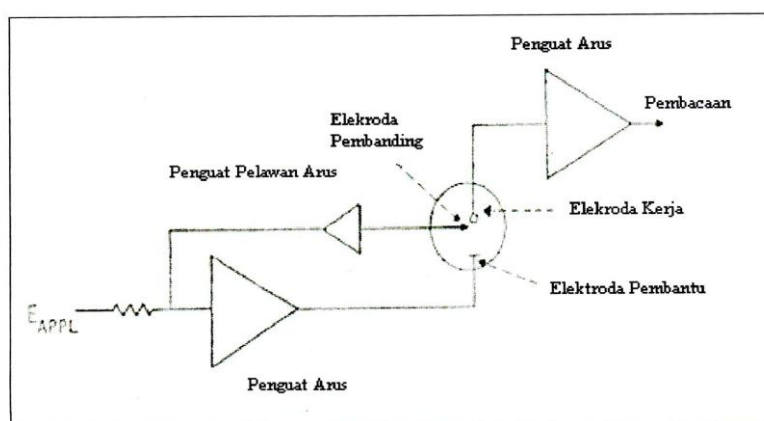


## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Teknik Voltammetri

Voltammetri merupakan suatu metode elektroanalitik dengan prinsip dasar elektrolisis (Gambar 1). Teknik voltammetri dapat digunakan untuk menganalisis senyawa-senyawa kimia yang bersifat elektroaktif, mempelajari proses reduksi dan oksidasi dibagian medium, proses adsorpsi pada permukaan, dan mempelajari jalur transfer elektron dipermukaan elektroda. Hasil analisis dengan menggunakan teknik voltammetri ini dapat diketahui dari voltammogram yang terbentuk. Analisis lebih lanjut berkaitan dengan hubungan arus sebagai fungsi dari konsentrasi analit pada potensial tertentu sehingga dapat digunakan untuk analisis kuantitatif (Wang, 2000)



**Gambar 1.** Serangkaian alat voltammetri (Bard, *et al.*, 2001)

Reaksi reduksi dan oksidasi terjadi pada permukaan elektroda kerja yang akan menghasilkan arus listrik yang terukur. Ada tiga macam arus yang dihasilkan pada teknik voltammetri, yaitu arus difusi, arus migrasi dan arus konveksi.

### **1. Arus difusi**

Merupakan arus yang disebabkan akibat perubahan gradien konsentrasi pada lapisan difusi sebanding dengan konsentrasi analit dalam larutan. Arus ini adalah arus yang diharapkan pada voltammetri karena informasi yang dibutuhkan adalah konsentrasi analit Skoog, (1998) dan Wang, (2000). Arus difusi sebanding dengan kecepatan difusi dari analit yang bersangkutan ke arah elektroda. Kecepatan difusi dalam proses perpindahan massa sebanding dengan konsentrasi sehingga arus difusi juga sebanding dengan konsentrasi.

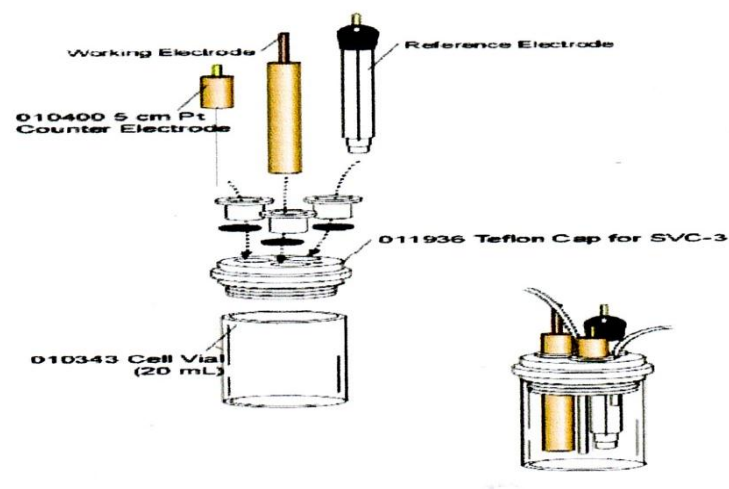
### **2. Arus migrasi**

Arus yang timbul akibat gaya tarik elektrostatis antara elektroda dengan ion-ion dalam larutan. Arus migrasi dapat diminimalisasi dengan cara penambahan larutan elektrolit pendukung.

### **3. Arus konveksi**

Arus yang timbul akibat gerakan fisik, seperti rotasi atau vibrasi elektroda dan perbedaan rapat massa. Arus konveksi diminimalisasi dengan tidak melakukan pengadukan sesaat sebelum pengukuran, untuk mempertahankan kebolehan ulangan pengukuran dan menjaga agar temperatur larutan yang diukur tetap.

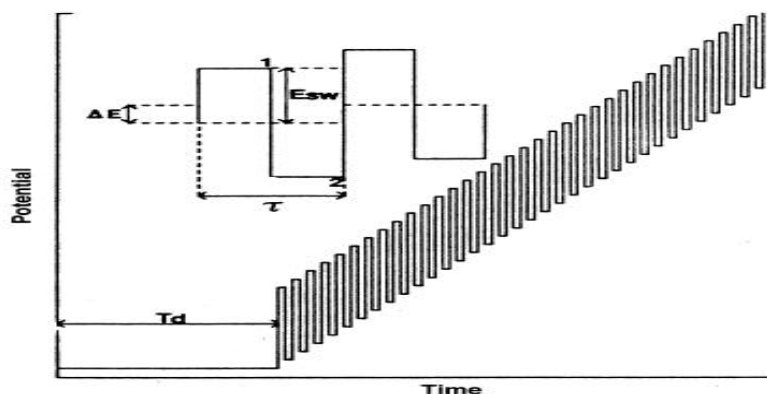
Dalam sel elektrokimia, ketiga elektroda dicelupkan dalam larutan yang mengandung analit maupun pelarut elektrolit pendukung. Elektrolit pendukung dibutuhkan pada analisis yang dikendalikan oleh potensial untuk mengurangi tahanan dari larutan dan efek elektromigrasi serta menjaga kekuatan ion. Dalam pengerjaan, elektrolit pendukung yang digunakan biasanya adalah garam anorganik, asam mineral, dan buffer. Adapun skema elektrokimia pada voltammetri, dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Sel Voltammetri (Biologic, 2000)

## **B. Voltammetri Gelombang Persegi**

Pada penelitian ini metode voltammetri yang digunakan yaitu voltammetri gelombang persegi. Voltammetri gelombang persegi adalah salah satu teknik voltammetri pulsa dengan bentuk gelombang persegi simetris pada potensial dasar yang menyerupai anak tangga. Pengukuran arus dilakukan dua kali dalam setiap siklus, pertama yaitu pada akhir pulsa maju (titik 1) dan pada akhir pulsa balik (titik 2). Adapun parameter-parameter yang digunakan pada voltammetri gelombang persegi dapat dilihat pada Gambar 3.



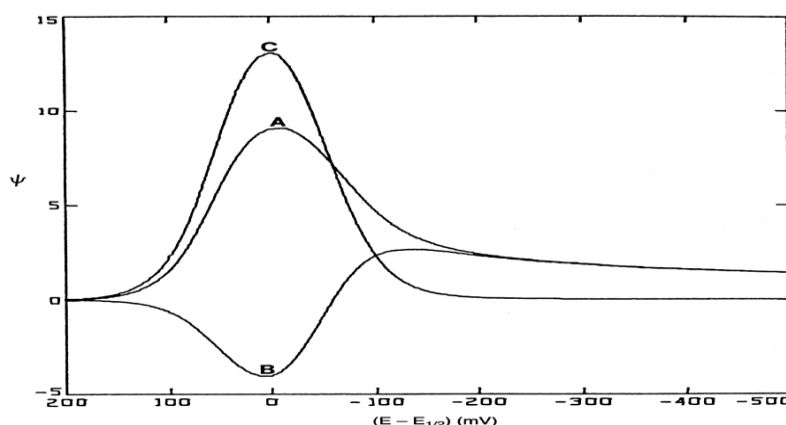
**Gambar 3.** Pemberian pulsa pada voltammetri gelombang persegi; 1: pulsa maju, 2: pulsa balik,  $\Delta E$ : tinggi kenaikan pulsa,  $E_{sw}$ : amplitudo,  $\tau$ : periode,  $T_d$ : waktu tunda (Wang, 2000).

Lebar pulsa merupakan panjang dari setiap setengah siklus yang dinyatakan dengan  $\tau$  (periode), yang dapat dinyatakan sebagai frekuensi ( $f$ ) =  $\frac{1}{2\tau}$ . Tinggi kenaikan pulsa ( $\Delta E$ ) bergeser di setiap awal siklus, sehingga laju selusur efektif yang diberikan ( $v$ ) diperoleh dari persamaan  $\Delta E/2\tau = f \cdot \Delta E$ . Semakin tinggi laju selusur, maka waktu analisis akan semakin cepat, sehingga voltammogram yang dihasilkan dapat diperoleh dalam waktu beberapa detik.

Pemberian pulsa dimaksudkan untuk menghilangkan arus muatan/arus kapasitas latar belakang dengan efektif, sehingga pembentukan voltammogram tidak terganggu dan limit deteksi yang dihasilkan dapat lebih rendah yakni  $1 \times 10^{-8}$  M atau sekitar 1  $\mu\text{g/L}$  yang tentunya bergantung pada kondisi analisis seperti elektrolit pendukung, jenis elektroda serta parameter instrumentasi lainnya (Wang, 2000).

Arus diukur pada elektroda kerja sedangkan potensial antara elektroda kerja dan elektroda acuan berbanding lurus dengan waktu. Oksidasi atau reduksi pada spesies ditunjukkan sebagai puncak atau palung dalam sinyal arus pada potensial

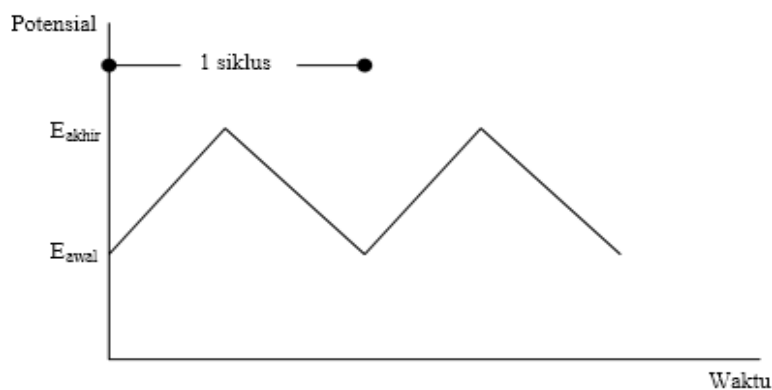
dimana spesies mulai menjadi oksidator dan reduktor. Adapun respon yang ditampilkan pada voltammetri gelombang persegi adalah seperti yang tampak pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Voltammogram voltammetri gelombang persegi (Wang, 2000)

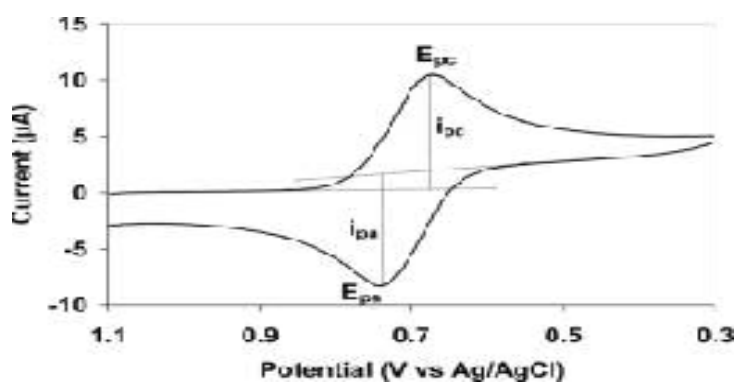
### C. Voltametri Siklik

Voltammetri siklik adalah teknik analisis umum yang digunakan dalam analisis kualitatif dari reaksi elektrokimia. Teknik ini mampu memberikan informasi mengenai termodinamika proses reduksi-oksidasi dan kinetika transfer elektron yang terjadi di permukaan elektroda. Alasan ini yang menjadi dasar penggunaan voltammetri siklik pada awal analisis dengan teknik voltammetri. Pada teknik voltammetri ini potensial diberikan dalam suatu siklus antara dua nilai beda potensial, pada awal potensial meningkat hingga maksimum kemudian turun secara linier dengan nilai kemiringan yang sama hingga kembali ke potensial awal. Siklus ini akan berulang-ulang dan harus dicatat sebagai fungsi waktu. Ilustrasi tentang teknik voltammetri siklik ini dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Sinyal eksitasi untuk voltammetri siklik

Hasil dari voltammetri siklik ini adalah hubungan antara arus dan potensial disebut voltammogram siklik seperti dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Voltammogram siklik reaksi reduksi-oksidasi

Satu dari banyak kegunaan voltammetri siklik adalah informasi kualitatif mengenai mekanisme reaksi dari proses reduksi-oksidasi. Adanya kemungkinan reaksi lain saat reduksi-oksidasi berlangsung dapat dilihat dari voltammogramnya. Perubahan pada voltammogram siklik dapat disebabkan oleh persaingan reaksi kimia untuk produk hasil elektrokimia, ini dapat dijadikan informasi mengenai jalan reaksi. Hal lain dari penggunaan voltammetri siklik ini adalah untuk mempelajari proses adsorpsi molekul elektroaktif pada permukaan elektroda.

## D. Elektroda

Elektroda merupakan komponen yang mengalami kontak langsung dengan zat yang dapat diukur. Biasanya, dalam satu sel voltammetri terdapat tiga jenis elektroda yaitu elektroda kerja, elektroda pembanding dan elektroda bantu.

### 1. Elektroda kerja

Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi atau oksidasi dari analit. Elektroda kerja biasanya digunakan sebagai salah satu elemen dalam sistem tiga elektroda. Elektroda kerja dapat berperan sebagai katoda maupun anoda tergantung dari jenis reaksi elektroda tersebut. Potensial elektroda kerja dapat divariasikan terhadap waktu untuk mendapatkan reaksi yang diinginkan dari analit. Beberapa bahan yang biasa digunakan sebagai elektroda kerja yaitu merkuri (Hg), emas (Au), platina (Pt), dan karbon inert seperti *glassy carbon* ataupun elektroda lapis tipis dan tetes raksa (Wang, 2000).

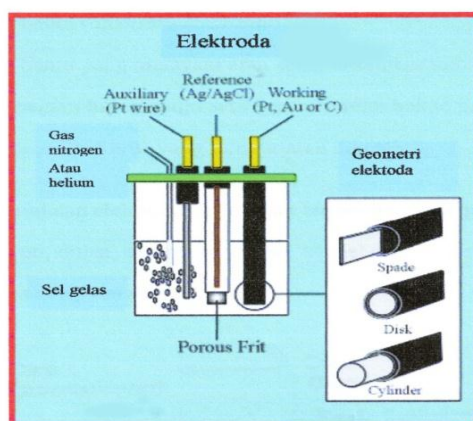
Teknik voltammetri memungkinkan penggunaan berbagai jenis elektroda kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan pengukuran. Kinerja elektroda kerja menentukan keberhasilan teknik ini. Pemilihan elektroda kerja yang digunakan bergantung pada analit yang akan dianalisis dan arus latar belakang pada daerah potensial pengukuran. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah jendela potensial elektroda, konduktivitas listrik, sifat-sifat mekanik, ketersediaan, dan toksisitas. Elektroda kerja yang paling umum dan banyak yang digunakan adalah raksa, karbon, dan logam mulia seperti platina dan emas (Wang, 2000).

## 2. Elektroda pembanding/Elektroda acuan

Elektroda pembanding adalah elektroda dengan potensial yang dibuat tetap selama pengukuran dan nilainya tidak bergantung pada jenis dan komposisi larutan yang diukur. Elektroda ini berfungsi untuk mengontrol arus yang mengalir pada elektroda kerja dan larutan. Elektroda yang umum digunakan sebagai elektroda pembanding adalah elektroda kalomel atau Ag/AgCl.

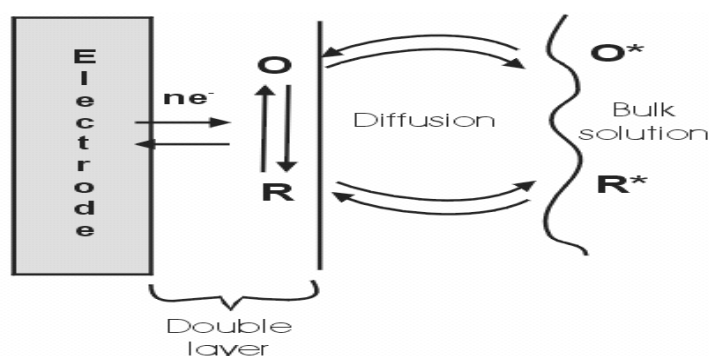
## 3. Elektroda bantu

Elektroda bantu disebut juga *counter electrode*, adalah elektroda pada sel elektrokimia bersamaan dengan elektroda kerja. Elektroda ini digunakan untuk mengalirkan arus antara elektroda kerja dan elektroda bantu, sehingga arus dapat diukur. Umumnya digunakan bahan yang bersifat inert, seperti kawat platina (Pt) atau emas (Au), dan bahkan grafit. Elektroda yang digunakan dalam voltammetri dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7 .** Elektroda yang digunakan dalam voltammetri (Biol-pasley, 2000)

Proses transfer elektron pada voltammetri sama seperti transfer elektron pada sistem elektrokimia (Gambar 8). Pada kondisi awal, larutan hanya berada dalam bentuk  $R^*$ , belum terjadi perubahan ke bentuk oksidasi  $O^*$ . Ketika ada arus yang dialirkan melalui elektroda acuan, maka proses reduksi terjadi ( $R$ ). Pada saat terjadi reduksi, suatu lapisan reduksi terbentuk. Reduksi akan berlangsung hingga mencapai titik potensial reduksi. Hal ini dapat menyebabkan arus anodik naik secara eksponensial. Arus akan naik karena merespon naiknya potensial. Saat  $R^*$  berubah menjadi  $O^*$ , terdapat konsentrasi  $R^*$  dan  $O^*$  di sekitar elektroda kerja sehingga terjadi difusi yang akan menurunkan konsentrasinya. Laju reduksi elektroda dibatasi oleh difusi sehingga arus akan turun. Pada puncak anodik, potensial redoks cukup positif, semua  $R$  akan mencapai permukaan elektroda teroksidasi menjadi  $O$ . Selusur arus sekarang tergantung pada laju transfer massa pada permukaan elektroda. Pada titik reduksi dari  $O$  ke  $R$ , selusur berbalik menghasilkan suatu arus katodik. Selusur arus terus turun sampai potensialnya mendekati potensial redoks yang akhirnya menghasilkan arus puncak katodik (Galus, 1994).



**Gambar 8.** Transfer elektron pada permukaan elektroda (Dilmore, 2004)

Dalam kebanyakan teknik eksperimen, parameter yang digunakan dibatasi oleh kemampuan bagi elektroda kerja tersebut. Oleh karena itu, satu sistem potentiostat diperlukan untuk menetapkan perbedaan kemampuan antara elektroda kerja dengan elektroda pembanding yang dikehendaki. Arus listrik mengalir di antara elektroda kerja dan elektroda bantu. Elektroda kerja pada voltammetri tidak bereaksi, akan tetapi merespon elektrolit aktif apa saja yang ada dalam sampel.

Pemilihan elektroda bergantung pada besarnya range potensial yang diinginkan untuk menguji sampel (Ewing, 1975). Ada beberapa macam arus yang dihasilkan pada teknik voltammetri, yaitu : arus difusi, arus migrasi, dan arus konveksi. Arus difusi adalah arus yang disebabkan akibat perubahan gradien konsentrasi pada lapis difusi dan besarnya sebanding dengan konsentrasi analit dalam larutan. Arus migrasi adalah arus yang timbul akibat gaya tarik elektrostatis antara elektroda dengan ion-ion dalam larutan. Sedangkan arus konveksi adalah arus yang timbul akibat gerakan fisik, seperti rotasi atau vibrasi elektroda dan perbedaan rapat massa. Arus yang diharapkan pada pengukuran secara voltammetri adalah arus difusi, karena informasi yang dibutuhkan adalah konsentrasi analit (Skoog, 1998).

#### **E. Elektroda Emas**

Elektroda merupakan konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda yang mana elektron datang dari

sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi (Faraday, 1834).

#### **F. Preparasi Larutan Koloid Emas Nanopartikel**

Preparasi larutan koloid emas nanopartikel dilakukan dengan menggunakan seperangkat sel elektrolisis dengan elektroda emas sebagai anoda dan tembaga sebagai katoda. Elektrolit pendukung yang digunakan adalah larutan NaCl. Sedangkan zat pereduksi yang digunakan adalah Na-sitrat. Na-sitrat dipilih karena selain sebagai zat pereduksi juga berfungsi sebagai zat penstabil (Rahayu, 2011). Pada sel elektrolisis potensial maksimum yang digunakan untuk sintesis emas nanopartikel adalah 55 volt (Husna, 2011).

#### **G. Larutan Elektrolit Pendukung**

Elektrolit pendukung merupakan larutan inert yang dapat berupa klorida, nitrat, dan sulfat dari Li, Na, dan K, perklorat dari Li, Na dan garam-garam dari basa tetraalkilamonium. Selain itu, larutan elektrolit pendukung juga dapat berupa garam anorganik, asam mineral dan buffer. Elektrolit pendukung yang digunakan pada analisis dikendalikan oleh potensial bertujuan untuk mengurangi tahanan dari larutan dan efek elektromigrasi serta menjaga kekuatan ion.

Syarat elektrolit pendukung diantaranya memiliki rentang potensial standar yang berbeda dari analit yang diperiksa (setidaknya 100-200 mV). Dalam pemilihan elektrolit pendukung ini, diharapkan tidak mengganggu reaksi pada elektroda.

Konsentrasi larutan elektrolit ini biasanya antara 0,01 M – 1 M (Brett dan Brett, 1994).

## H. Timah (Sn)

Timah atau *Stannum* (Sn) memiliki nomor atom 50 merupakan logam lemah berwarna putih keperakan yang sukar dioksidasi oleh udara pada temperatur kamar. Timah lebih bersifat elektronegatif dibandingkan timbal, tetapi lebih bersifat elektropositif dibandingkan karbon, silikon dan germanium. Timah mempunyai titik didih 2270 °C dan titik lebur 231,97 °C. Unsur ini dijumpai sebagai timah(IV) oksida dalam bijih seperti kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ) dan stanit ( $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ ), serta diekstraksi melalui reduksi dengan karbon (Daintith, 1990).

Timah memiliki tiga bentuk alotrop, yaitu : timah abu-abu ( $\alpha$ ), timah putih ( $\beta$ ) dan timah rombik ( $\gamma$ ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih (-Sn) dalam bentuk tetragonal. Sedangkan pada suhu rendah, timah putih berubah menjadi timah abu-abu (-Sn) berbentuk intan kubik berupa nonlogam. Perubahan ini terjadi cepat karena timah membentuk oksida film. Peristiwa ini dikenal sebagai plak timah atau timah *plague*. Timah putih mempunyai densitas yang lebih tinggi daripada timah abu-abu (Petruci, 1999).

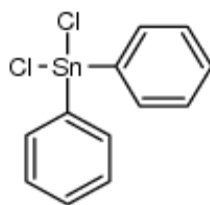
Logam timah bersifat racun, hal ini merupakan ancaman berbahaya bagi manusia. Biasanya zat ini tertelan atau terhirup dalam bentuk serpihan cat pada dinding rumah serta produk makanan dan minuman dalam kemasan kaleng. Dosis racun untuk manusia di dalam tubuh adalah 5-7 mg/kg berat tubuh. Keracunan Sn dapat di tandai dengan mual-mual, muntah-muntah, dan pada kadar racun yang

tinggi dapat menyebabkan kematian. Mengonsumsi Sn dalam jumlah sedikit pada waktu yang lama juga dapat mengakibatkan keracunan (Siregar, 2009).

Timah dalam bentuk kompleksnya, seperti organotimah, sehingga timah dapat bermanfaat, karena diketahui organotimah, khususnya organotimah(IV) mempunyai aktivitas biologis (Blunden and Hill, 1990; Bonire *et al.*, 1998; Pellerito and Nagy, 2002; Gielen, 2003).

### I. Difeniltimah(IV) diklorida

Senyawa difeniltimah(IV) diklorida merupakan zat kimia salah satu kelompok senyawa organologam timah yang digunakan pada kemoterapi kanker, antifungi dan pestisida. Difeniltimah(IV) diklorida memiliki rumus umum  $C_{12}H_{10}Cl_2Sn$ . Senyawa difeniltimah(IV) diklorida mempunyai titik leleh 41-43 °C, titik didih 333-337 °C, titik beku >230°F dan kelembaban yang sensitif. Bentuk struktur dari senyawa difeniltimah(IV) diklorida dilihat pada Gambar 10.



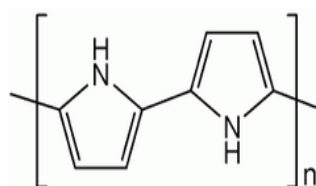
**Gambar 10.** Struktur senyawa difeniltimah(IV) diklorida (Chemicalbook, 2013)

Interaksi senyawa organologam dengan sel kanker melalui terbentuknya kation, yang bereaksi dengan N7-basa DNA sel kanker (Engel *et al.*, 1986). Menurut Albert (1973) dan Silverman (1992) bahwa mekanisme reaksi zat antikanker dengan DNA dapat mengikuti jalur substitusi nukleofilik tingkat satu ( $SN_1$ ) atau

substitusi nukleofilik tingkat dua ( $SN_2$ ). Hal ini tergantung pada laju reaksi pembentukan kation dan serangan nukleofil pada kation.

## J. Polipirol

Polipirol merupakan suatu senyawa organik siklik dengan struktur molekul seperti yang disajikan pada Gambar 9.

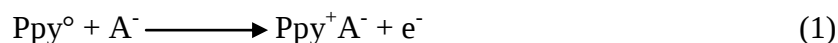


**Gambar 9.** Struktur molekul polipirol (Genies *et al.*, 1983).

Dewasa ini polipirol sebagai polimer konduktif telah banyak dipelajari karena polipirol mempunyai sifat redoks yang baik, mudah dielektrosintesis dalam larutan air dan memberikan konduktivitas yang tinggi (Genies *et al.*, 1983). Dengan sifat-sifat tersebut, polipirol banyak digunakan untuk beberapa aplikasi diantaranya untuk baterai, kapasitor, sensor, biosensor dan sistem transport obat.

Dalam fungsinya sebagai sistem transport obat, polipirol dapat digunakan untuk mengikat dan melepaskan ion dengan cara mengatur potensial membran.

Burgmayer dan Murray (1986) telah membuktikan bahwa polipirol merupakan senyawa yang baik sebagai membran yang dapat mengendalikan pelepasan anion yang diakumulasikan ke dalam membran selama proses oksidasi dan kemudian dilepaskan selama reduksi. Polipirol dapat mengikat dan melepaskan senyawa ionik melalui reaksi redoks, yang persamaan reaksi disajikan pada Persamaan 1.



Ppy adalah polipirol dan A adalah anion yang digunakan untuk mempertahankan kenetralan listrik (Kontturi *et al.*,1998).

Berdasarkan kegunaan polipirol sebagai pengikat maupun pelepas suatu molekul, berbagai variasi jenis senyawa telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian. Glutamat dan dopamin dapat dilepaskan dari membran polipirol dengan mengatur potensial yang diterapkan (Zinger and Miller, 1984). Pyo *et al* (1994) juga membuktikan bahwa ATP yang dilepaskan dapat dikendalikan menggunakan membran polipirol yang sama, sedangkan Hepel and Mahdavi (1997) menggunakan membran komposit polipirol sebagai gerbang ion untuk melepaskan klor promazin.

Pirol adalah cairan tanpa warna dengan bau yang digambarkan seperti kloroform . pirol bersifat gelap jika bereaksi di udara. Pirol dapat larut dalam air (8 g dalam 100 g H<sub>2</sub>O pada suhu 25 °C) tetapi mudah larut dalam larutan organik dan sukar larut dalam larutan alkali. Tetapi melarut ecara perlahan dalam asam dengan polimerasi

**Tabel 1** Sifat fisik pirol

| No. | Sifat Fisik                       | Nilai |
|-----|-----------------------------------|-------|
| 1   | Berat Molekul                     | 67,1  |
| 2   | Titik Didih (°C)                  | 130,0 |
| 3   | Rapat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2,3   |
| 4   | Temperatur Kritis (°C)            | 366,0 |
| 5   | Indeks Refraksi                   | 1,5   |
| 6   | Titik Lebur (°C)                  | 24,0  |
| 7   | Konstanta Dielektrik pada 20 °C   | 8,0   |

Sumber : Mark *et al.*, 1968

Pirol merupakan amina heterosiklik yang mempunyai sistem cincin aromatik heterosiklik. Agar suatu heterosikel dengan cincin-lima anggota bersifat aromatik, heteroatom itu harus memiliki dua elektron untuk disumbangkan ke awan  $\pi$  aromatik (Fessenden dan Fessenden, 1989), karena cincin karbon merupakan bagian negatif untuk suatu molekul pirol, karbon-karbon ini teraktifkan terhadap serangan elektrofilik, tetapi terdeaktifkan terhadap serangan nukleofilik.

#### **K. Validasi Metode**

Validasi metode analisis adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Menurut Harvey (2000), validasi merupakan suatu proses evaluasi kecermatan dan keseksamaan yang dihasilkan oleh suatu prosedur dengan nilai yang dapat diterima. Sebagai tambahan, validasi memastikan bahwa suatu prosedur tertulis memiliki detail yang cukup jelas sehingga dapat dilaksanakan oleh analis atau laboratorium yang berbeda dengan hasil yang sebanding. Verifikasi metode adalah suatu tindakan validasi metode tetapi hanya pada beberapa beberapa karakteristik performa saja. Laboratorium harus menentukan karakteristik performa yang dibutuhkan. Spesifikasi analisis dapat menjadi acuan untuk merancang proses verifikasi. Adapun beberapa parameter analisis yang harus dipertimbangkan dalam verifikasi metode analisis adalah:

## 1. Linieritas

Linieritas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon yang secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proposional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Linieritas biasanya dinyatakan dalam istilah variasi sekitar arah garis regresi yang dihitung berdasarkan persamaan matematik data yang diperoleh dari hasil uji analit dalam sampel dengan Dalam praktek. Sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi  $r$  pada analisis regresi linier  $Y = a + bx$ . Hubungan linier yang ideal dicapai jika nilai  $b = 0$  dan  $r = +1$  atau  $-1$  bergantung pada arah garis. Nilai  $a$  menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan. Parameter lain yang harus dihitung adalah simpangan baku residual  $S_D$  (Harmita, 2004).

## 2. Presisi (ketelitian)

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen, dinyatakan dengan simpangan baku ( $S_D$ ) dan simpangan baku relatif (RSD).

## 3. Limit Deteksi Dan Limit Kuantitasi

Limit deteksi atau *Limit of Detection* (LOD) suatu metode analisis adalah jumlah terkecil dari analit yang dapat dideteksi namun jumlah ini belum tentu dapat dikuantisasi dengan presisi yang baik oleh metode tersebut. Limit kuantitasi atau *Limit of Quantitation* (LOQ) yang disebut juga limit determinasi adalah konsentrasi terendah dari analat yang dapat ditentukan secara kuantitatif dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima. Giese dengan menentukan kurva kalibrasi menggunakan sepuluh level konsentrasi, atau melakukan analisis blangko berulang. Limit deteksi dan kuantitasi seringkali bergantung pada kemampuan instrumen (AOAC, 2002). Pada analisis instrumen, maka batas deteksi dapat dihitung dengan mengukur respon blangko beberapa kali lalu dihitung simpangan bakunya.

#### **4. Akurasi (Kecermatan)**

Akurasi adalah suatu kedekatan kesesuaian antara hasil suatu pengukuran dan nilai benar dari kuantitas yang diukur atau suatu pengukuran posisi yaitu seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai benar yang diperkirakan (AOAC, 2002).