

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kayu Jawa**

##### **2.1.1 Deskripsi Kayu Jawa**

Kayu Jawa (*Linnea coromandalica* (Houtt.) Merr.) merupakan salah satu tumbuhan tropis yang keberadaannya tersebar luas di beberapa negara tropis termasuk Indonesia. Di Indonesia, Kayu Jawa tumbuh banyak di Sulawesi. Tanaman ini banyak ditemukan di pinggir jalan atau pekarangan sebagai pagar hidup. Di setiap daerah di Indonesia, tumbuhan ini dikenal dengan nama yang berbeda-beda. Di Jawa, tanaman ini disebut pohon Kudo, Jaranan, Ki Kuda, dan Kedondong Laki. Di Flores, tanaman ini disebut pohon Reo, sedangkan di Sulawesi Selatan disebut Aju Tammate yang berarti tidak mati, meskipun pada musim kemarau (Pagarra & Sahribulan, 2022).

Kayu Jawa merupakan tanaman asli Indonesia yang dapat dimanfaatkan kulit batang dan daunnya dengan cara ditumbuk atau direbus. Kulit batang dan daun Kayu Jawa dapat digunakan untuk mengobati luka bakar, luka dalam, dan perawatan paska persalinan (Rahayu et al., 2006). Kayu Jawa menjadi salah satu tanaman obat yang khas digunakan oleh suku Moronene, Desa Rau-Rau, Sulawesi Tenggara untuk mengobati berbagai macam penyakit. Di Sulawesi Selatan, tanaman ini digunakan untuk mengobati luka bakar. Di Kendari, masyarakat Suku Buto menggunakan kulit batang Kayu Jawa untuk mengobati muntah darah, kudis, dan mencret (Ismail et al., 2016). Di India, Kayu Jawa dimanfaatkan untuk mengobati berbagai penyakit, diantaranya sakit gigi, sakit perut, dan impotensi (Reddy, 2011 dalam Eskani et al., 2017).

Menurut Wahid (2009), secara taksonomi Kayu Jawa diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Mannoliophyta
Class	: Magnoliatae
Order	: Sapindales

Family : Anacardiaceae  
Genus : *Lanea*  
Species : *Lanea coromandelica* (Houtt.) Merr.

### 2.1.2 Kandungan Kimia Kayu Jawa

Kayu Jawa mengandung senyawa metabolit sekunder, seperti alkohol, steroid, triterpenoid, fenolik, flavonoid, tanin, dan saponin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Calsum et al. (2018), dihasilkan bahwa ekstrak kulit batang Kayu Jawa mengandung senyawa tanin yang ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi hijau gelap. Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder yang disintesis oleh tanaman (Jayanegara & Sofyan, 2008). Tanin memiliki berat molekul 500-3000 dan mengandung gugus hidroksi fenolik sehingga memungkinkan untuk membentuk ikatan silang yang efektif dengan protein dan molekul lain, seperti polisakarida, asam amino, asam lemak dan asam nukleat (Fahey dan Berger, 1988 dalam Hidayah, 2016).

Tanin terdiri dari tanin terkondensasi dan tanin yang mudah terhidrolisis. Tanin terkondensasi merupakan polimer senyawa flavonoid dengan ikatan karbon berupa *catechin* dan *gallocatechin*. Sedangkan, tanin yang mudah terhidrolisis merupakan polimer *gallic* dan *ellagic acid* yang berikatan ester dengan molekul gula (Patra dan Saxena, 2010 dalam Hidayah, 2016). Pada umumnya, tanin yang berasal dari hijauan (leguminosa) adalah tanin terkondensasi yang memiliki ikatan kompleks dengan protein yang lebih kuat (Fahey dan Berger, 1988 dalam Hidayah, 2016).

Tanin yang berinteraksi dengan protein memiliki tiga bentuk ikatan yaitu ikatan hidrogen, ikatan ion, dan ikatan kovalen. Tanin terhidrolisis dan terkondensasi berikatan dengan protein membentuk ikatan hidrogen. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan antara kelompok fenol dari tanin dan kelompok karboksil (aromatik dan alifatik) dari protein (Mueller, 2006 dalam Hidayah, 2016).

Tanin termasuk senyawa metabolit sekunder yang memiliki gugus hidroksil (-OH). Dimana gugus ini dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Nyangaga, 2001 dalam Nurkaromah & Sukandar, 2017). Berdasarkan penelitian Charter et al. (1978) dalam Hafista (2011) dalam Nurkaromah & Sukandar (2017), dapat diketahui bahwa tanin dan flavonoid memiliki gugus -OH yang dapat mengikat logam berat. Menurut Yanti (1998) dalam Nurkaromah & Sukandar (2017), biomassa yang memiliki gugus hidroksil dan karboksilat dapat mengadsorpsi ion logam berat. Hal tersebut didukung oleh penelitian Nurkaromah & Sukandar (2017) yang menggunakan tanin dari biomassa daun akasia dalam adsorpsi logam Pb(II). Hasil yang diperoleh yaitu tanin dapat mengadsorpsi Pb(II) dengan efisiensi 85,58% dan kapasitas adsorpsi sebesar 1,265 mg/g.

## **2.2 Logam Berat Kadmium (Cd)**

### **2.2.1 Deskripsi Logam Berat Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang berwarna putih perak, mengkilap, lunak, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, tahan panas, tahan korosi, dan dapat menghasilkan kadmium oksida apabila dipanaskan, serta bersifat tidak stabil dalam bentuk Cd(II). Cd memiliki nomor atom 48; berat atom 112,4; titik leleh 321°C; titik didih 767°C; dan masa jenis 8,65 g/cm<sup>3</sup> (Widowati et al., 2008 dalam Adhani & Husaini, 2017). Cd dan senyawanya sangat larut dalam air dibandingkan dengan logam lain (Mudgal et al., 2010).

Cd merupakan salah satu jenis logam berat yang dapat menyebabkan keracunan (toksik) pada manusia (Yudo, 2006). Cd memiliki bioavailabilitas yang sangat tinggi sehingga cenderung mengalami bioakumulasi (Mudgal et al., 2010). Bioakumulasi adalah peningkatan konsentrasi zat kimia pada tubuh makhluk hidup dalam waktu yang cukup lama daripada konsentrasi zat kimia yang terdapat di alam (Yudo, 2006).

Menurut Badan Internasional untuk Penelitian Kanker, Cd merupakan salah satu logam berat yang bersifat karsinogen bagi manusia (Henson & Chedrese, 2004). Dalam jangka waktu yang panjang, Cd dapat

terakumulasi pada tubuh, khususnya hati dan ginjal (Sembiring dkk., 2008 dalam Adhani dan Husaini, 2017). Paparan Cd dalam jangka panjang dapat mengakibatkan perubahan *morphopathological* pada ginjal (Mudgal et al., 2010). Cd dapat menyebabkan kerusakan tulang, gangguan fungsi ginjal, kerusakan paru-paru, iritasi lambung, muntah, dan diare (Bernad, 2008 dalam Adhani dan Husaini, 2017).

Berdasarkan studi pada manusia dan hewan, menunjukkan bahwa paparan Cd bersama gangguan metabolisme kalsium, pembentukan batu ginjal, dan hiperkalsiuria dapat mengakibatkan osteoporosis (kerusakan tulang) (Arao & Ishikawa, 2006). Menghirup Cd dalam jumlah besar dapat menyebabkan kerusakan parah pada paru-paru. Apabila Cd tertelan dalam jumlah besar, maka dapat menyebabkan iritasi lambung, muntah, dan diare. Apabila terpapar Cd dengan konsentrasi rendah dan dalam waktu yang lama, maka akan terakumulasi di ginjal sehingga mengakibatkan gangguan pada ginjal, tulang rapuh, dan kerusakan paru-paru (Bernard, 2008 dalam Adhani dan Husaini, 2017). Menurut Sembiring dkk. (2008) dalam Adhani dan Husaini (2017), Cd dengan konsentrasi yang rendah akan mengakibatkan gangguan paru-paru, *emphysema*, dan *renal tubular disease* yang kronis.

### **2.2.2 Sumber Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd)**

Logam kadmium (Cd) tersebar luas di alam akibat kegiatan alam seperti letusan gunung berapi, pelapukan, dan transportasi sungai. Namun, terdapat beberapa aktivitas manusia yang dapat menghasilkan Cd, seperti pertambangan, peleburan, pembakaran limbah, dan pembuatan pupuk (Chakraborty et al., 2013). Menurut Connel dan Miller (1995) dalam Adhani dan Husaini (2017), pencemaran Cd dapat berasal dari aktivitas pertambangan, produksi, domestic, dan pertanian. Selain itu, Cd dapat dihasilkan oleh industri alloy, pemurnian Zn, dan pestisida (Rochyatun dkk., 2006 dalam Adhani dan Husaini (2017).

Menurut Darmono (2001) dalam Adhani dan Husaini (2017), Cd di alam berhubung dengan logam timbal (Pb) dan seng (Zn). Dalam industri pertambangan, proses pemurnian Pb dan Zn akan menghasilkan Cd. Cd yang

dihasilkan ini akan dibuang sehingga mencemari sumber air atau air baku. Air baku yang tercemar mengakibatkan logam Cd masuk ke tubuh melalui minuman yang dikonsumsi, salah satunya yaitu Air Minum Dalam Kemasan (AMDK).

Pada umumnya AMDK yang dijual oleh perusahaan, telah mendapat rekomendasi dari Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) yang tentunya sudah sesuai dengan syarat mutu AMDK berdasarkan SNI 01-3553-2006. Syarat mutu AMDK menurut SNI 01-3553-2006 yaitu tidak berbau; rasa normal; memiliki nilai warna maksimal 5 unit Pt-Co; pH 6 - 8,5 (air mineral), pH 5,0 – 7,5 (air demineral); kekeruhan maksimal 1,5 NTU; cemaran logam dan cemaran mikroba tidak melebihi batas maksimum. Penetapan syarat mutu ini bertujuan agar tidak terjadi kontaminasi zat ataupun bahan yang membahayakan kesehatan tubuh (Khaira, 2014). Berdasarkan SNI 01-3553-2006 tentang persyaratan mutu Air Minum Dalam Kemasan dapat diketahui bahwa batas cemaran logam Cd untuk air mineral dan air demineral yaitu maksimal sebesar 0,003 mg/L.

## **2.3 Adsorpsi**

### **2.3.1 Deskripsi Adsorpsi**

Adsorpsi atau penyerapan merupakan proses pemisahan dimana komponen suatu cairan akan berpindah ke permukaan zat padat. Mekanisme adsorpsi yaitu proses molekul meninggalkan larutan kemudian akan menempel pada permukaan zat adsorben karena sifat kimia dan fisika (Kartikaningsih et al., 2014). Menurut Palar (2008) dalam Rahmi & Sajidah (2017), adsorpsi merupakan proses terakumulasinya adsorbat pada permukaan adsorben karena adanya gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi lebih dari satu bergantung pada struktur kimia dari komponen.

Menurut Parker (1993) dalam Yusani (2021), adsorpsi terdiri dari adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika. Adsorpsi kimia melibatkan interaksi yang kuat antara adsorben dan adsorbat sehingga adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain. Adsorpsi ini bersifat *irreversible*.

Sedangkan, adsorpsi fisika merupakan interaksi antara adsorben dan adsorbat karena gaya tarik Van der Waals. Adsorpsi ini bersifat *reversible* karena terjadinya interaksi yang lemah antara adsorben dan adsorbat, serta tidak melalui ikatan kovalen.

### **2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi**

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti pengadukan, karakteristik adsorben, dan kelarutan adsorben. Kecepatan adsorpsi dapat dipengaruhi oleh pengadukan. Apabila proses pengadukan relatif kecil, maka adsorben sulit menembus lapisan *film diffusion*. Lapisan ini merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Apabila pengadukan tepat, maka akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion*. Titik ini merupakan faktor pembatas dalam sistem batch.

Selain itu, adsorpsi juga dipengaruhi oleh karakteristik adsorben. Sifat fisik adsorben seperti ukuran, massa, dan luas permukaan akan mempengaruhi proses adsorpsi. Ukuran partikel adsorben akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Dimana semakin kecil ukuran partikel, maka luas permukaan adsorben semakin besar. Apabila semakin besar luas permukaan, maka tingkat adsorpsi akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Amalia et al. (2019), bahwa dalam penentuan ukuran partikel optimum pada adsorpsi Cd menggunakan adsorben arang tulang ayam dilakukan variasi ukuran partikel yaitu ukuran 80, 100, dan 120 mesh. Penelitian dilakukan menggunakan 0,5 gram adsorben dalam 25 ml larutan Cd 0,6 ppm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ukuran partikel 120 mesh merupakan ukuran partikel optimum dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,19875 mg/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi ukuran partikel 80 dan 100 mesh secara berurutan yaitu sebesar 0,1965 dan 0,19775 mg/g. Ukuran partikel mesh 120 memiliki ukuran partikel yang lebih kecil daripada mesh 80 dan 100. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel, maka luas permukaannya semakin besar sehingga kapasitas adsorpsi yang dihasilkan semakin besar. Luas permukaan yang besar dapat menyerap kandungan logam lebih optimal ketika kontak dengan larutan.

Selain itu, massa adsorben juga dapat mempengaruhi adsorpsi. Semakin besar massa adsorben yang digunakan, maka persentase adsorpsi akan semakin meningkat. Namun, akan ada saatnya ketika massa terus ditambah, maka persentase adsorpsi akan meningkat, tetapi kapasitas adsorpsi akan menurun. Hal ini menunjukkan telah terjadi kesetimbangan. Kesetimbangan dapat terjadi ketika pertukaran semua logam dan kation pada permukaan luar dan dalam adsorben telah tercapai (Said & Widiastuti, 2008). Hal ini sesuai dengan penelitian Bugis dkk. (2019) yaitu pemanfaatan tanin dari serbuk kulit Jeruk Bali untuk mereduksi kadar Cd(II) pada limbah cair artifisial. Pada penelitian tersebut menggunakan variasi massa biosorben 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 gram dalam 100 ml larutan Cd(II). Massa optimum yang diperoleh yaitu pada massa 1,5 gram dengan konsentrasi Cd sisa sebesar 13,44 ppm. Sedangkan konsentrasi Cd sisa pada massa 0,5; 1,0; dan 2,0 gram secara berurutan yaitu sebesar 33,61; 20,26; dan 16,82 ppm. Hal tersebut terjadi karena seiring dengan bertambahnya massa adsorben, maka jumlah partikel dan luas permukaan semakin meningkat sehingga menyebabkan bertambahnya sisi aktif adsorpsi. Namun, apabila dilakukan penambahan adsorben hingga massa tertentu, maka terjadi penurunan dalam penyerapan logam (Shukla et al., 2002 dalam Anwar dkk., 2022).

Berdasarkan penelitian Tasanif dkk. (2020) yaitu adsorpsi Cd(II) menggunakan variasi massa adsorben ampas tebu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 gram dalam 100 mL larutan Cd 8 ppm. Massa optimum yang diperoleh yaitu pada massa 0,5 gram dengan kapasitas adsorpsi 1,95 mg/g. Sedangkan massa biosorben 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 gram memiliki kapasitas adsorpsi <1,95 mg/g. Hal ini karena adsorben sudah jenuh untuk menyerap logam dalam larutan dan juga terjadi agregasi partikel adsorben yang menyebabkan penurunan luas permukaan total. Selain itu, agregasi partikel juga dapat menyebabkan desorpsi adsorbat yang terikat lemah pada permukaan adsorben (Shukla et al., 2002 dalam Anwar dkk., 2022).

Sifat fisik lain yang dapat mempengaruhi adsorpsi yaitu waktu kontak. Waktu untuk mencapai titik kesetimbangan yaitu sekitar beberapa menit hingga beberapa jam. Waktu kontak terbaik yaitu waktu ketika

terjadinya kesetimbangan antara laju adsorpsi dan desorpsi (Alias dan Nizam, 2008 dalam Miningsih dkk., 2016). Pada umumnya, pengikatan ion logam terjadi di awal reaksi. Pada reaksi selanjutnya akan berjalan seragam atau terjadi penurunan karena dinding sel biomassa sudah mengalami dekomposisi lebih lanjut (Jasmidi dkk., 2002 dalam Miningsih dkk., 2016). Berdasarkan penelitian Pang dkk. (2022) yaitu adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  pada air limbah menggunakan lumpur merah. Pada penelitian tersebut dilakukan penentuan waktu kontak optimum dengan variasi waktu 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300, 360, 420, 480 menit. Hasil yang diperoleh yaitu waktu kontak optimum terjadi pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi 18 mg/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi pada waktu kontak 10, 20, 30 menit masih cenderung naik. Hal ini terjadi karena pada awal adsorpsi banyak sisi aktif yang kosong pada permukaan adsorben sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke dalam adsorben semakin banyak. Namun, pada waktu tertentu kapasitas adsorpsi akan konstan yaitu terjadi pada adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  setelah waktu kontak 60 menit yang cenderung konstan. Hal ini karena adsorben telah mencapai kesetimbangan dimana  $Cd^{2+}$  yang sudah teradsorpsi akan berdifusi ke bagian dalam adsorben seiring dengan ukuran pori sehingga adsorben sudah jenuh dengan ion logam dan tidak mampu menyerap  $Cd^{2+}$  lagi.

Hal ini juga sesuai dengan penelitian Desta (2013) bahwa dalam penentuan waktu kontak optimum adsorpsi Cd(II) dengan *Activated Teff Straw* (ATS) pada limbah tekstil digunakan variasi waktu 0-150 menit. Berdasarkan hasil yang diperoleh, adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan persentase adsorpsi sebesar  $\pm 70\%$ . Sedangkan, persentase adsorpsi pada waktu kontak setelah 60 menit terjadi peningkatan yang tidak signifikan dalam konsentrasi kesetimbangan atau yang disebut fase adsorpsi telah mencapai kesetimbangan.

Selain sifat fisika, terdapat sifat kimia yang dapat mempengaruhi adsorpsi, seperti pH dan konsentrasi larutan adsorbat. pH larutan dan perubahan pH larutan akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben sehingga dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Hal ini karena ion  $H^+$  dapat

bereaksi dengan gugus fungsi pada sisi aktif permukaan adsorben (Hasrianti, 2013). Dimana semakin tinggi pH, maka adsorpsi semakin bertambah. Namun, suatu saat akan terjadi kesetimbangan adsorpsi yaitu pada pH optimum. Kesetimbangan terjadi ketika pertukaran semua ion logam dan kation pada permukaan luar dan dalam adsorben telah tercapai (Said & Widiastuti, 2008). Hal ini berkaitan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben.

Berdasarkan penelitian Hasrianti (2013) yaitu adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada limbah cair menggunakan kulit singkong. Pada penelitian tersebut dilakukan penentuan pH optimum dengan variasi pH 2,2; 4,1; 6,1; dan 8,3. pH optimum dalam adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  menggunakan kulit singkong terjadi pada pH 6,1 dengan kapasitas adsorpsi 0,93 mg/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi pada pH 2,2; 4,1; dan 8,3 secara berurutan yaitu 0,91; 0,91; dan 0,90 mg/g. Adsorpsi mulai dari pH rendah hingga pH optimum cenderung meningkat. Namun, setelah pH optimum, adsorpsi cenderung menurun. Pada pH rendah yaitu pH 2,2 dan 4,1 kapasitas adsorpsi cenderung rendah karena permukaan adsorben dikelilingi oleh ion  $\text{H}^+$  sehingga permukaan adsorben bermuatan positif. Dengan demikian, akan terjadi reaksi tolak-menolak antara permukaan adsorben dengan ion logam sehingga  $\text{Cd(II)}$  akan bebas dalam larutan. Sedangkan pada pH tinggi yaitu pH 8,3; kapasitas adsorpsi menurun karena adanya pengendapan sehingga jumlah  $\text{Cd(II)}$  yang ada dalam larutan berkurang (Oscik, 1991 dalam Hasrianti, 2013).

Agar penyerapan  $\text{Cd(II)}$  mencapai kondisi optimal, maka perlu dikondisikan pada pH optimum. Distribusi  $\text{Cd}$  untuk membentuk ion logam  $\text{Cd(II)}$  terletak pada pH 4-8. pH optimum adsorpsi  $\text{Cd(II)}$  yaitu pH 6. Hal ini didukung oleh penelitian Agustrya dkk. (2015) bahwa dalam penentuan pH optimum adsorpsi  $\text{Cd(II)}$  dengan kitosan terimobilisasi ditizon digunakan variasi pH 4, 5, 6, dan 7. Berdasarkan hasil penelitian, pH optimum terjadi pada pH 6 dengan persentase adsorpsi  $\text{Cd(II)}$  sebesar 98,55% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,315 mg/g.

Menurut Kusumawardani dkk. (2018) persentase adsorpsi  $\text{Cd(II)}$  meningkat seiring dengan bertambahnya nilai pH. Namun, pada pH yang

terlalu rendah akan terjadi persaingan proton dengan ion logam. Sedangkan pada pH yang terlalu tinggi akan terjadi hidroksida logam. Dimana pada pH 8 Cd(II) yang terbentuk berubah menjadi Cd(OH)<sub>2</sub>. Selain itu, menurut Kobya (2005) dalam Wijaya dan Ulfin (2015), pada pH < 6 spesi ion Cd yang terbentuk dalam larutan adalah Cd(II) sehingga terjadi kompetisi antara proton (H<sup>+</sup>) dan ion logam bermuatan positif (Cd(II)). Sedangkan pada pH 7–13, adsorpsi Cd(II) mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena berkurangnya kompetisi antara proton (H<sup>+</sup>) dan ion logam bermuatan positif (Cd(II)) sehingga Cd(II) mudah terjerap dalam karbon aktif. Sedangkan menurut Wijaya dan Ulfin (2015), pada pH ≥ 8 selain terjadi proses adsorpsi, juga terjadi proses pengendapan dalam larutan. Kondisi basa menyebabkan terbentuknya spesi hidroksi (Cd(OH)<sub>2</sub>) yang mengendap dalam larutan. Berdasarkan nilai K<sub>sp</sub>, diperoleh pH saat larutan Cd(II) 50 mg/L mengendap yaitu pada pH 7,6. Dengan demikian, penurunan kadar Cd(II) pada pH 8, 10, dan 13 tidak hanya disebabkan oleh proses adsorpsi saja, tetapi juga proses pengendapan.

Konsentrasi larutan adsorbat yang digunakan juga dapat mempengaruhi adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi, maka akan semakin banyak molekul. Dengan demikian, tumbukan antar molekul akan semakin sering terjadi. Apabila semakin banyak tumbukan yang terjadi, maka kemungkinan untuk menghasilkan tumbukan yang efektif akan semakin besar sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat (Nurkaromah & Sukandar, 2017).

### 2.3.3 Adsorben

Adsorben merupakan material padat berpori yang digunakan untuk menyerap adsorbat pada proses adsorpsi. Syarat adsorben yang baik yaitu memiliki pori, rongga, dan situs aktif. Menurut IUPAC, pori terdiri dari 3, yaitu mikropori (diameter < 2 nm), mesopori (diameter 2-50 nm) dan makropori (diameter > 50 nm). Pori yang aktif digunakan pada proses adsorpsi adalah mikropori dan mesopori. Sedangkan makropori berfungsi sebagai jalan menuju mesopori dan mikropori. Keberadaan mikropori

berpengaruh terhadap luas permukaan. Semakin banyak mikropori, maka luas permukaan spesifik semakin tinggi sehingga kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat semakin tinggi. Sementara itu, pada adsorpsi kimia, keberadaan situs aktif lebih penting daripada tingginya luas permukaan spesifik. Hal ini karena pH dapat mengubah muatan situs aktif di permukaan adsorben. Oleh karena itu, perlu dilakukannya karakterisasi adsorben untuk melihat keberadaan gugus fungsi selain luas permukaan spesifik dan distribusi ukuran pori (Astuti, 2018).

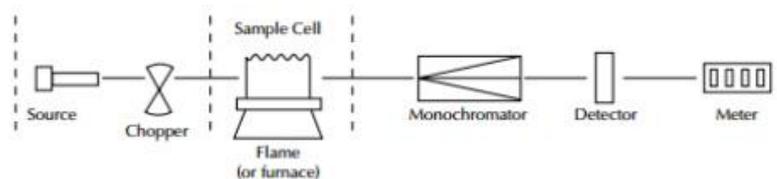
Pemisahan adsorbat dari larutannya dipengaruhi oleh sifat adsorbat maupun adsorben. Sifat dalam hal ini yaitu perbedaan bobot molekul atau perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul dapat melekat pada permukaan lebih erat dibandingkan molekul lainnya (Saragih, 2008 dalam Yusan, 2021). Apabila adsorben bersifat polar, maka komponen polar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang nonpolar. Sebaliknya, jika adsorben bersifat nonpolar, maka komponen nonpolar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang polar (Hasrianti, 2013).

#### **2.4 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan metode analisis kuantitatif yang berdasarkan pada pengukuran radiasi cahaya yang diserap atom bebas pada panjang gelombang tertentu sehingga konsentrasi logam dapat ditentukan (Marti dan MW, 2011 dalam Yusan, 2021). Analisa SSA didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi dari sumber nyala atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (Nasution, 2009). Menurut Darmono (1995) dalam Sutrisna et al. (2018), pada prinsipnya SSA bekerja berdasarkan penguapan larutan sampel. Dimana sampel yang berbentuk cairan akan diubah menjadi aerosol, lalu akan masuk ke dalam nyala. Pada tahap ini, logam akan diubah menjadi atom-atom dalam keadaan dasar (*ground state*). Kemudian sinar yang berasal dari lampu katoda dengan panjang gelombang tertentu akan dilewatkan kepada atom dalam nyala api sehingga elektron pada kulit terluar dari atom naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi.

Pada keadaan ini bersifat tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar (*ground state*) dengan melepaskan tenaga eksitasinya dalam bentuk radiasi. Atom dalam keadaan dasar (*ground state*) akan menyerap radiasi. Penyerapan yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya atom *ground state* yang berada dalam nyala. Sinar yang tidak diserap oleh atom akan diteruskan dan dipancarkan pada detektor. Kemudian diubah menjadi sinyal yang terukur. Jumlah sinar yang diserap menunjukkan jumlah analit.

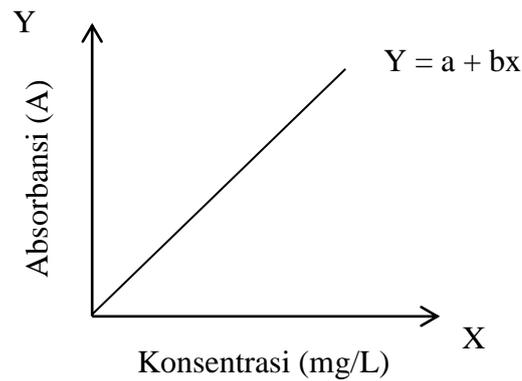
Skema umum instrument SSA seperti pada gambar di bawah ini (Haswell, 1991 dalam Irianti dkk., 2017).



**Gambar 2.1** Skema Umum Komponen-Komponen pada Instrumen SSA

Menurut Khopkar (2010) dalam Amrulloh (2017), SSA merupakan metode yang sangat peka dalam menganalisis, teliti, cepat, spesifik, dan sensitif. SSA dapat digunakan dalam analisis zat pada konsentrasi rendah hingga ke bagian per miliar gram dari suatu sampel (Garcia et al., 2012). Dengan demikian, SSA merupakan metode pilihan utama untuk mengukur sampel logam dengan kadar yang sangat kecil (Broekaert, 2002 dalam Irianti dkk., 2017). Salah satu syarat menggunakan SSA yaitu sampel harus berupa cairan atau larutan, sehingga untuk sampel padat perlu didestruksi terlebih dahulu (Murtini et al, 2009).

Pengujian logam berat dengan SSA dilakukan dengan membuat deret larutan standar, mengukur standar dan contoh, serta menghitung kadar logam berat contoh. Hasil pengukuran standar yaitu berupa absorbansi dan konsentrasi. Dimana absorbansi terletak pada sumbu Y dan konsentrasi pada sumbu X yang digambarkan dengan kurva kalibrasi di bawah ini.



**Gambar 2.2** Persamaan Garis Regresi Linear

Berdasarkan kurva kalibrasi yang diperoleh dapat dihasilkan persamaan garis regresi linear yang dinyatakan dengan  $Y = a + bx$ , dengan keterangan sebagai berikut.

$Y =$  Absorbansi

$a =$  Intersep

$b =$  Slope

Perhitungan konsentrasi Cd yang didapat dari hasil pengukuran dilakukan dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan regresi linear. Hasil konsentrasi Cd yang diperoleh dihitung kadarnya. Perhitungan kadar Cd dalam contoh dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cd \text{ (mg/L)} = C \times fp$$

Keterangan :

$C =$  Konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L)

$fp =$  Faktor pengenceran

(SNI 06-6989.16-2009 Badan Standarisasi Nasional, 2009)