

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Logam Kadmium**

##### **2.1.1 Logam kadmium**

Kadmium adalah suatu unsur kimia dalam table priodik yang memiliki lambang Cd dengan nomor atom 48 dan masa atom 112,41. Berbentuk logam putih perak dan biasanya di alam berikatan dengan ion lain. Logam Kadmium termasuk dalam logam transisi priode V dalam table priodik. Kadmium dikenal sebagai chalchopile, jadi cenderung ditemukan dalam deposit sulfide. Logam ini dikenal bersifat toksik pada lingkungan maupun kesehatan (Adhani,2017)

Sumber kontaminasi paparan Kadmium antara lain bahan bakar minyak, produksi besi dan baja, inerserasi, rokok, dan pupuk. Beberapa penelitian epidemiologi menemukan ada kaitan antara kadmium di dalam darah maupun di dalam urin yang berkaitan dengan penyakit. Konsentrasi cadmium 2,28  $\mu\text{g/L}$  memiliki faktor resiko terjadinya kanker payudara pada wanita. Survey yang dilakukan National Health and Nutrition Examination Survey (1999-2006) ditemukan kadar kadmium 0,41  $\mu\text{g/L}$  memiliki faktor resiko gagal ginjal kronis (Sofiana et al. 2019)

Logam Kadmium (Cd) dapat menimbulkan gangguan dan bahkan mampu menimbulkan kerusakan pada sistem yang bekerja di ginjal. Kerusakan yang terjadi pada sistem ginjal dapat dideteksi dari tingkat jumlah atau jumlah kandungan protein yang terdapat dalam urin.(Adhani, & Husaini, 2017)



**Gambar 2.1 Logam kadmium (Cd)**

### **2.1.2 Sifat fisika logam kadmium**

- a. Berwarna putih keperakan
- b. Mengkilat
- c. Logam yang lunak
- d. Titik lebur rendah

### **2.1.3 Sifat kimia logam kadmium**

Menurut (frida Lucyani 2009) sifat-sifat logam Kadmium (Cd) yaitu:

1. Tidak larut basah
2. Larutan dalam  $H_2SO_4$  encer dan  $HCl$  encer,  
$$Cd + H_2SO_4 \rightarrow CdSO_4 + H_2$$
3. Tidak menunjukkan sifat amfoter
4. Bereaksi dengan halogen dan non logam seperti: S, Se, P
5. Logam yang cukup aktif
6. Dalam udara terbuka, jika di panaskan akan membentuk kadmium oksida (CdO) asap coklat
7. Memiliki ketahanan yang tinggi
8. Larutan standart ( $CdI_2$ ) larut dalam alkohol

Kebanyakan Struktur kompleks kadmium dengan nukleobase, asam amino dan vitamin telah ditentukan.

#### **2.1.4 Kegunaan Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) merupakan logam yang sangat penting dan banyak kegunaannya, khususnya untuk electroplating (pelapisan elektrik). Salah satu kegunaan Cd adalah sebagai bahan tambahan (*additive*) pada pigmen, yang biasa digunakan pada plastik, cat, tinta cetak dan keramik. Cat yang mengandung Cd stabil terhadap panas dan sinar UV serta tidak berubah menjadi gelap pada udara yang mengandung H<sub>2</sub>S. (Sugiharto, Suwarso, and Prawirohardjono 2016)

#### **2.1.5 Mekanisme Toksisitas Kadmium**

Logam kadmium dapat masuk ke tubuh melalui tangan jika seseorang menyentuh benda yang terkontaminasi kadmium atau jika seseorang bekerja dengan logam kadmium atau produk yang mengandung kadmium tanpa memakai perlindungan tangan yang tepat. Selain itu, seseorang juga dapat terpapar kadmium melalui asap atau debu yang mengandung kadmium yang kemudian terhirup atau masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan. (Anggriana 2011)

Kadmium adalah bahan kimia beracun yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika terjadi paparan dalam jangka waktu yang lama atau dalam jumlah yang signifikan. Kadmium dapat merusak organ tubuh seperti paru-paru, ginjal, dan hati, dan juga dapat menyebabkan kanker. Oleh karena itu, penting untuk menghindari paparan kadmium sebisa mungkin, terutama melalui tangan. Jika bekerja dengan logam kadmium atau produk yang mengandung kadmium, pastikan untuk menggunakan perlindungan tangan yang

tepat dan menjaga kebersihan tangan setelah bekerja dengan bahan yang terkontaminasi.(Istarani and Pandebesie 2014)

Kadmium masuk kedalam tubuh manusia, Sekitar 5% dari diet kadmium, diabsorpsi dalam tubuh. Sebagian besar Cd masuk melalui saluran pencernaan, tetapi keluar lagi melalui feses sekitar 3-4 minggu kemudian dan sebagian kecil dikeluarkan melalui urin. Kadmium dalam tubuh terakumulasi dalam ginjal dan hati terutama terikat sebagai metalothionein. Metalothionein mengandung asam amino sistein, dimana Kadmium (Cd) terikat dengan gugus sulfhidril (SH) dalam enzim karboksil sisteinil, histidil, hidroksil dan fosfatil dari protein dan purin. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas Cd disebabkan oleh interaksi antara Cd dan protein tersebut, sehingga menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim dalam tubuh. Plasma enzim yang diketahui dihambat Cd adalah aktivitas dari enzim alfaantitripsin (Oginawati 2005)

#### **2.1.6 Absorpsi, Distribusi, Ekskresi Kadmium**

##### **a. Absorpsi (Penyerapan) Kadmium**

Logam berat kadmium bisa masuk ke dalam tubuh hewan atau manusia melalui berbagai cara yaitu:

1. Dari udara yang tercemar, misalnya asap rokok dan asap pembakaran batu bara
2. Melalui kontaminasi perairan dan hasil pertanian yang tercemar kadmium.
3. Melalui wadah tempat berlapis kadmium yang digunakan untuk tempat makanan dan minuman.

4. Melalui jalur rantai makanan.
  5. Melalui konsumsi daging yang diberikan obat yang mengandung kadmium.
- b. Absorpsi kadmium dalam saluran pencernaan meliputi 2 tahap yaitu:
1. Penyerapan kadmium dari lumen usus melewati membrane brush border ke dalam sel mukosa.
  2. Transpor kadmium ke dalam aliran darah dan deposisi dalam jaringan terutama dideposit di hati dan ginjal seperti halnya Zn, Kadmium memiliki afinitas yang tinggi pada testis sehingga konsentrasi pada jaringan testis jauh lebih tinggi dibandingkan pada jaringan lain. (Lindawanti 2017)
- c. Distribusi (Peyaluran) Kadmium
- Setelah kadmium memasuki darah kemudian didistribusikan dengan cepat ke seluruh tubuh pengikatan kadmium dalam jaringan bisa menyebabkan lebih tingginya konsentrasi kadmium dalam jaringan tersebut. Ikatan kovalen bersifat nonreversible dan akan memberikan afek toksik, sedangkan ikatan nonkovalen bersifat reversible.

Ikatan non kovalen terdiri dari:

1. Protein plasma yang bisa mengikat senyawa asing (Kadmium) sehingga sulit untuk didistribusikan ke ruang ekstrasvaskuler.
2. Hepar dan ginjal memiliki kapasitas yang lebih tinggi untuk mengikat kadmium. Pengikatan kadmium bisa meningkatkan konsentrasinya dalam organ.

Kadmium memiliki afinitas yang kuat terhadap hepar dan ginjal. Pada umumnya sekitar 50-75% dari beban kadmium dalam tubuh terdapat pada kedua organ tersebut.(Susiyeti 2010)

d. Ekskresi Kadmium

Sebagian besar kadmium masuk melalui saluran pencernaan dan dibuang melalui feses sekitar 3-4 minggu setelah terpapar kadmium sebagian kecil dikeluarkan melalui urin. Pada manusia sebagian besar kadmium diekskresikan melalui urin. Pada makhluk hidup air seperti ikan, ekskresi terjadi melalui insang, usus, kotoran dan urine.(Susiyeti 2010)

**2.1.7 Gejala Toksisitas Cd**

a. Toksisitas Akut

1. Timbulnya rasa sakit dan panas di dada sehingga bias menimbulkan penyakit paru-paru akut.
2. Paparan Cd secara akut bias menyebabkan nekrosis pada ginjal dan paparan yang lebih lama berlanjut dengan terjadinya proteinuria.
3. Daya tahan tubuh melemah, kehilangan nafsu makan, sakit kepala, dan anemia.

b. Toksisitas Kronis

Kerusakan sistem fisiologi tubuh antara lain sistem urinaria, sistem respirasi, sistem sirkulasi, sistem reproduksi dan anemia yang hebat.(Rachman 2015)

### **2.1.8 Efek Kadmium (Cd) Pada Tubuh Manusia**

Organ sasaran toksisitas Kadmium (Cd) yaitu hati, ginjal, paru-paru, jantung dan darah, tulang serta sistem reproduksi. Efek toksik Kadmium (Cd) dalam tubuh dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tingkat dan lama paparan, semakin lama paparan maka efek toksik yang diberikan akan lebih besar dan keracunan yang disebabkan oleh Kadmium (Cd) bisa bersifat akut dan kronis.

#### **a. Efek Toksik Terhadap Paru-Paru, Jantung, Dan Darah**

Keracunan yang disebabkan oleh inhalasi uap atau debu Cd bias mengakibatkan kerusakan organ respirasi paru-paru. Inhalasi debu Cd selama 20 tahun oleh para pekerja industri yang menggunakan Cd telah menyebabkan terjadinya pembengkakan paru-paru. Kadmium lebih beracun bila terhinhalasi melalui saluran pernafasan dari pada saluran pencernaan. Kasus keracunan akut Cd kebanyakan Sberasal dari debu dan asap cadmium yang terhisap, terutama cadmium oksida (CdO). Beberapa jam setelah menghirup, korban akan mengeluhkan gangguan saluran nafas, mual, muntah, kepala pusing, dan sakit pinggang. Kematian disebabkan oleh terjadinya edema paru-paru. Apabila pasien tetap bertahan, akan terjadi atau gangguan paru-paru yang jelas terlihat. (Rachman 2015)

Gangguan fungsi paru-paru karena keracunan Cd meliputi bronchitis, fibrosis, emfisema, dan dispne. Kadmium akan mengurangi aktivitas a-1 antitripsin yang berakibat meningkatnya toksisitas paru-paru. Gangguan terhadap jantung yang disebabkan oleh keracunan Cd bias mengakibatkan hipertrofi jantung. Keracunan kronis yang disebabkan oleh CO bias

mengakibatkan anemia. Penyakit itu ditemukan pada para pekerja yang telah bekerja selama 5-30 Tahun di industri yang menggunakan atau menghasilkan CdO. Ada hubungan antara kandungan Cd yang tinggi dalam darah dengan hemoglobin yang rendah.(Rachman 2015)

#### **b. Efek Toksik Terhadap Tulang dan Sistem Reproduksi**

Toksisita kadmium (Cd) bias mengakibatkan kerapuhan tulang. Gejala rasa sakit pada tulang akan mengakibatkan kesulitan berjalan. Hal tersebut dialami oleh para pekerja yang bekerja di industri industri yang menggunakan kadmium (Cd). Kadmium bisa menyebabkan osteomalasia yang mengakibatkan rasa sakit pada persendian tulang belakang dan kaki karena terjadinya gangguan daya keseimbangan kandungan kalsium (Ca). Efek yang ditimbulkan oleh kadmium (Cd) terhadap tulang mungkin disebabkan oleh kekurangan kalsium (Ca) dalam makan yang tercemar kadmium (Cd) sehingga fungsi kalsium (Ca) dalam pembentukan tulang digantikan oleh logam kadmium (Rachman 2015)

## **2.2. Logam**

### **2.2.1. Logam berat**

Logam berat adalah benda padat atau cair yang memiliki berat 5 gram atau lebih untuk setiap  $\text{cm}^3$ , sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan. Terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia di muka bumi. Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang. vulkanisme dan sebagainya. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang



ditemukan dalam elemen tunggal. Dalam badan perairan, logam pada umumnya berada dalam bentuk ion- ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Sedangkan pada lapisan atmosfer, logam ditemukan dalam bentuk partikulat, dimana unsur- unsur logam tersebut ikut beterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer.(Adhani, R & Husaini, 2017)

Logam berat dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu logam esensial dan logam nonesensial

1. Logam berat esensial yakni logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme Dalam jumlah yang berlebihan, logam tersebut dalam mengakibatkan toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya.
2. Logam berat nonesensial yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik, seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain. Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.(Adhani R Husaini, 2017)

### **2.3 Kuku**

Kuku adalah bagian tubuh manusia yang terdapat atau tumbuh di ujung jari. Kuku tumbuh dari sel mirip gel lembut yang mati, mengeras, dan kemudian terbentuk saat mulai tumbuh dari ujung jari dan memiliki pori-pori.

Kulit ari pada pangkal kuku berfungsi melindungi dari kotoran, Fungsi utama kuku adalah melindungi ujung jari yang lembut dan penuh urat saraf, serta mempertinggi daya sentuh. Kuku bukan bagian dari tulang melainkan terbuat dari protein yang disebut keratin. Keratin bukan hanya terdapat pada kuku saja, melainkan terdapat juga pada kulit dan rambut.(Hughes 2008)



**Gambar 2.2 Anatomi kuku**

Pada kulit di bawah kuku terdapat banyak pembuluh kapiler yang memiliki suplai darah kuat sehingga menimbulkan warna kemerah-merahan. Seperti tulang dan gigi, kuku merupakan bagian terkeras dari tubuh karena kandungan airnya sangat sedikit.

Pertumbuhan kuku jari tangan dalam satu minggu rata-rata 0,5-1,5 mm. empat kali lebih cepat dari pertumbuhan kuku jari kaki. Pertumbuhan kuku juga dipengaruhi oleh panas tubuh. Nutrisi yang baik sangat penting bagi pertumbuhan kuku. Sebaliknya, kalau kekurangan gizi atau menderita anoreksia nervosa, pertumbuhan kuku sangat lamban dan rapuh.

## **2.4 Spektrofotometri Serapan Atom**

### **2.4.1 Prinsip kerja Spektrofotometri Serapan Atom**

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu uji analisa unsur-unsur Logam dengan pengukuran berdasar dari penyerapan cahaya menggunakan panjang gelombang tertentu oleh atom dalam keadaan bebas. Kelebihan dari metode ini yaitu mempunyai tingkat sensitifitas dan ke selektifan tinggi dan penatalaksanaan analisa yang relatif normal. (Wanggu, 2016).

Metode ini memiliki tingkat sensitifitas yang cukup tinggi, yaitu bisa mengukur kadar Logam termasuk Kadmium (Cd) kurang dari satu ppm serta analisis Logam yang spesifik bisa dilakukan dengan pencampuran dari unsur-unsur Logam lainnya tanpa memerlukan pemisah, dan pengerjaannya yang sederhana (W 2019)

Prinsip kerja Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah terabsorbsinya cahaya oleh atom. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Dengan menyerap energi, atom dalam keadaan dasar dapat mengalami eksitasi ke tingkat yang lebih tinggi (Diana, 2015).

### **2.4.2 Komponen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

#### **a. Sumber Radiasi**

Bagaian untuk menghasilkan sinar yang energinya dapat diserap oleh atom-atom unsur yang di analisis. Sumber radiasi yang digunakan umumnya lampu katoda cekung (hallowmchatode lamp).

#### **b. Tempat Sampel**

Dalam analisis dengan Spektrofotometri Serapan Atom, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netrak yang masih dalam keadaan dasar.

c. Monokromator

Bagian berguna untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Disamping optik, monokromator juga terhadap suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu.

d. Detektor

Bagian yang berfungsi mengubah tenaga sinar menjadi tenaga listrik yang dihasilkan akan dipergunakan untuk mendapatkan sesuatu yang akan dibaca oleh mata atau alat pencatat yang lain.

e. Amplifier

Berfungsi sebagai penguat sinyal listrik yang dihasilkan oleh detector.

f. Readout

Bagian yang digunakan sebagai alat petunjuk atau dapat diartikan sebagai sistem pencatat hasil. Pencatatan dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorpsi. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau kurva yang menggambarkan serapan atau intensitas emisi.



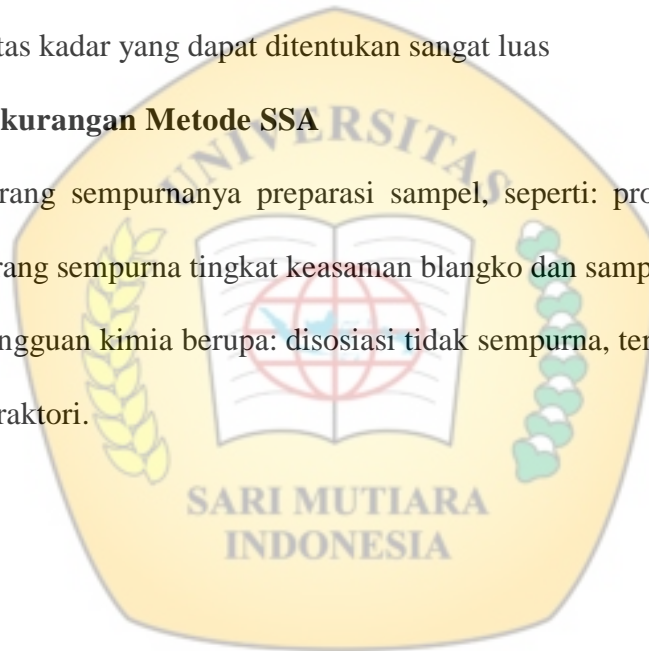
**Gambar 2.3 Alat Spektrofotometri Serapan Atom**

### 2.4.3 Keunggulan/Kelebihan Metode SSA

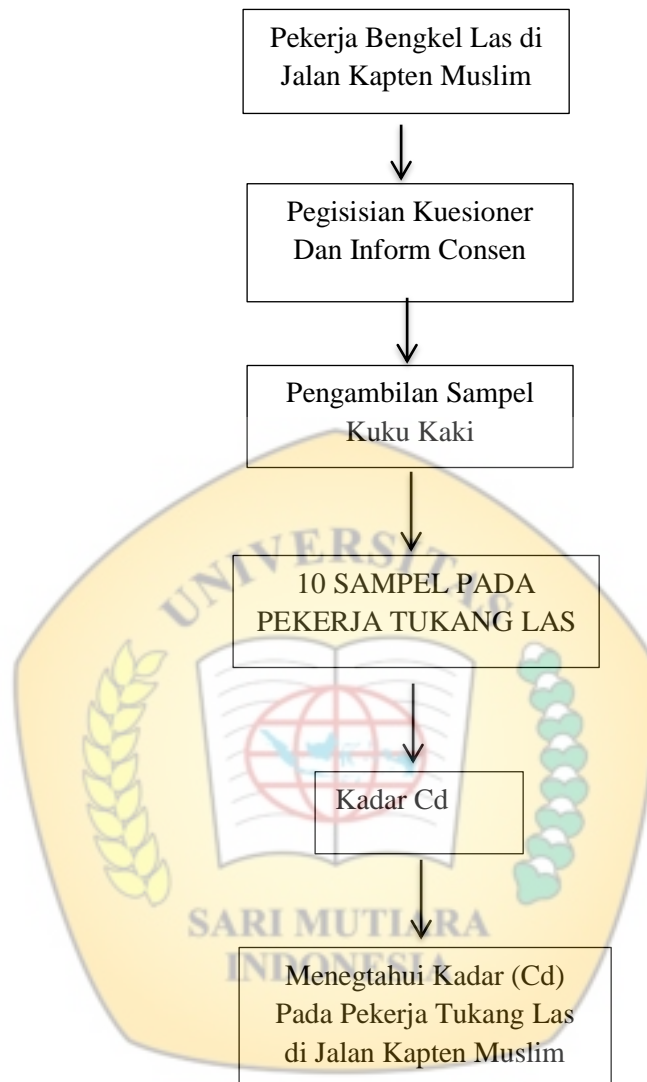
- a. Spesifik
- b. Batas limit (deteksi) rendah
- c. Dari suatu larutan yang sama, beberapa unsur berlainan dapat diukur
- d. Pengukuran dapat langsung dilakukan terhadap larutan contoh
- e. Dapat diaplikasikan kepada banyak jenis unsur dalam banyak jenis contoh
- f. Batas kadar yang dapat ditentukan sangat luas

### 2.4.4 Kekurangan Metode SSA

- a. Kurang sempurnanya preparasi sampel, seperti: proses destruksi yang kurang sempurna tingkat keasaman blanko dan sampel tidak sama.
- b. Gangguan kimia berupa: disosiasi tidak sempurna, terbentuknya senyawa refraktori.



## 2.5 Kerangka konsep



**Gambar 2.4** Bagan Alur Penelitian