

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

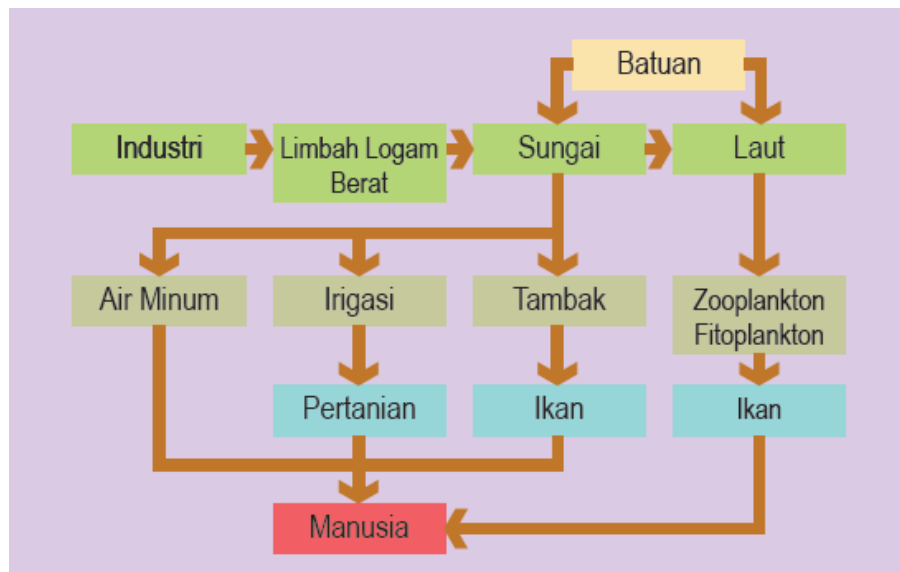
Logam berat adalah zat pencemar yang mendapat banyak perhatian dari masyarakat hal ini disebabkan karena efek toksisitasnya yang sangat berbahaya makhluk hidup dan lingkungan selain itu logam berat sangat mudah terakumulasi pada tubuh makhluk hidup khususnya manusia baik melalui udara, perairan dan bahkan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

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 g/cm³. Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul tinggi. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia (Sembodo, 2005). Termasuk logam berat yang sering mencemari lingkungan adalah Fe, Hg, Cr, Cd, As, dan Pb yang beracun bagi makhluk hidup (Subowo dkk, 1999).

Pencemaran logam berat meningkat sejalan dengan perkembangan industri. Pencemaran logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang sangat tinggi dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Menurut Ali dkk (2013) secara umum logam berat alami masuk ke lingkungan dengan cara yaitu adanya pelapukan mineral, erosi serta aktivitas vulkanik. Jalur masuk logam berat dalam suatu perairan dapat berasal dari sumber-sumber alamiah dan juga dari aktivitas-aktivitas yang dilakukan oleh manusia (Ali dkk, 2013).

Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, atau udara. Logam berat seperti tembaga, selenium, atau seng dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Akan tetapi, dapat berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia didalam tubuh makhluk

hidup (Suarsa, 2015). Proses perjalanan logam berat dari sumber pencemar hingga sampai ke tubuh manusia digambarkan dalam Gambar 1.



Sumber: Badan Pengawas Obat Dan Makanan RI. 2010

Gambar 2.1 Proses perjalanan logam berat dari sumber pecemar sampai tubuh manusia

Adanya logam berat diperairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Menurut Sutamihardja (1982), sifat-sifat logam berat secara umum yaitu:

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan)
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut
3. Mudah terakumulasi di sediment, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan massa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

2.2 Klasifikasi Logam Berat

Klasifikasi Logam Berat Logam berat digolongkan menjadi dua jenis yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn sedangkan logam berat non esensial yaitu logam yang keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagaimana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai pengahalang kerja enzim, selain itu logam berat juga akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen atau karsinogen bagi manusia (Putra, 2006).

Darmono (1995), mengklasifikasikan sumber pencemaran logam berat berdasarkan lokasinya:

1. Pada perairan estuaria, pencemaran memiliki hubungan yang erat dengan penggunaan logam oleh manusia.
2. Pada perairan laut lepas, kontaminasi logam berat biasanya secara langsung dari atmosfer atau karena tumpahan minyak dari kapal-kapal tanker yang melaluinya.
3. Pada perairan sekitar pantai kontaminasi logam banyak berasal dari mulut sungai yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri atau pertambangan.

2.3 Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu unsur logam transisi golongan VIIIB yang mudah ditempa, mudah dibentuk, berwarna putih perak, memiliki nomer atom 26 dan memiliki titik lebur 1535 °C. Logam besi terdapat dalam tiga bentuk, yaitu α -iron (alpha-iron), γ -iron (gamma-iron), dan δ -iron (delta-iron). Perbedaan yang dimiliki dari setiap bentuk tersebut adalah dari susunan atom-atom pada sisi kristal. Di alam, besi terdapat dalam bentuk senyawa-senyawa antara lain sebagai hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4), 22 pirit (FeS_2), dan siderit (FeCO_3). (Sunardi, 2006).

Secara kimia besi merupakan logam yang cukup aktif, hal ini karena besi dapat bersenyawa dengan unsur-unsur lain. Salah satu kegunaan besi adalah sebagai campuran untuk membuat paduan logam, misalnya untuk membuat baja, besi tempa, besi tuang dan lain-lain yang banyak digunakan sebagai bahan bangunan, peralatan-peralatan logam, rangka kendaraan dan lainnya (Apriani, 2011). Salah satu kelemahan besi adalah mudah mengalami korosi. Korosi menimbulkan banyak kerugian karena mengurangi umur pakai berbagai barang atau bangunan yang menggunakan besi atau baja. Sebenarnya korosi dapat dicegah dengan mengubah besi menjadi baja tahan karat (stainless steel), akan tetapi proses ini terlalu mahal untuk kebanyakan penggunaan besi.

Walaupun logam ini termasuk dalam kelompok logam esensial, tetapi kasus keracunan Fe sering dilaporkan terutama pada anak-anak. Keracunan pada anak terjadi secara tidak sengaja. saat anak memakan makanan atau benda yang mengandung Fe. Sedangkan pada orang dewasa hal ini jarang terjadi. Walaupun toksisitas Fe jarang menyebabkan kematian, tetapi dapat menyebabkan gangguan serius. Kasus terjadinya toksisitas Fe pada anak kemungkinan besar terjadi karena preparat yang mengandung Fe diberikan pada anak, baik berupa obat maupun vitamin. Disamping itu kebiasaan anak makan sembarangan di lingkungan sekitarnya juga mempengaruhi hal tersebut. (Darmono, 1995)

2.4 Zeolit

Zeolit terbentuk dari tetrahedral alumina dan silika dengan rongga-rongga di dalam yang berisi ion-ion logam, biasanya golongan logam alkali, dan molekul air yang bergerak bebas. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung unsur silika. Pada saat ini penggunaan mineral zeolit semakin meningkat, dari penggunaan dalam industri kecil hingga dalam industri berskala besar (Harjanto, 1983).

Zeolit mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$. Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang di dalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974)

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul.

Karakteristik struktur zeolit antara lain:

- a. Sangat berpori, karena kristal zeolit merupakan kerangka yang terbentuk dari jaring tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$.
- b. Pori- porinya berukuran molekul, karena pori zeolit terbentuk dari tumpukan cincin beranggotakan 6, 8, 10 atau 12 tetrahedral.
- c. Dapat menukarkan kation, karena perbedaan muatan Al^{3+} dan Si^{4+} menjadikan atom Al dalam kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian kerangka ini mudah diganti dengan kation lainnya.
- d. Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedral dapat dikontakkan dengan bahan-bahan pemodifikasi.

Untuk bentuk dari zeolit dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 2.2 Zeolit

Di Indonesia, Zeolit ditemukan pada tahun 1985 oleh PPTM Bandung dalam jumlah besar, diantaranya tersebar di beberapa daerah pulau Sumatera dan Jawa. Namun dari 46 lokasi zeolit, baru beberapa lokasi yang ditambang secara intensif antara lain di Bayah, Cikalong, Tasikmalaya, Sukabumi, Bogor, Nanggung, dan Lampung. Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui

secara luas, yang pada saat ini zeolit di Indonesia dipasarkan masih dalam bentuk alami terutama pada penumpukan bidang pertanian.

2.5 Manganese Zeolit

Manganese zeolit adalah zeolit sintetis yang permukaannya dilapisi oleh mangan oksida tinggi. Manganese zeolit ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$) berfungsi sebagai media filter digunakan dalam sistem filtrasi untuk mengoksidasi, menghilangkan besi, mangan, dan hidrogen sulfida. Manganese zeolit dikembangkan sekitar awal tahun 1950. Zat manganese dalam dosis tertentu dibutuhkan oleh tubuh. Namun jika dosis tersebut berlebihan, maka akan menimbulkan efek yang negatif, khususnya jika terkonsumsi lewat air minum.

Menurut Said (2003) reaksi kimianya adalah sebagai berikut :

$$K_2Z.MnO.Mn_2O_7 + 4Fe(HCO_3) \rightarrow 2K_2Z + 3MnO_2 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2 + 4H_2O \dots (1)$$

$$K_2Z.MnO.Mn_2O_7 + 2Mn(HCO_3)_2 \rightarrow K_2Z + 5MnO_2 + 4CO_2 + 2H_2O \dots (2)$$

Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolit tidak sama dengan proses pertukaran ion, tetapi merupakan reaksi dari Fe_{2+} dan Mn_{2+} dengan oksida mangan tinggi (higher mangan oxide). Filtrat yang terjadi mengandung ferri – oksida dan mangan – oksida yang tak larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya makin lama makin berkurang dan akhirnya jenuh. Keunggulan proses ini adalah mangan zeolit dapat berlaku sebagai buffer (penyangga) (Said,2003).

Penggunaan manganese zeolit ini baik sekali sebagai pre-treatment sebelum masuk ke membran reverse osmosis, yang dapat menghasilkan kualitas air sebagai air minum. Kelebihan media filter jika menggunakan manganese zeolit ini adalah :

1. Media ini memiliki ukuran dan bentuk yang optimum untuk melakukan oksidasi dan pengendapan besi dan manganese
2. Semua manganese zeolit diproses untuk kebutuhan eksak dan diuji sebelum pengiriman
3. Performa lebih tinggi dalam menghilangkan besi dan mangan daripada kebanyakan filter lain

Bentuk dari Manganese zeolit dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Sumber: dokumen pribadi

Gambar 2.3 Manganese Zeolit

2.6 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas terikat pada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (soluble) yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya (Sukarjo, 2002).

Adsorpsi juga dapat diartikan sebagai suatu proses yang berhubungan dengan permukaan dimana terjadi interaksi antara molekul-molekul suatu fluida (cairan maupun gas) dengan permukaan molekul padatan. Interaksi itu disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan membentuk suatu lapisan tipis yang menutupi permukaan padatan (Kurniawan, 2015).

Ada dua metode adsorpsi yaitu adsorpsi secara fisika (*physiosorption*) dan adsorpsi secara kimia (*chemisorption*). Kedua metode ini terjadi bila molekul molekul dalam fase cair diikat pada permukaan suatu fase padat sebagai akibat dari gaya tarik menarik pada permukaan padatan (adsorben), mengatasi energi kinetik dari molekul-molekul kontamina dalam cairan (adsorbat) (Hafiyah, 2013).

Adsorpsi secara fisik adalah adsorpsi yang reversibel (bolak-balik) dengan interaksi lemah, energi untuk adsorpsi secara fisik besarnya kurang dari 63-84 kJ/mol. Sedangkan adsorpsi kimia, yaitu interaksi antara adsorben dan adsorbatnya lebih kuat karena terjadi reaksi antara permukaan adsorben dengan adsorbatnya, energi untuk adsorpsi secara kimia biasanya lebih besar dari 84-126 kJ/mol (Hafiyah, 2013).

Daya adsorpsi merupakan ukuran kemampuan suatu adsorben menarik sejumlah adsorbat. Proses adsorpsi tergantung pada luas spesifik padatan atau luas permukaan adsorben, konsentrasi keseimbangan zat terlarut atau tekanan adsorpsi gas, temperatur pada saat proses berlangsung dan sifat adsorbat atau adsorben itu sendiri. Makin besar luas permukaannya, maka daya adsorpsinya akan makin kuat (Laksono, 2002).

Proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori-pori dalam adsorben, sehingga untuk bisa teradsorpsi, logam dalam cairan mengalami proses berikut:

1. Perpindahan massa logam dari cairan ke permukaan adsorben.
2. Difusi dari permukaan adsorben ke dalam adsorben melalui pori.
3. Perpindahan massa logam dari cairan dalam pori ke dinding pori adsorben.
4. Adsorpsi logam pada dinding pori adsorben.

Menurut Nurdila dkk., (2015) Metode adsorpsi sensitif terhadap zat-zat beracun, sehingga sangat efektif untuk menurunkan kadar logam, menghilangkan zat warna, dan unsur-unsur yang terdapat di dalam air. Keberhasilan metode adsorpsi bergantung pada kemampuan dan jenis adsorben yang digunakan untuk mengikat molekul-molekul zat yang akan dipisahkan dari campuran (Nurdila dkk., 2015).

2.7 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adalah deskripsi tentang kecepatan (laju) reaksi dan bagaimana proses reaksi berlangsung. Laju reaksi merupakan laju yang diperoleh dari perubahan konsentrasi reaktan dalam suatu satuan waktu pada persamaan reaksi kimia yang mengalami kesetimbangan. Laju reaksi bergantung pada konsentrasi reaktan, tekanan, temperatur, dan pengaruh katalis (Oxtoby, 1990).

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Kinetika adsorpsi suatu zat dapat diketahui dengan mengukur perubahan konsentrasi zat teradsorpsi tersebut, dan menganalisis nilai k (berupa slope/kemiringan) serta memplotkannya pada grafik. Banyak faktor yang mempengaruhi kinetika adsorpsi, seperti jenis adsorben dan adsorbat, luas permukaan adsorben, konsentrasi adsorbat. Model kinetika orde 1 dan orde 2 dinyatakan oleh persamaan:

$$\ln C_t = -K_1 \cdot t + C_0 \dots\dots\dots(\text{orde 1})$$

$$\left(\frac{1}{C_t}\right) = k_2 t + (1/C_0) \dots\dots\dots(\text{orde 2})$$

Notasi C_t adalah konsentrasi setelah adsorpsi selama t menit, C_0 adalah konsentrasi awal, k_1 , k_2 adalah konstanta laju reaksi orde 1 dan reaksi orde 2. Model kinetika reaksi orde 1 dan orde 2 masing-masing parameter dihitung dengan menggunakan grafik $\ln (C_0/C_t)$ terhadap t dan $(1/ C_t)$ terhadap t , Model yang sesuai dengan hasil penelitian adalah model kinetika dengan harga r^2 paling tinggi (Sulastri, dkk., 2014).

Analisis kinetika didasarkan pada kinetika reaksi terutama pseudo orde pertama atau mekanisme pseudo pertama bertingkat. Untuk mengetahui mekanisme adsorpsi, dapat pula digunakan persamaan sistem pseudo orde pertama oleh Lagergren dan mekanisme pseudo orde kedua oleh McKay & Ho. (Liu, 2004). Persamaan pseudo orde satu adalah persamaan yang biasa digunakan untuk menggambarkan adsorpsi dan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$-\frac{dq}{dt} = k(q_e - qt) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana q_e adalah jumlah ion yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1}), qt adalah jumlah ion yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1}), t adalah waktu (menit) dan k adalah konstanta laju pseudo orde pertama (menit^{-1}). Persamaan dapat diintegrasi dengan memakai kondisi-kondisi batas $qt=0$ pada $t=0$ dan $qt=qt$ pada $t=t$, persamaan menjadi:

$$\ln(q_e - qt) = \ln q_e - k \cdot t \dots\dots\dots(2)$$

Model persamaan pseudo orde dua dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$-\frac{dq}{dt} = k(q_e - qt)^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dengan q_e adalah jumlah ion yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1}), q_t adalah jumlah ion yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1}), k adalah konstanta laju pseudo orde kedua (dalam $\text{g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$). Setelah integrasi dan penggunaan kondisi-kondisi batas $q_t=0$ pada $t=0$ dan $q_t=q_t$ pada $t=t$, persamaan linier dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k \cdot q_e^2} \dots \dots \dots (4)$$

2.8 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan kesetimbangan antara konsentrasi pada fase cair dan konsentrasi pada partikel adsorben pada suhu tertentu. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang tinggi, kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \left(\frac{C_1 - C_2}{m} \right) \times V \quad (\text{kapasitas adsorpsi})$$

$$\% E = \left(\frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \right) \times 100\% \quad (\text{efisiensi adsorpsi})$$

Dimana : Q = kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)

C_1 = konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_2 = konsentrasi akhir larutan (mg/L)

V = volume larutan (mL)

m = massa adsorben yang digunakan (g)

$\%E$ = Efisiensi adsorpsi

Model isotherm Langmuir dan Freudlich umum digunakan pada adsorpsi cairan dengan konsentrasi rendah. (Suarsa, 2016)

a) Model Adsorpsi Langmuir

Menurut Oscik (1982) teori Langmuir menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan. Setiap situs aktif hanya satu molekul yang dapat diadsorpsi. Model adsorpsi isotherm Langmuir dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$q_c = \frac{Q_b C_e}{1 + b C_e} \dots \dots \dots (1)$$

Sedangkan bentuk liniernya dapat terlihat dalam persamaan :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{Qb} \cdot \frac{1}{C_e} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai q_e adalah jumlah adsorbat yang teradsorp per berat adsorben (mg/g). C_e adalah konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat (mg/L). Konstanta Q adalah tetapan kesetimbangan adsorpsi, dan b adalah kapasitas adsorpsi, Nilai dari Q dan b dapat dihitung dari intersep dan slop dari plot $\frac{1}{q_c}$ dan $\frac{1}{C_e}$.

b) Model Adsorpsi Freundlich

Model isoterm Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi.

Bentuk persamaan Freundlich adalah sebagai berikut:

$$q_c = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan bentuk liniernya dapat terlihat dalam persamaan :

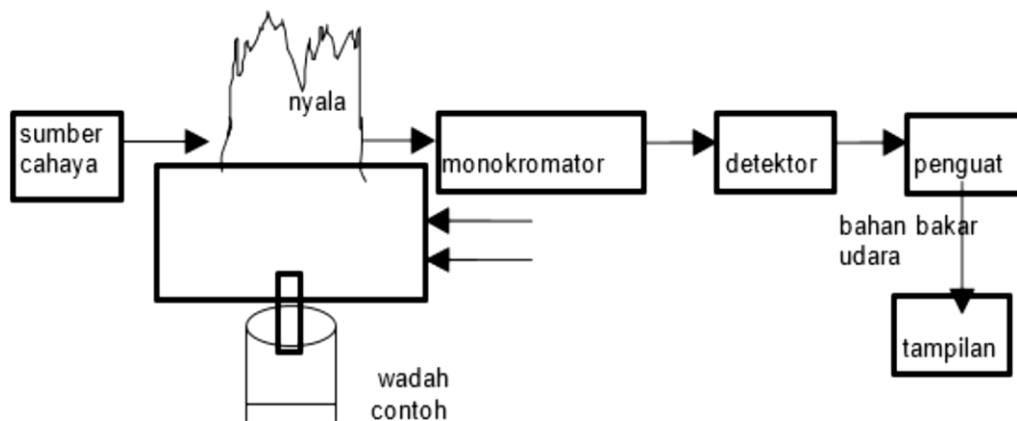
$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(4)$$

Konstanta K_f dan n adalah konstanta Freudlich yang nilainya signifikan terhadap kapasitas adsorpsi dan intensitas dari adsorpsi. Nilai K_f dan n dapat diketahui dari nilai intersep dan slope dari plot $\log q_e$ dan $\log C_e$ (Mondal, 2018)

2.9 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrpotometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Alex, 2012). AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya Spektrometri Serapan Atom (SSA) meliputi absorpsi sinar oleh atom-atom netral unsur logam yang

masih berada dalam keadaan dasarnya (Ground state). Sinar yang diserap biasanya ialah sinar ultra violet dan sinar tampak. Prinsip Spektrometri Serapan Atom (SSA) pada dasarnya sama seperti absorpsi sinar oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan (Wirjana, 2011). Skema umum komponen pada alat SSA seperti pada gambar 4.



Sumber: Hastuti, 2017

Gambar 2.4 Skema umum Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

a. Lampu Katoda

Lampu katoda merupakan sumber cahaya pada AAS. Lampu katoda memiliki masa pakai atau umur pemakaian selama 1000 jam. Lampu katoda pada setiap unsur yang akan diuji berbeda-beda tergantung unsur yang akan diuji, seperti lampu katoda Cu, hanya bisa digunakan untuk pengukuran unsur Cu. Lampu katoda terbagi menjadi dua macam, yaitu : Lampu Katoda Monologam digunakan untuk mengukur 1 unsur dan Lampu Katoda Multilogam digunakan untuk pengukuran beberapa logam sekaligus (Nindita, 2011).

b. Tabung gas

Tabung gas pada AAS yang digunakan merupakan tabung gas yang berisi gas asetilen. Gas asetilen pada AAS memiliki kisaran suhu ± 20.000 K, dan ada juga tabung gas yang berisi gas N_2O yang lebih panas dari gas asetilen, dengan kisaran suhu ± 30.000 K. Regulator pada tabung gas asetilen berfungsi untuk pengaturan banyaknya gas yang akan dikeluarkan, dan gas yang berada di dalam

tabung. Spedometer pada bagian kanan regulator merupakan pengatur tekanan yang berada di dalam tabung (Nindita, 2011).

c. *Ducting*

Ducting merupakan bagian cerobong asap untuk menyedot asap atau sisa pembakaran pada AAS, yang langsung dihubungkan pada cerobong asap bagian luar pada atap bangunan, agar asap yang dihasilkan oleh AAS, tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Asap yang dihasilkan dari pembakaran pada AAS, diolah sedemikian rupa di dalam ducting, agar polusi yang dihasilkan tidak berbahaya (Nindita, 2011).

d. Kompresor

Kompresor merupakan alat yang terpisah dengan main unit, karena alat ini berfungsi untuk mensuplai kebutuhan udara yang akan digunakan oleh AAS pada waktu pembakaran atom. Kompresor memiliki 3 tombol pengatur tekanan, dimana pada bagian yang kotak hitam merupakan tombol ON-OFF, spedo pada bagian tengah merupakan besar kecilnya udara yang akan dikeluarkan, atau berfungsi sebagai pengatur tekanan, sedangkan tombol yang kanan merupakan tombol pengaturan untuk mengatur banyak dan sedikitnya udara yang akan disemprotkan ke *burner* (Nindita, 2011).

e. *Burner*

Burner berfungsi sebagai tempat pancampuran gas asetilen, dan aquabides, agar tercampur merata, dan dapat terbakar pada pemantik api secara baik dan merata. Lobang yang berada pada burner merupakan lobang pemantik api, dimana pada lobang inilah awal dari proses pengatomisasian nyala api (Nindita, 2011).

f. Buangan pada AAS

Buangan pada AAS disimpan di dalam drigen dan diletakkan terpisah pada AAS. Buangan dihubungkan dengan selang buangan yang dibuat melingkar sedemikian rupa, agar sisa buangan sebelumnya tidak naik lagi ke atas, karena bila hal ini terjadi dapat mematikan proses pengatomisasian pada saat pengukuran sampel, sehingga kurva yang dihasilkan akan terlihat buruk (Nindita, 2011).

g. Monokromator

Berfungsi mengisolasi salah satu garis resonansi atau radiasi dari sekian banyak spektrum yang dihasilkan oleh lampu pijar *hollow cathode* atau untuk

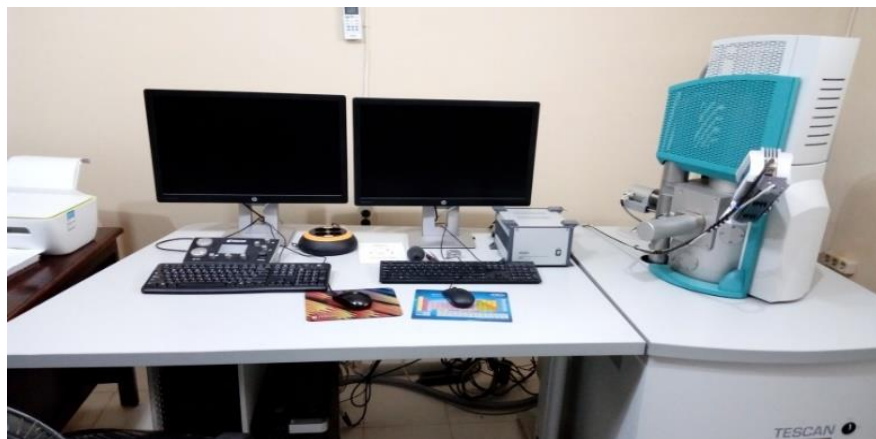
merubah sinar polikromatis menjadi sinar monokromatis sesuai yang dibutuhkan oleh pengukuran (Nindita, 2011).

h. *Detector*

Dikenal dua macam *detector*, yaitu *detector* foton dan *detector* panas. *Detector* panas biasa dipakai untuk mengukur radiasi inframerah termasuk *thermocouple* dan *bolometer*. *Detector* berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi yang diteruskan dan telah diubah menjadi energy listrik oleh fotomultiplier. Hasil pengukuran *detector* dilakukan penguatan dan dicatat oleh alat pencatat yang berupa printer dan pengamat angka (Nindita, 2011).

2.10 *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

SEM merupakan salah satu instrument karakterisasi material yang berguna untuk mengamati dan menganalisis struktur, topografi dan morfologi dari bahan padat seperti logam, keramik, polimer dan komposit. Alat ini menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk mendapatkan informasi gambar yang diinginkan dengan resolusi dan ketajaman gambar yang tinggi. Elektron memiliki resolusi mencapai 0,1 sampai dengan 0,2 nm, sedangkan cahaya tampak memiliki resolusi 200 nm. Dengan proses pencahayaan menggunakan elektron, SEM mempunyai resolusi sekitar 0,5 nm dengan perbesaran maksimum 500.000 kali (Goldstein, 2003). Bentuk alat SEM bisa dilihat pada gambar 5.



Sumber: Laboratorium Forensik POLDA

Gambar 2.5 Scanning Elektron Microscopic (SEM).

SEM menghasilkan gambar sebagai hasil dari pemindaian gambar yang diperbesar. Perbesaran tersebut sama dengan perbandingan ukuran gambar yang

ditampilkan ketika dipindai oleh penyorot pada spesimen. Perbesaran minimum adalah sudut maksimum yang dibentuk dan bergantung pada jarak yang dikerjakan. (Reed, 1993).