah pH 4,5. Karena pH 4,5 memberikan warna yang stabil pada senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan pada pH sebelumnya pH 3,5 dan pH 4 menghasilkan nilai absorbansi yang rendah dibandingkan pH 4,5 karena pada daerah pH tersebut reagen 1,10-fenantrolin kemungkinan masih mangikat atom H sehingga mengakibatkan kompetisi dengan logam Fe^{2+} . Hal tersebut yang membuat senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ tidak stabil dan menurunkan nilai absorbansi. Kemudian Pada pH 5 nilai konsentrasi senyawa $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ turun kembali. Hal tersebut karena konsentrasi Fe^{2+} pada suasana pH 5 juga sudah tidak stabil dan membentuk hidroksinya menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_2$.



Gambar 4.6 Penentuan pH Optimum Senyawa Kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$

4.2.3 Uji Selektivitas

Uji selektivitas senyawa reagen fenantrolin dilakukan untuk mengetahui keselektivitas reagen tersebut terhadap logam utama Fe^{2+} dengan adanya logam pengganggu Cu^{2+} sebagai interferensi. Selektivitas sendiri merupakan kemampuan alat untuk memberikan sinyal suatu analit tanpa terganggu analit lainnya. Sesuai dengan pernyataan Amelia, Inka (2018) selektivitas merupakan ukuran sejauh mana sensor memiliki kemampuan menyeleksi gas yang mau dideteksi. Dalam penelitian ini dimana reagen mampu memberikan suatu sinyal adanya logam Fe^{2+} tanpa terpengaruhi oleh adanya logam lain. Penelitian ini, dilakukan penambahan campuran dari 2 ion berbeda dengan konsentrasi yang sama, dimana salah satunya sebagai logam pengganggu. Salah satu logam tersebut diberi volume yang sama dan salah satunya lagi (logam pengganggu) diberi volume yang berbeda. Menurut (Tyas, 2017) penambahan logam pengganggu dapat menyebabkan adanya kompetisi dalam pembentukan senyawa kompleks dengan reagen fenantrolin. Hal

tersebut dapat dilihat dengan terjadinya perubahan kenaikan atau penurunan nilai absorbansi setelah diberi tambahan ion pengganggu. Hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Data Absorbansi Uji Selektifitas

No	V ₁ Fe ²⁺ 10 ppm (mL)	V ₂ Cu ²⁺ 10 ppm (mL)	Absorbansi
1	1.5	0.0	0.2110
2	1.5	0.3	0.1470
3	1.5	0.6	0.0865
4	1.5	0.9	0.0294

Hasil penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1 nilai absorbansi perbandingan konsentrasi dengan perbedaan volume logam Fe²⁺ dengan logam Cu²⁺ pengganggu mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan ketidak selektivan reagen fenantrolin terhadap logam Fe²⁺ jika terdapat logam- logam lainnya yaitu logam Cu²⁺. Adanya logam Cu²⁺ dapat mengganggu pembentukan senyawa kompleks [Fe(fenantrolin)₃]²⁺. Logam Cu²⁺ termaksud golongan logam transisi yang memiliki kesamaan sifat dengan Fe. Ion Cu²⁺ memiliki orbital kosong seperti ion Fe²⁺, orbital kosong tersebut yang menyebabkan terjadinya kompetisi antara ion untuk berikatan dengan 1,10-fenantrolin (Tyas, 2017).

4.3 Pembuatan Sensor Kimia Fe²⁺ Bentuk Stik.

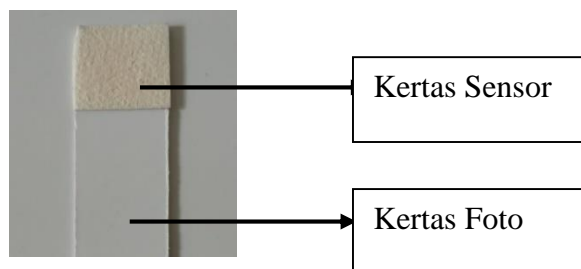
Proses pertama pembuatan sensor kimia yaitu preparasi sol gel yang berfungsi untuk membuat lapisan aktif sensor dengan penambahan reagen

didalamnya. Campuran senyawa kimia yang digunakan adalah TEOS, 1,10-fenantrolin, natrium tiosulfat dan larutan buffer pH 4,5. TEOS berfungsi sebagai perkusor dalam pembuatan gel, Konsentrasi reagen yang digunakan yaitu konsentrasi 1000 ppm berfungsi untuk menangkap senyawa analit berupa Fe^{2+} dalam sampel, larutan buffer pH 4.5 berfungsi untuk mempertahankan pH optimum reaksi senyawa kompleks $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$. Reaksi hidrolisis melibatkan air untuk memutuskan ikatan pada TEOS sehingga terbentuk sol yaitu silanol. Kemudian antara silanol dengan TEOS maupun silanol dengan silanol membentuk siloksan.

Pembuatan campuran bahan akuades, TEOS, reagen dan buffer pH 4.5 dilakukan dengan pengadukan menggunakan *stirrer* selama ± 18 jam agar tercampur maksimal. Hasil yang didapatkan yaitu berupa larutan homogeny dan kental seperti gel. Gel tersebut dilapiskan diatas kertas *Whatman* dan didiamkan selama 24 jam dalam kondisi tertutup pada saat proses pengeringan. Pengeringan dalam suhu ruang menghasilkan *xerogel* (Fernandez, 2011).

Kertas yang sudah terlapisi oleh gel menjadi *interface* dari sensor yang dapat mengidentifikasi analit ion Fe^{2+} . Kertas sensor kemudian di tempelkan diatas kertas foto pada bagian ujung (Gambar 4.7). Sesor yang sudah jadi dan kering akan mengalami mengalami keretakan, sesuai dengan pendapat Gawel, dkk. (2020) dinding pori dari lapisan gel dapat menjadi retak setelah terjadinya penguapan pelarut. Menguapnya pelarut menyebabkan pori-pori lapisan menyusut dan menjadi rapat sehingga

mengalami terjadinya keretakan. Selain itu, senyawa kimia natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) yang ada di dalam sensor mempunyai kestabilan pada suhu ruang. Hal ini sesuai dengan Day (1989) yang menyatakan bahwa natrium tiosulfat merupakan salah satu pereduksi yang dapat disimpan dalam waktu yang lama tanpa mengalami oksidasi oleh udara.



Gambar 4.7 Stik Alat Sensor Kimia

4.5 Uji Waktu Respon.

Uji waktu respon dilakukan untuk mengetahui waktu pertama kali sensor mengalami perubahan warna dikarenakan reaksi antara reagen fenantrolin dengan logam Fe^{2+} . Hasil yang didapat yaitu pada detik ke 60 terjadi perubahan warna yang merupakan reaksi antara logam Fe^{2+} terhadap alat sensor yang terdapat reagen fenantrolin di dalamnya. Semakin cepat reaksi perubahan warna yang terjadi, maka semakin bagus alat sensor yang di buat. Hal ini sesuai dengan Huanicki, dkk. (1991) yang mengatakan semakin cepat waktu respon sensor maka semakin baik alat sensor tersebut. Gambar 4.999 hasil warna yang di peroleh pada detik ke 60:



Gambar 4.9 kertas sensor sudah di uji Fe^{2+} .

4.4 Pembuatan Deret Intensitas Warna Terhadap Berbagai Konsentrasi.

Pembuatan deret intensitas warna dibuat sebagai pembandingan dalam menganalisis logam Fe^{2+} secara kualitatif dan semikuantitatif secara visual dilihat dari perbandingan warna. Hasil deret intensitas warna yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.8:

INTENSITAS WARNA Fe^{2+}				
10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm

Gambar 4.8 Deret Intensitas Warna Sensor Fe^{2+}

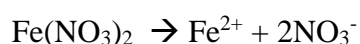
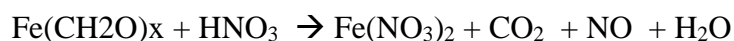
Hasil dari deret intensitas warna dapat dilihat gambar 4.8. Semakin tinggi nilai konsentrasi maka semakin pekat warna yang di hasilkan yang menandakan semakin tinggi intensitas warna yang terbentuk. Hal ini

dikarenakan semakin banyak senyawa $[\text{Fe}(\text{fenantrolin})_3]^{2+}$ yang terbentuk.

4.6 Uji Sampel Air Lindi

4.6.1 Preparasi Sampel Air Lindi

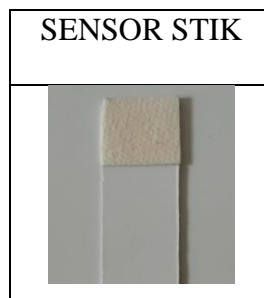
Sampel limbah air lindi yang akan di uji menggunakan stik sensor, terlebih dahulu dilakukan preparasi dengan cara di destruksi. Proses destruksi menurut Wulandari (2012) bertujuan untuk memutus ikatan organologam menjadi ion bebas. Proses yang dilakukan yaitu proses destruksi cair dengan cara menambahkan asam nitrat pekat (HNO_3) 68% dan dipanaskan. Penambahan asam nitrat berfungsi untuk memutuskan ikatan organologam dan pemanasan untuk mempercepat reaksi pemutusan dari asam nitrat (Wulandari dan Sukei, 2013). Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



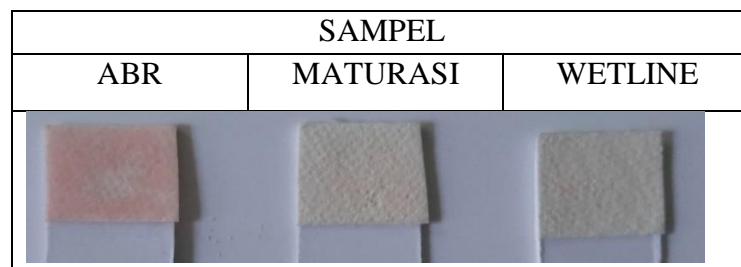
Senyawa organik dapat dimisalkan dengan $(\text{CH}_2\text{O})_x$ dan dikomposisi oleh HNO_3 sehingga logam Fe akan terlepas dari ikatannya dengan senyawa organik. Logam Fe akan diubah menjadi senyawa garamnya menjadi $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2)$ yang mudah larut dalam air. Proses destruksi ini juga menghasilkan gas-gas seperti CO_2 dan NO (Wulandari dan Sukei, 2013)

4.6.2 Uji Kinerja Sensor Terhadap Sampel Air Lindi.

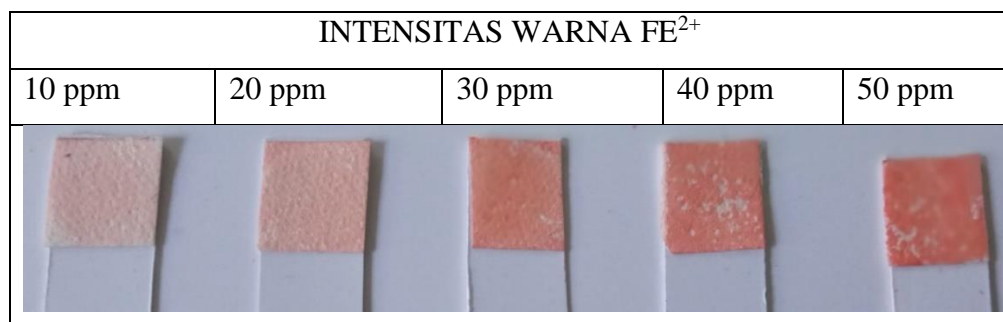
Uji kinerja alat sensor Fe^{2+} yang dilakukan untuk menguji sampel limbah air lindi dengan menggunakan alat sensor Fe^{2+} bentuk stik. Hasil dari perubahan warna yang diperoleh dibandingkan dengan deret intensitas warna yang sudah di buat. Hasil analisis kadar Fe^{2+} dapat dilihat pada gambar 4.11:



Gambar 4.10 Sensor stik sebelum di uji sampel



Gambar 4.11 hasil analisis kadar logam Fe^{2+} pada sampel



Gambar 4.12 Deret intensitas warna

Gambar 4.11 merupakan gambar warna pada sampel limbah air lindi, Gambar (4.12) merupakan gambar dari deret intensitas warna logam Fe^{2+} dan Gambar (4.10) merupakan gambar dari alat sensor stik yang belum dilakukan pengujian sampel. Gambar-gambar tersebut memiliki hasil warna yang berbeda. Dilihat dari warna stik sensor yang belum dilakukan pengujian sampel memiliki warna yang putih sedikit kecoklatan. Sedangkan deret intensitas warna memiliki warna yang stabil sesuai dengan konsentrasi larutan standar kompleks besi(II)-fenantrolin, dapat dilihat semakin tinggi konsentrasi besi(II)-fenantrolin semakin pekat warnanya. Pada gambar sensor yang sudah dilakukan uji sampel dapat dilihat sampel ABR menghasilkan warna merah mudah, sampel MATURASI dan WETLINE tidak menghasilkan warna merah ataupun merah muda.

Sehingga jika dibandingkan dari gambar-gambar tersebut, hasil analisis kadar Fe^{2+} menggunakan sensor stik pada sampel pertama (ABR) menghasilkan warna merah mudah dengan konsentrasi ± 10 ppm. Sedangkan sampel kedua (MATURASI) dan sampel ketiga (WETLINE) tidak menghasilkan warna merah maupun merah muda. Hal ini dikarenakan pada sampel kedua dan ketiga memiliki kadar logam Fe^{2+} dibawah konsentrasi 10 ppm. Menurut Peraturan Daerah provinsi Jawa Tengah N0. 5 tahun 2012 baku mutu Fe pada limbah adalah 5 ppm (Peraturan Daerah, 2012). Metode tersebut yang berada diatas ambang batas dari ketiga sampel hanya sampel ABR. Sampel lainnya (MATURASI dan WETLINE) tidak terdeteksi menggunakan metode sesor stik kimia.

Perlu metode lain seperti menggunakan instrument Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

4.6.3 Uji Perbandingan dengan Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel limbah air lindi yang sudah didestruksi kemudain dianalisis menggunakan instrumentasi SSA untuk mengetahui kadar Fe^{2+} dalam sampel. Hasil kadar Fe^{2+} yang diperoleh menggunakan Instrumentasi dapat dilihat pada tabel 4.111:

Sampel	Konsentrasi Fe^{2+} (ppm)	Kadar Fe^{2+} alat sensor (ppm)
<i>ABR</i>	9.72	± 10
<i>MATURASI</i>	5.00	Tak terdeteksi
<i>WETLINE</i>	5.47	Tak terdeteksi

Hasil penentuan kadar Fe^{2+} apabila dibandingkan dengan hasil penentuan kadar menggunakan stik sensor memiliki hasil yang hampir sama. Hasil tersebut bisa dibandingkan dengan deret intensitas warna pada sensor stik Fe^{2+} . Kadar Fe dalam limbah air lindi memiliki kadar yang melebihi ambang batas yaitu 5 ppm. Hal ini dikarenakan menumpuknya limbah air lindi yang berasal dari tumpukan sampah umum yang terdapat bahan-bahan yang terbuat dari besi.

4.7 Pembuatan Alat Sensor dalam Perspektif Islam

Memahami alam merupakan suatu bagian yang tak terpisahkan agar terjadi keseimbangan dan keharmonisan antara manusia dengan lingkungan alam tetap terjaga. Kelestarian dan keharmonisan ini, digambarkan oleh Imaduddin bahwa keharmonisan itu telah dijamin oleh

Allah swt. Setelah itu, Allah memberikan tatangan kepada manusia untuk meneliti andai manusia menemukan kecacatan, kerusakan atau ketidak sempurnaan didalam penciptaannya. Firman Allah swt dalam Q.S Al-Mulk : 3-4.

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَّا تَرَى فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ فَأرْجِعِ الْبَصَرَ هَل تَرَى مِن فُطُورٍ
 ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ حَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ

Artinya: (3) yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan tuhan yang maha pemurah sesuatu yang tidak seimbang? (4) kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali padamu dengan tidak menemukan sesuatu yang cacat dan penglihatanmu itupu dalam keadaan payah (QS. Al-Mulk: 3-4)

Ayat tersebut dapat kita pahami bahwa sesungguhnya Al Quran mengarahkan manusia melihat dan meneliti alam dan menemukan ayat-ayat yang mengatur fenomena alam. Alam raya ini adalah kitab Allah yang pertama diturunkan sebelum kitab-kitab lainnya yang berbentuk wahyu-wahyu menurut Ibnu Rusyd. Gejala alam telah berkata kepada mereka yang mau menggantikan ayat-ayat allah yang sudah dipatuhi itu (Imaduddin, 2002).

Manusia wajib menjaga dan merawat lingkungan hidup agar tetep lestari dan alami. Hal ini, karena lingkungan tidak terlepas dari kehidupan manusia. Akan tetapi di zaman sekarang kebanyakan manusai lalai terhadap lingkungan. Manusia tidak mau bertanggung jawab atas perbuatannya yang mengakibatkan kerusakan-kerusakan terhadap

lingkungan. Fenomena tersebut itupun sesuai dengan firman Allah swt dalam Q.S Ar-Rum: 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

٤١

Artinya: telah tampak kerusakan di darat dan dilaut yang disebabkan karena perbuatan tanga-tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka mau kembali kejalan yang benar (QS. Ar-Rum: 41).

Ayat tersebut sudah menjelaskan bahwa kerusakan-kerusakan lingkungan kebanyakan merupakan akibat dari perbuatan manusia itu sendiri. Namun, kita sebagai manusia yang merupakan khalifah (pemimpin) di bumi ini mempunyai tanggung jawab menjaga dan menyeimbangkan antara kehidupan manusia dengan lingkungannya. Sesuai dengan Undang-Undang RI No 23 Tahun 1997 yang menjelaskan pengertian lingkungan itu sendiri yang dimana melibatkan peranan manusia dan perilakunya dalam mensejahterakan makhluk hidup dan dirinya. Karena pada dasarnya manusia itu berkewajiban dan bertanggung jawab paling besar terhadap lingkungan dibandingkan dengan makhluk ciptaan lainnya.

Manusia dianugrahi oleh Allah sebuah akal dan dengan akal itulah Allah menurunkan agama. Agama sebagai pedoman dalam kehidupan dan sebuah dasar untuk mengatur hubungan dengan tuhan dan hubungan dengan lingkungan alam semesta. Manusia dan agama adalah bagian dari

lingkungan hidupnya, sehingga dijadikannya manusia sebagai khalifah di bumi. Hal ini sesuai dengan firman Allah swt dalam surat Al-Baqarah: 30:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰٓئِكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗ قَالُوْۤا اَتَجْعَلُ فِيْهَا مَن يُفْسِدُ فِيْهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَآءَ
وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ اِنِّيْۤ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ ۝۳۰

Artinya: Ingatlah ketika tuhanmu berfirman kepada para malaikat: “Sesungguhnya aku hendak menjadikan seseorang khalifah di muka bumi” Mereka berkata: “Mengapa engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji engkau dan mensucikan engkau?” Tuhan berfirman: “Sesungguhnya aku mengetahui apa yang tidak engkau ketahui” (Q.S Al-Baqarah: 30)

Manusia diangkat sebagai khalifah oleh Allah di bumi diamanti agar menjaga dan melestarikan alam jangan sampai rusak. Manusia diperbolehkan menggali kekayaan alam, mengolahnya dan memanfaatkannya sebagai bekal untuk beribadah kepada Allah. Akan tetapi, pada kenyataannya kebanyakan manusia memiliki sifat tamak dan rakus sehingga penggalian itu tidak terkendalikan dan mengakibatkan berbagai bencana alam, seperti tanah longsor, banjir kekeringan dan udara bisa tercemar. Kerusakan lingkungan tersebut berakibat kesensaraan pada diri manusia itu sendiri.

Oleh karena itu manusia diperintahkan untuk mempelajari sejarah sebelumnya bahwa banyak manusia terdahulu menjadi sengsara akibat

tidak menghiraukan suruan Allah swt, dan kebanyakan mereka berbuat kufur dan musyrik kepada tuhan mereka.

Allah pun melarang manusia untuk berbuat kerusakan di bumi, tetapi sebaliknya menyuruh manusia untuk berdoa agar menjadi orang baik, karena rahmat Allah itu dekat kepada orang-orang yang berbuat kebaikan. Allah berfirman dalam Q.S Al-A'raf : 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ٥٦

Artinya: dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah padanya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan (Q.S Al-A'raf:56).

Allah melarang manusia untuk berbuat kerusakan, baik dilaut, didarat maupun diudara. Karena kerusakan akibat dari tangan manusia itu akan membahayakan pada tata kehidupan manusia itu sendiri, seperti pencemaran udara, rusaknya tatanan alam dan bencana alam. Ayat tersebut Allah menyuruh untuk berdoa padanya dan bersyukur atas karunia yang di berikan padanya, sehingga alam yang telah di berikan oleh Allah itu mendatangkan rahmat, manfaat serta nikmat bagi kehidupan manusia supaya beribada kepada Allah dan menjadikan manusia sebagai makhluk yang muhsinin.

Logam berat sangat berbahaya apabila sudah tercemar di lingkungan. Salah satu contohnya jika limbah air lindi yang memiliki kadar diatas ambang batas kemudian mengalir ke air sungai, maka air

tersebut ikut tercemar. Salah satu jenis logam berat yang ada dalam limbah air lindi dan bisa mencemari air sungai yaitu logam Fe (besi), besi yang ada dalam air lindi yaitu berasal dari tumpukan-tumpukan sampah yang mengandung besi. Seperti baterai, alat-alat elektronik yang berkarat atau besi-besi yang telah berkarat dan di buang ke pembuangan sampah. Air sungai kemudian menjadi tidak layak digunakan karena sudah tercemar oleh logam berat, apabila digunakan akan berdampak pada kesehatan tubuh seperti tekanan darah tinggi, kerusakan sel darah merah dan kulit bisa gatal-gatal.

Penelitian ini membuat alat sensor kimia dengan menggunakan metode sol gel yang kemudian digunakan untuk mendeteksi adanya logam Fe^{2+} pada limbah air lindi. Ketika alat sensor kimia tersebut diujikan terhadap sampel yang mengandung logam Fe^{2+} , sensor tersebut dapat memberikan perubahan warna yang signifikan dari yang tidak berwarna kemudian menjadi warna kemerahan. Perubahan warna tersebut menandakan kadar Fe^{2+} dalam sampel. Hasil yang didapatkan sampel limbah air lindi mengandung logam Fe di atas ambang batas.

Pembuatan alat sensor kimia memiliki tujuan sebagai suatu bentuk usaha untuk mengontrol kondisi suatu limbah secara kimiawi. Akan tetapi, pada penelitian lebih fokus untuk menganalisis adanya logam-logam berat pada limbah. Aktivitas masyarakat yang kompleks yang dapat menghasilkan bermacam-macam jenis limbah dan menjadi faktor utama sumber pencemaran logam berat pada lingkungan yang mengakibatkan terganggunya tatanan ekosistem.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum reaksi logam Fe^{2+} dan reagen 1,10-fenantrolin adalah panjang gelombang maksimum 510,1 nm, waktu kesetabilan dari menit ke-5 sampai menit ke-40, dan pH optimum yaitu pH 4,5.
2. Kinerja alat stik sensor kimia menggunakan reagen 1,10-fenantrolin dapat digunakan untuk menganalisis logam Fe^{2+} secara semikuantitatif. Hasil yang didapat sampel *ABR* menghasilkan warna merah muda (± 10 ppm) sedangkan sampel *Maturase* dan *Wetline* tidak menghasilkan warna (tak terdeteksi).
3. Kinerja alat stik sensor kimia dalam menganalisis logam Fe^{2+} hanya bisa mendeteksi satu dari tiga sampel berbeda yaitu logam Fe^{2+} konsentrasi tinggi sekitar (± 10 ppm). Dibandingkan dengan instrument SSA dari 3 sampel hanya satu sampel yang mendekati konsentrasi 10 ppm yaitu sampel *ABR* memiliki kadar Fe^{2+} 9,75 ppm. Sampel lainnya *maturase* dan *wetline* memiliki kadar Fe^{2+} 5 ppm dan 5,47 ppm.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang pengukuran menggunakan reagen lainnya yang mendukung dalam mengikat logam Fe^{2+} sehingga bisa menghasilkan warna yang lebih stabil di daerah konsentrasi terkecil.
2. Perlu penambahan parameter lainnya seperti presisi, akurasi, linieritas, *life time*, untuk mengetahui performansi alat sensor kimia.
3. Optimasi Komposisi bahan dalam membuat alat sensor menggunakan metode sol gel perlu dilakukan untuk menghasilkan lapisan gel yang lebih bagus.
4. Perlu dilakukannya uji parameter lain untuk alat sensor yang telah dibuat sebelum dilakukannya analisis ke sampel. Seperti uji pengaruh ketebalan gel yang ada di sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2010. *Al Quran & Konversi Lingkungan Argumen Konservasi Lingkungan sebagai Tujuan Tertinggi Syari'ah*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Avia. Salma 2015. Sensor Kimia Bentuk Stik dengan Menggunakan Reagen 4-(2-Pyridilazo) Resolcinol (PAR) Untuk Mendeteksi Cu^{2+} Dalam Air Sungai. *Skripsi*. Malang: Kimia UIN Malang.
- Basset, J. 1991. *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit EGC Buku Kedokteran.
- Cahyady, Boby. 2009. Studi Tentang Kesensitifan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Teknik Vapour Hydride Generation Accessories (Vhga) Dibandingkan Dengan SSA Nyala Pada Analisis Unsur Arsen (As) Yang Terdapat Dalam Air Minum”, *Tesis*, sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta : UI-Press.
- Day, M. C dan Selbin, J. 1985. *Theoretical Inorganic Chemistry 2nd Edition*. New Delhi: East-West Press.
- Effendy, G. 2007. *Kimia Koordinasi Jilid 1*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Gandjar, I.G., dan Abdul, R. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Getrost, F. 1977. *Organic Reagen For Trace Analysis*. Jerman Darmstat: E.Merck.
- Hulanicki, A, Stanislaw G., dan Folke I. 1991. Chemical Sensors Definitions and Classification. *Pure & Appl. Chem*. Volume 63, Nomor 9, Hlm 1247-1250.
- Jonnata, M., Katzir A., dan Mizaikoff B. 2002. Sol-Gel Coated Mid-Infrared Fiber-Optic Sensors. *Georgia Institute of Technology*. Volume 57, Nomor 7.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia*. Jember. Jember University Press.
- Lazic D., Jelena B. S., Penavin-Skundric, Vasiljevic L., Blagojevic D. and Obrenovic Z. (2010) Stability of Tris-1,10-Phenanthroline Iron(II)

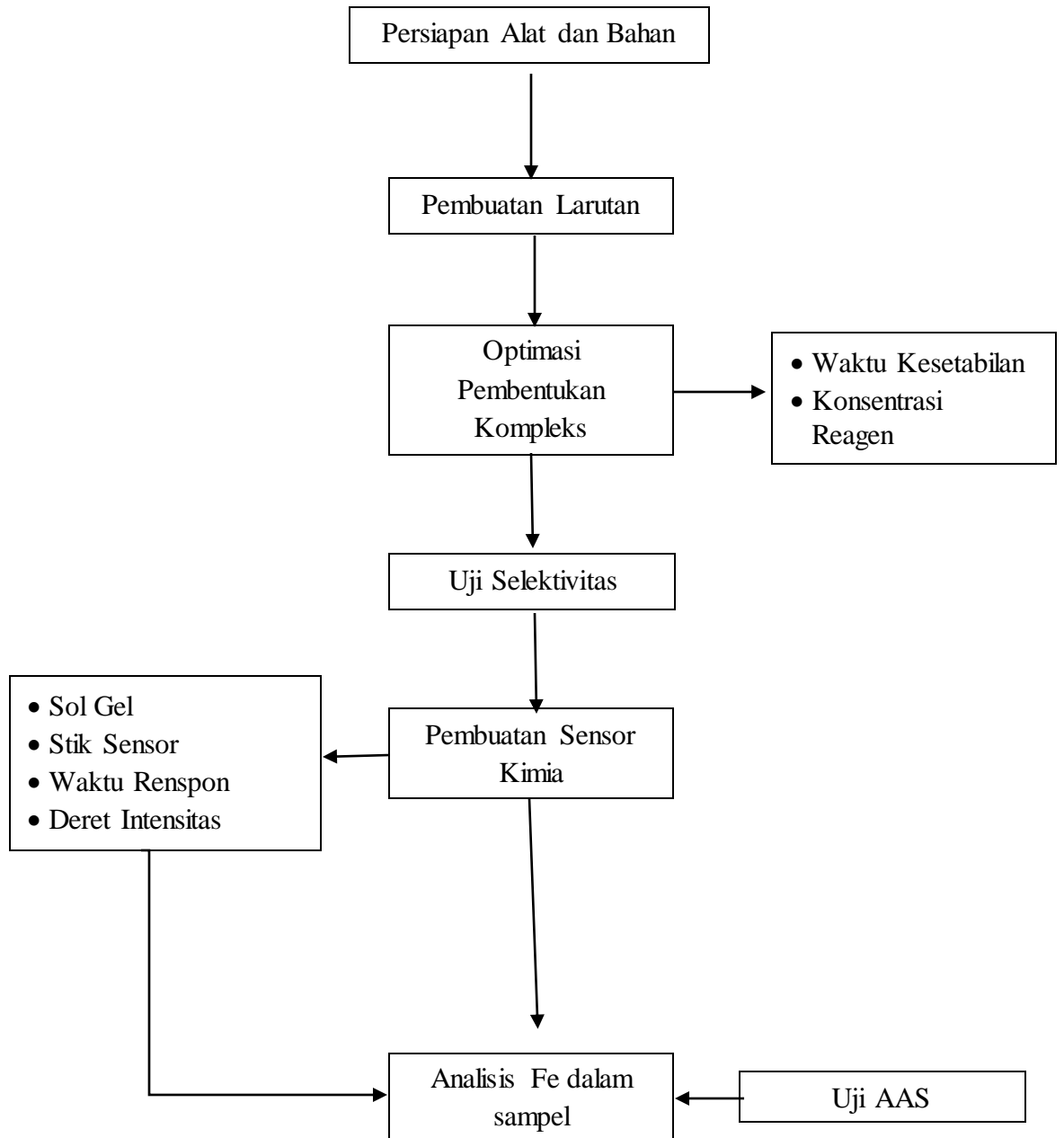
Complex in Different Composites. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 16 2, 193–198. Lalena, J.N., David A.C, Everett E.C., dan Nancy F.D. 2008. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication*. Canada: WILEY-INTERSCIENCE.

- Milea, C.A., C. Bogatu, dan A. Duta. 2011. The Influence of Parameters in Silica Sol-Gel Process. *Transilvania*. Volume 4, Nomor 1: 59-66.
- Nisa, H. 2017. Identifikasi Loga Besi (Fe) pada Zonasi 1-5 Km Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang Makasar Terhadap Pengaruh Kualitas Air Sumur gali. *Skripsi*. Makassar: Departemen Kimia Fsaintek UIN Alauddin Makassar.
- Novita, dkk,. 2014. Analisis Kandungan Logam Pb Dan Cu Pada Saluran Pembuangan Limbah Laboratorium Kimia Universitas Negeri Gorontalo Dengan Menggunakan Metode Spektropotometer Serapan Atom” *Jurnal Pendidikan Kimia*, Vol. 3.
- Nur, Azizah. 2017. Pengaruh Ion As^{3+} pada Analisa Besi(III) dengan Ligan 1,10-fenantrolin dan Tiosianat menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Skripsi*. Surabaya: Departemen Kimia FMIPA ITS.
- Palar, Heryando. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Patnaik, P. 2003. *Hand Book of Inorganic Chemicals*. New York: Mc Graw-Hill Companies.
- Poedjiadi, A., dan Titin, S. 2006. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.
- Prabowo, I.E., Ganden S., Yanuardi R. 2013. Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen $Zn(CNS)_2$ untuk Mendeteksi Rhodamin B dalam Sampel Makanan. *Skripsi*. Surabaya: Departemen Kimia Fsaintek UNAIR.
- Rahmatika, Elmi. 2020. *Awas Bahaya Mengandung Besi Tinggi, Begini Cara Mengetahuinya*. <https://www.99.co/blog/indonesia/ciri-air-mengandung-besi/> (diakses tanggal 5 September 2020)
- Rahmatullah, A. 2011. Sensor Kimia Untuk Mendeteksi Kromium (VI) dalam Air Limbah Elektroplating Menggunakan Reagen *Diphenylcarbazine*. *Skripsi*. Surabaya: Departemen Kimia Fsaintek UNAIR.
- Rizki, Ajeng. 2018. *Air Sumber Kehidupan Paling Penting*. <https://www.kompasiana.com/aajengrj/5c24216512ae94193a1a0aa9/air-sumber-kehidupan-paling-penting?page=all> (diakses tanggal 5 September 2020)

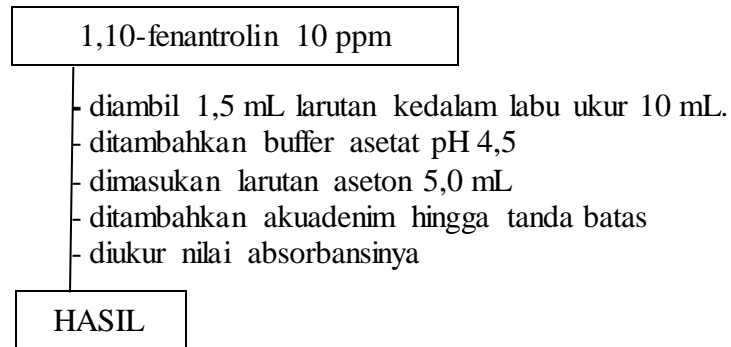
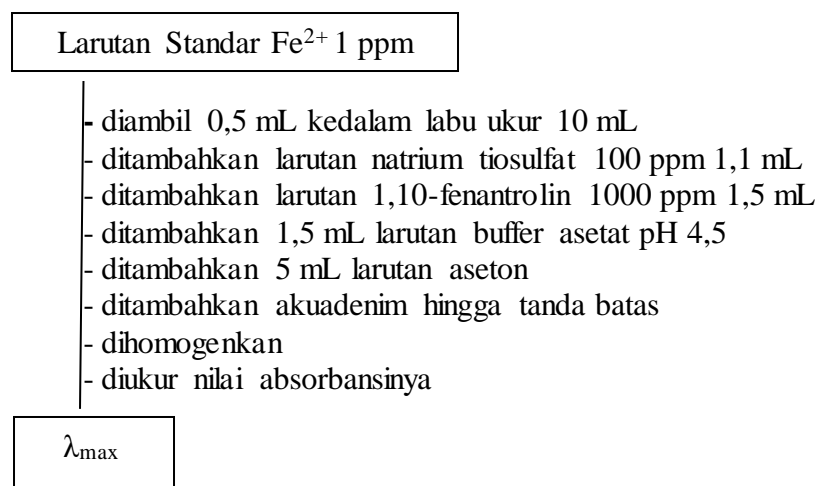
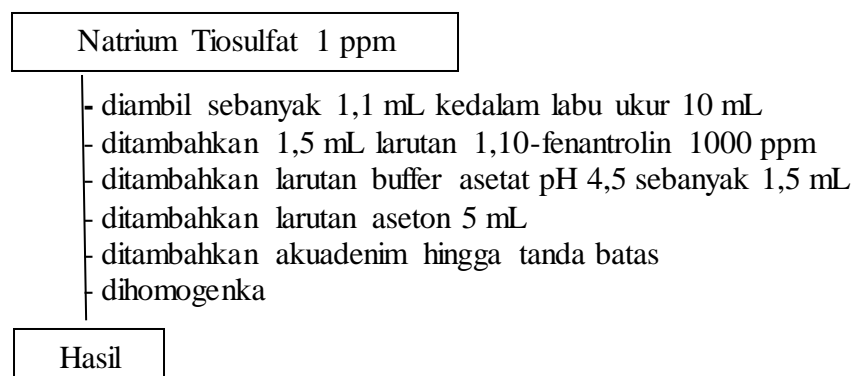
- Sasongko, Endar Budi. 2014. Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Volume 12, Nomor 2.
- Sawaluddin. 2018. Air Dalam Persepektif Al-Qur'an dan Sains. *Jurnal Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, Vol 7 No 2.
- Shihab, Quraish. M. 1997. *Wawasan Al-quran Tafsir Maudhu'I atas Pelbagai Persoalan Umat*. Bandung: Penerbit Mizan
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Svelha, G. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Edisi ke-5*. Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.
- Vogel, A. I. 1990. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Jilid 1*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Widodo, S. 2010. Teknologi Sol Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*.
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf, R. 2008. "Efek Toksik Logam" Pencegahan dan Penggulangan pencemaran. Penerbit ANDI Yogyakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian



Lampiran 2. Diagram Alir

L.2.1 Analisis Reagen**1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Reagen 1,10-fenantrolin****1.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Besi (II)-Fenantrolin****1.3 Pembuatan Blanko**

1.4 Penentuan Waktu Kesetabilan $[\text{Fe}(\text{o-phen})_3]^{2+}$

Larutan Standar Fe^{2+} 1 ppm

- diambil sebanyak 3,0 mL kedalam tabung reaksi
- ditambahkan larutan 1,10-fenantrolin 1000 ppm sebanyak 1,5 mL
- ditambahkan 1,5 mL larutan natrium tiosulfat
- ditambahkan 5 mL aseton
- diukur nilai absorbansi menit ke-0 sampai menit ke-180 dengan waktu 30 menit menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max}

Nilai Absorbansi

1.5 Penentuan pH Optimum Senyawa Kompleks $[\text{Fe}(\text{o-phen})_3]^{2+}$

Larutan Standar Fe^{2+} 1 ppm

- diambil 2,0 mL kedalam 5 tabung reaksi
- ditambahkan larutan buffer asetat pH 3,0; 4,0; 5,0 serta buffer fosfat pH 6,0 dan 7,0 sebanyak 2,0 mL
- dihomogen
- ditambahkan 1,5 reagen 1,10-fenantrolin 1000 ppm ke tiap larutan
- divortex sampai homogeny
- digunakan blanko 2,0 mL akuadenim dan 2,0 buffer (sesuai larutan)
- ditambahkan 5,0 mL aseton dan didiamkan 30 menit
- diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max} .

Nilai Absorbansi

L.2.2 Uji Selektivitas

Larutan Fe^{2+} 1 ppm

- dipipet 2,0 mL ke dalam 3 tabung reaksi (triplo)
- ditambahkan larutan Cu^{2+} 10 ppm masing-masing 0,2; 0,4; dan 0,6 mL pada tabung reaksi yang berbeda
- ditambahkan 1,0 mL larutan natrium tiosulfat 100 ppm
- ditambahkan 2,0 mL larutan buffer asetat pH 4,5
- ditambahkan 2,0 mL reagen 1,10-fenantrolin
- digunakan blanko 4,0 mL akuades
- diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max}
- dibandingkan dengan absorbansi dari $[\text{Fe}(\text{o-phen})_3]^{2+}$

Nilai Absorbansi

L.2.3 Pembuatan Sensor Kimia Fe²⁺ Bentuk Stik

3.1 Preparasi Sol Gel

1,10-fenantrolin 10 ppm

- dipipet 2,0 mL kedalam beaker glass 50 mL
- ditambahkan 1,5 mL TEOS
- ditambahkan 1,4 mL akuadenim
- ditambahkan 0,1 mL HCl 0,03 M
- diaduk menggunakan *stirrer* hingga homogen

Hasil

3.2 Pembuatan Stik Sensor

Kertas Saring *Whatman*

- dilapisi dengan gel
- dikeringkan dalam kondisi tertutup 24 jam
- dipotong dengan ukurab 1,5 x 2,0 cm
- ditempelkan pada kertas foto dengan ukuran 1,5 x 5,0 cm

Hasil

3.3 Pembuatan Deret Intensitas Warna Terhadap Berbagai Konsentrasi

Sensor Kimia Stik

- dicelupkan kedalam larutan Fe²⁺ 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm
- difoto warna yang sudah terbentuk
- dilakukan pengulangan 3 kali dengan stik yang berbeda
- dibuat daftar intensitas warna reagen terhadap konsentrasi Fe²⁺

Deret Warna

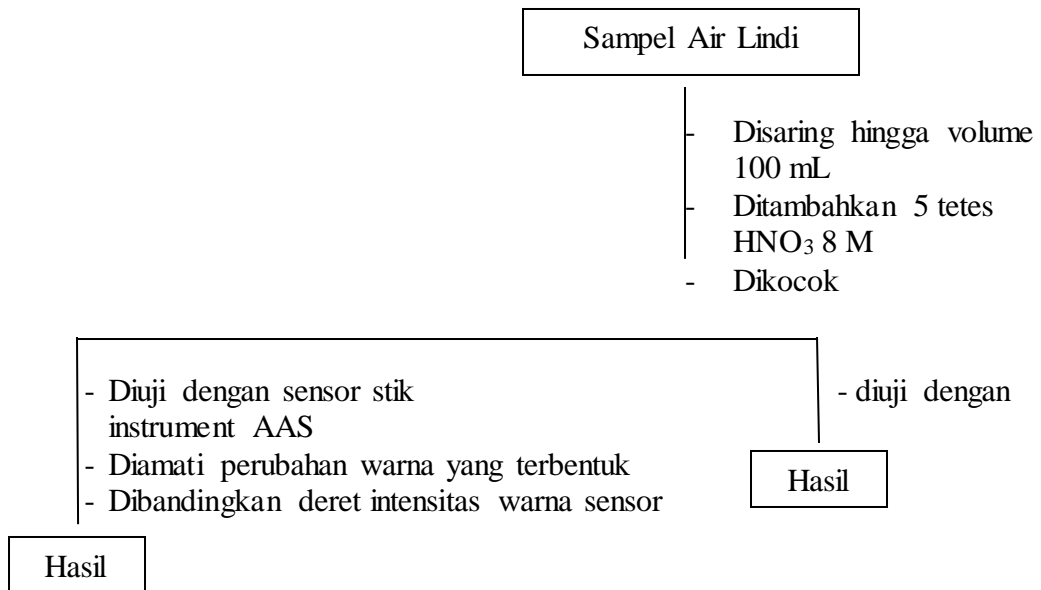
3.4 Uji Waktu Respon

Larutan Fe²⁺ 1 ppm

- diuji menggunakan sensor stik
- dicatat waktu terjadinya perubahan warna
- dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

Hasil

L.2.5 Analisis Sampel



Lampiran 3. Perhitungan

L.3.1 Perhitungan Preparasi Bahan.

1. Pembuatan Larutan Induk 1,10-fenantrolin 1000 ppm

$$ppm \text{ 1,10-fenantrolin} = \frac{\text{Massa 1,10-fenantrolin}}{\text{Volume akuadenim}}$$

$$1000 \frac{mg}{L} = \frac{\text{Massa 1,10-fenantrolin}}{10 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa 1,10-fenantrolin} = 1000 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}$$

$$\text{Massa 1,10-fenantrolin} = 10 \text{ mg}$$

$$= 0,1 \text{ gram}$$

Cara pembuatan larutan reagen 1,10-fenantrolin 1000 ppm adalah dengan menimbang 0,1 gram 1,10-fenantrolin dan ditanda bataskan dengan akuadenim hingga volume 100 mL.

2. Pembuatan larutan Induk Fe³⁺ 100 ppm

$$\frac{ppm \text{ Fe}}{ppm \text{ FeSO}_4} = \frac{Ar \text{ Fe}}{Mr \text{ FeSO}_4}$$

$$ppm \text{ FeSO}_4 = \frac{ppm \text{ Fe} \times Mr \text{ FeSO}_4}{Ar \text{ Fe}}$$

$$ppm \text{ FeSO}_4 = \frac{100 \text{ ppm} \times 152 \text{ g/mol}}{55,85 \text{ g/mol}}$$

$$ppm \text{ FeSO}_4 = 2,72 \text{ ppm}$$

$$ppm \text{ FeSO}_4 = 2,72 \text{ mg/L}$$

$$ppm \text{ FeSO}_4 = \frac{\text{massa FeSO}_4}{100 \text{ mL}}$$

$$2,72 \text{ mg/L} = \frac{\text{massa FeSO}_4}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa FeSO}_4 = 272,157 \text{ mg/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 27,215 \text{ mg}$$

$$= 0,0272 \text{ gram}$$

Cara pembuatan larutan standar Fe³⁺ 100 ppm adalah dengan menimbang 0,0272 gram FeSO₄ dan ditanda bataskan dengan akuadenim hingga volume 100 mL.

3. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 10 ppm

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

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

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Jadi, cara pembuatan larutan Fe²⁺ 10 ppm adalah dipipet 1 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

4. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 20 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

Jadi, cara pembuatan larutan Fe²⁺ 20 ppm adalah dipipet 2 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

5. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 30 ppm.

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 30 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 3 \text{ mL}$$

Jadi, cara pembuatan larutan Fe²⁺ 30 ppm adalah dipipet 3 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

6. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 40 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 40 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

Jadi, cara pembuatan larutan Fe²⁺ 40 ppm adalah dipipet 4 mL larutan induk Fe²⁺ 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

7. Pembuatan Larutan Kerja Fe²⁺ 50 ppm

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

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

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

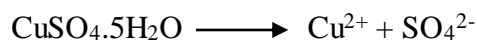
Jadi, cara pembuatan larutan Fe^{2+} 50 ppm adalah dipipet 5 mL larutan induk Fe^{2+} 100 ppm, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 10 mL dan ditandabatkan dengan akuadenim.

9. Pembuatan Larutan Induk Cu^{2+} 100 ppm

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

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

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



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

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

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

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

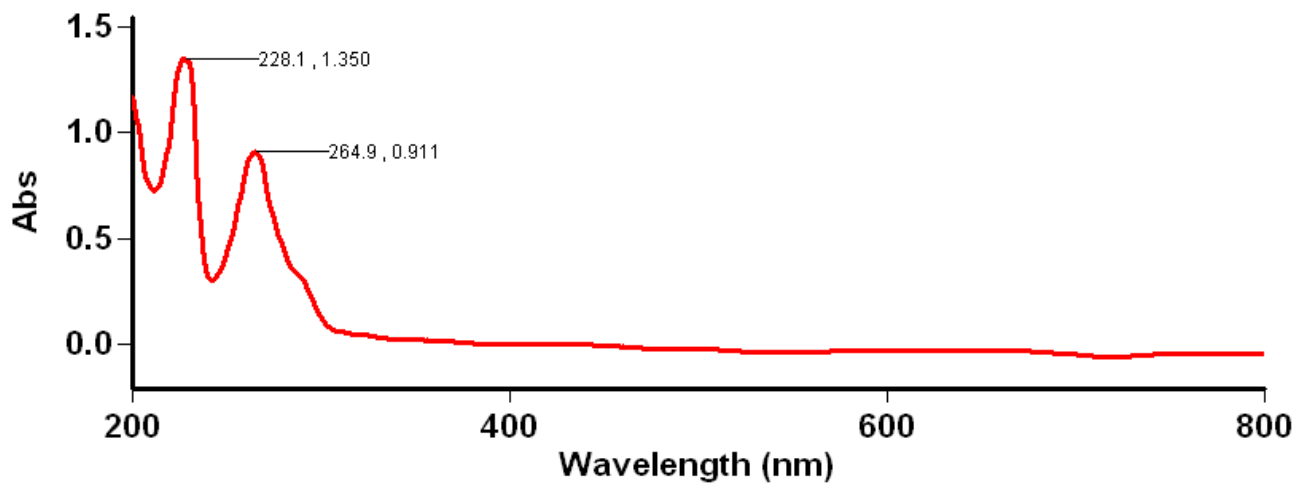
$$\text{mg CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 1,964 \text{ gram}$$

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

L.4 Hasil Analisis UV-Vis

Lamdha Maks Phenantrolin

Tanggal Analisa : 03 Februari 2021



Scan Analysis Report

Report Time : Wed 03 Feb 02:03:21 PM 2021

Method:

Batch: D:\Fatih\Lamdha Maks Phenantrolin (03-02-2021).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Phenantrolin

Collection Time 2/3/2021 2:03:26 PM

Peak Table

Peak Style Peaks

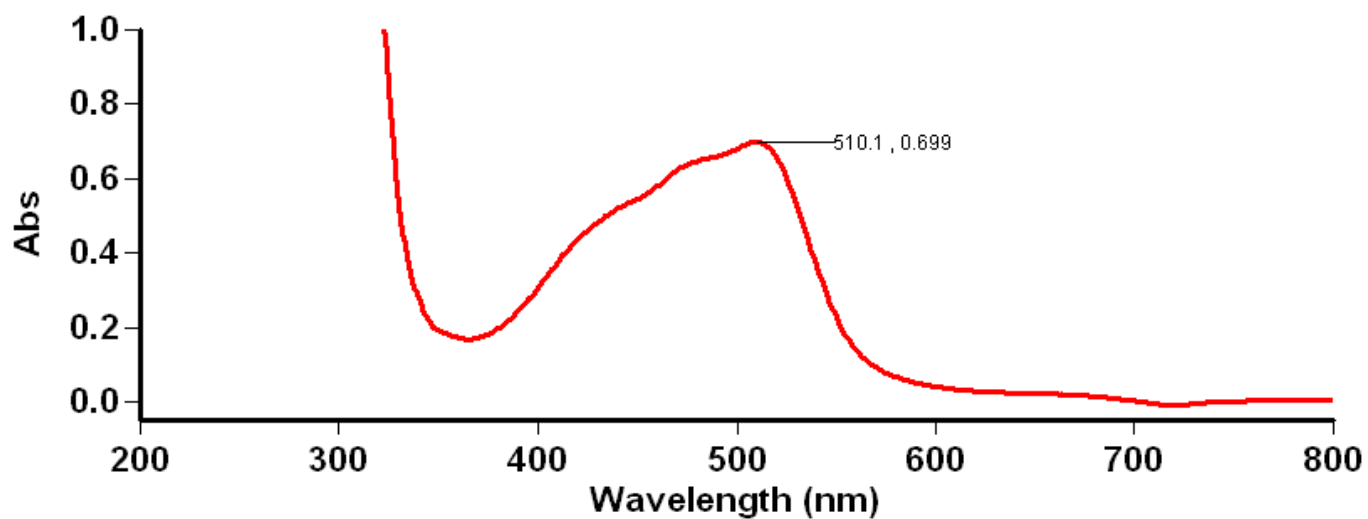
Peak Threshold 0.0100

Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
608.9	-0.027
264.9	0.911
228.1	1.350

Lamdha Maks Fe-Phen 1

Tanggal Analisa : 08 Februari 2021



Scan Analysis Report

Report Time : Mon 08 Feb 10:33:39 AM 2021

Method:

Batch: D:\Fatih\Lamda Maks Fe-Phen 1 (08-02-2021).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Fe-Phen 1

Collection Time 2/8/2021 10:34:06 AM

Peak Table

Peak Style Peaks

Peak Threshold 0.0100

Range 800.1nm to 199.9nm

Wavelength (nm) Abs

510.1 0.699

305.0	4.167
302.1	10.000
298.9	4.281
296.0	10.000
289.1	4.393
285.9	4.152
282.9	4.067
280.0	10.000
277.0	5.157
273.1	4.263
270.1	4.688
268.0	4.502
265.0	4.571
263.0	4.620
261.0	10.000
255.9	10.000
252.9	10.000
250.0	10.000
248.1	4.287
244.9	4.452
243.1	4.872
237.0	10.000
234.9	10.000
233.0	4.599
231.0	10.000
228.0	5.220

Absorbansi Fe-Phen Variasi Konsentrasi

Tanggal Analisa : 11 Februari 2021

Advanced Reads Report

Report time 2/11/2021 3:02:14 PM
 Method
 Batch name D:\Fatih\Absorbansi Fe-Phen Variasi Konsentrasi
 (11-02-2021).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 510.1
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1282)	510.1

Analysis

Collection time 2/11/2021 3:02:15 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
--------	---	------	----	------	----------

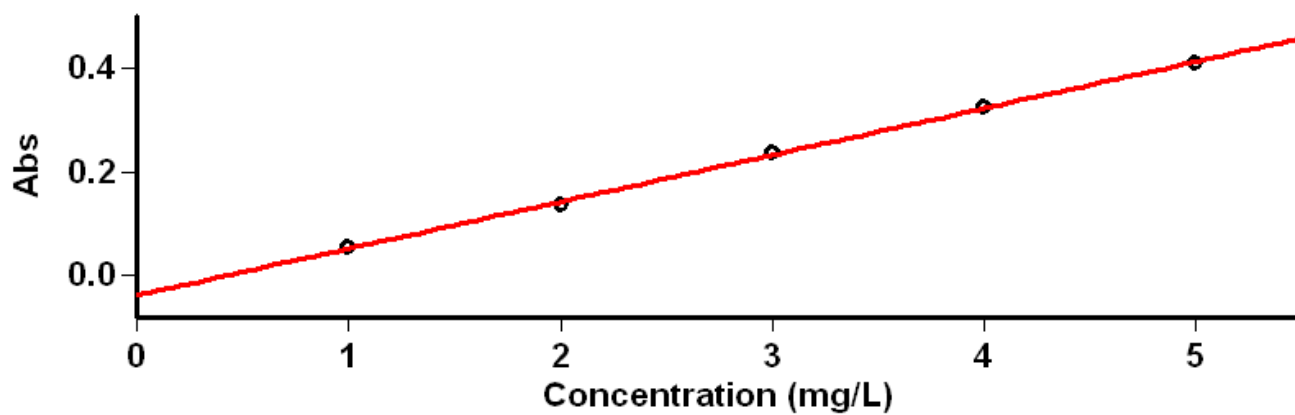
100 ppm				0.0652
				0.0649
	0.0651	0.0002	0.27	0.0652
250 ppm				0.0366
				0.0369
	0.0367	0.0001	0.37	0.0367
500 ppm				0.0515
				0.0611
	0.0560	0.0048	8.60	0.0555
750 ppm				0.0495
				0.0491
	0.0493	0.0002	0.39	0.0492
1000 ppm				0.0480
				0.0575
	0.0511	0.0055	10.70	0.0480

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Kurva Standar Fe-Phen 2

Tanggal Analisa : 22 Februari 2021



Concentration Analysis Report

Report time	2/22/2021 2:26:45 PM
Method	
Batch name	D:\Fatih\Kurva Standar Fe-Phen 2 (22-02-2021).BCN
Application	Concentration 3.00(339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	510.1
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

0.4118
5.0 0.4118 0.0001 0.02 0.4117

Calibration eqn Abs = 0.09051*Conc -0.03850

Correlation Coefficient 0.99926

Calibration time 2/23/2021 2:28:17 AM

Results Flags Legend

U = Uncalibrated

O = Overrange

N = Not used in calibration

R = Repeat reading

Absorbansi Fe-Phen Variasi pH

Tanggal Analisa : 24 Maret 2021

Advanced Reads Report

Report time 3/24/2021 1:40:05 PM
Method
Batch name D:\Fatih\Absorbansi Fe-Phen 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) 510.1
Ordinate Mode Abs
Ave Time (sec) 0.1000
Replicates 3
Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1106)	510.1

Analysis

Collection time 3/24/2021 1:40:05 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
3,5 (1)					0.3834
					0.3834
		0.3834	0.0001	0.02	0.3833
3,5 (2)					0.4034
					0.4035
		0.4036	0.0002	0.04	0.4038
3,5 (3)					0.4538
					0.4537
		0.4538	0.0001	0.01	0.4539
4 (1)					0.4706
					0.4707
		0.4708	0.0002	0.07	0.4710
4 (2)					0.4602
					0.4601
		0.4601	0.0001	0.03	0.4600
4 (3)					0.4174
					0.4172
		0.4173	0.0001	0.03	0.3173
4,5 (1)					0.7413
					0.7405
		0.7403	0.0012	0.16	0.7390
4,5 (2)					0.7728
					0.7722
		0.7722	0.0005	0.07	0.7717
4,5 (3)					0.7847
					0.7850
		0.7848	0.0002	0.02	0.7847
5 (1)					0.2151
					0.2152

	0.2152	0.0001	0.07	0.2154
5 (2)				0.2452
				0.2452
	0.2450	0.0003	0.14	0.2446
5 (3)				0.2688
				0.2691
	0.2691	0.0003	0.10	0.2693

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Absorbansi Fe-Phen Uji Selektifitas

Tanggal Analisa : 25 Maret 2021

Advanced Reads Report

Report time 3/25/2020 1:55:49 PM

Method

Batch name D:\Fatih\Absorbansi Fe-Phen Uji Selektivitas
(25-03-2021).BAB

Application Advanced Reads 3.00 (339)

Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50

Instrument version no. 3.00

Wavelength (nm) 510.0

Ordinate Mode Abs

Ave Time (sec) 0.1000

Replicates 3

Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1322)	510.0

Analysis

Collection time 3/25/2020 1:55:49 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
50:0					0.6453 0.6454
		0.6454	0.0001	0.01	0.6454
50:10 (1)					0.5131 0.5125
		0.5127	0.0004	0.08	0.5124
50:10 (2)					0.4652 0.4653
		0.4650	0.0004	0.09	0.4646
50:10 (3)					0.5478 0.5481
		0.5479	0.0001	0.02	0.5479
50:30 (1)					0.3757 0.3750
		0.3752	0.0005	0.13	0.3748
50:30 (2)					0.4100 0.4099
		0.4099	0.0001	0.04	0.4097
50:30 (3)					0.4357 0.4358
		0.4357	0.0001	0.02	0.4356
50:50 (1)					0.0453 0.0455
		0.0453	0.0002	0.35	0.0451

50:50 (2)				0.0569
				0.0580
	0.0574	0.0005	0.95	0.0573
50:50 (3)				0.0580
				0.0585
	0.0581	0.0004	0.66	0.0578

Lampiran 5. Analisis Data UV-Vis dan Perhitungan

L.5.1 Penentuan Waktu Kesetabilan

No	Waktu (menit)	Absorbansi
1	5	0.4268
2	10	0.4276
3	20	0.4309
4	30	0.4318
5	40	0.4330
6	50	0.4297
7	60	0.4249
8	70	0.4251

L.5.2 Penentuan pH optimum Kompleks [.....]

pH	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Absorbansi 3	Absorbansi Rata-Rata
3,5	0.3834	0.4036	0.4538	0.4136
4	0.4708	0.4601	0.4173	0.4518
4.5	0.7403	0.7722	0.7848	0.7657
5	0.2152	0.2450	0.2691	0.2431

1. Absorbansi Rata-rata pH 3.5

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.3834 + 0.4036 + 0.4538}{3} = 0.4136$$

2. Absorbansi Rata-rata pH 4

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.4708 + 0.4601 + 0.4173}{3} = 0.4518$$

3. Absorbansi Rata-rata pH 4.5

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.7403 + 0.7722 + 0.7848}{3} = 0.7657$$

4. Absorbansi Rata-rata pH 5

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.2152 + 0.2450 + 0.2691}{3} = 0.2431$$

L.5.3 Uji Selektivitas

Fe²⁺ 10 ppm : Cu²⁺ 10 ppm (mL)	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Absorbansi 3	Absorbansi Rata-Rata
50 : 0	0.6454	-	-	0.6454
50 : 10	0.5127	0.4650	0.5479	0.5085
50 : 30	0.3752	0.4099	0.4357	0.4069
50 : 50	0.0453	0.0574	0.0581	0.0536

1. Absorbansi Rata-rata

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.5127 + 0.4650 + 0.5479}{3} = 0.5085$$











2. Absorbansi Rata-rata

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.3752 + 0.4099 + 0.4357}{3} = 0.4069$$

3. Absorbansi Rata-rata

$$A_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.0453 + 0.0574 + 0.0581}{3} = 0.0536$$

L.6 Gambar Dokumentasi

 <p>Bahan Bahan yang digunakan</p>	 <p>Pengujian pH optimum kompleks</p>
 <p>Preparasi sampel air lindi</p>	 <p>Hasil deret intensitas warna stik</p>
 <p>Deret intensitas warna larutan</p>	 <p>Stik setelah uji sampel air lindi</p>
 <p>Pengambilan sampel</p>	 <p>Kolam lindi ABR</p>
 <p>kolam lindi wetline</p>	 <p>kolam lindi maturasi</p>