

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Genjer

Genjer (*Limnocharis flava*) merupakan tumbuhan darat liar sama seperti kangkung, semanggi dan bopong yang termasuk pada jenis yang sama, tapi genjer hanya akan tumbuh subur di lahan yang banyak tergenang air. Tumbuh di lembah sungai, genjer juga mudah ditemui pada lapisan tanah gembur dan lapisan lumpur yang tergenang air dangkal. Selain itu lahan persawahan yang digenangi air setelah masa panen atau disela tanaman padi yang masih muda (Maria 2001).

Genjer (*L. flava*) merupakan tanaman yang hidup di rawa atau kolam berlumpur yang banyak airnya. Tanaman ini berasal dari Amerika, terutama bagian negara beriklim tropis. Selain daunnya, bunga genjer muda juga enak dijadikan masakan. Genjer cocok diolah menjadi tumisan, lalap, pecel, atau campuran gado-gado. Biasanya ditemukan bersama-sama dengan eceng gondok (Nuarisma, 2012). Morfologi tanaman genjer dapat dilihat pada Gambar 1.

Adapun klasifikasi tanaman genjer menurut Plantamor (2008) adalah

Kingdom : Plantae

Subkingdom : Tracheobionta

Superdivisi : Spermatophyta

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Subkelas : Alismatidae

Ordo : Alismatales

Famili : Limnocharitaceae

Genus : *Limnocharis*

Spesies : *L. flava* (L.) Buch



Gambar 1. Tanaman genjer (*L. flava*)
(Sumber: Plantmor 2008)

Genjer dalam bahasa internasional dikenal sebagai limnocharis, sawahflower rush, sawah-lettuce, velvetleaf, yellow bur-head, atau cebolla de chuco. Tumbuhan ini tumbuh di permukaan perairan dengan akar yang masuk ke dalam lumpur. Tinggi tanaman genjer dapat mencapai setengah meter, memiliki daun 4 tegak atau miring, tidak mengapung, batangnya panjang dan berlubang, dan bentuk helainya bervariasi. Genjer memiliki mahkota bunga berwarna kuning dengan diameter 1,5 cm dan kelopak bunga berwarna hijau (Steenis, 2006).

Tanaman genjer biasa hidup di air, sawah ataupun rawa-rawa. Tanaman ini mempunyai akar serabut. Akar lembaga dari tanaman ini dalam perkembangan selanjutnya mati atau kemudian disusul oleh sejumlah akar yang kurang lebih sama besar dan semuanya keluar dari pangkal batang. Akar-akar ini bukan berasal dari calon akar yang asli yang dinamakan akar liar, bentuknya seperti serabut, dinamakan akar serabut (*radix adventicia*). Tanaman genjer merupakan tanaman yang mempunyai daun yang termasuk kategori daun lengkap, memiliki ujung daun meruncing dengan pangkal yang tumpul, tepi daun rata, panjang 5-50 cm, lebar 4-25 cm, pertulangan daun sejajar, dan berwarna hijau. Batang tanaman genjer memiliki panjang 5-75 cm, tebal, berbentuk segitiga dengan banyak ruang udara, terdapat pelapis pada bagian dasar. Berdasarkan pada letaknya, bunga pada tanaman genjer ini terdapat di ketiak daun (*flos lateralis* atau *flos axillaries*), majemuk, berbentuk payung, terdiri dari 3-15 kuntum, kepala putik bulat, ujung melengkung ke arah dalam, dan berwarna kuning (Fitryani, 2009).

Tanaman genjer dapat bereproduksi secara vegetatif dan dengan biji. Biji yang terkandung dalam kapsul matang atau folikel merupakan biji yang ringan. Kapsul yang menekuk ke arah air, menyediakan biji-biji untuk dilepas. Kapsul yang kosong dapat berkembang menjadi tanaman vegetatif yang membentuk tanaman inang atau mengapung untuk menetap di tempat lain. Tanaman ini selalu berbunga sepanjang tahun di wilayah dengan kelembaban yang cukup. Namun, tanaman ini dapat menjadi tanaman tahunan dimana kelembaban bersifat musiman (*Department of Primary Industries and Fisheries, 2007*). Komposisi gizi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) adalah :

Tabel 1. Komposisi tanaman genjer

Komposisi gizi	Jumlah/100 g bahan ^(a)	Jumlah ^(b)
Energi	33 kkal	343,26 ± 9,75 kJ/100 g
Protein kasar	1,7 g	0,28±0,01 %
Lemak kasar	0,2 g	1,22±0,01 %
Karbohidrat	7,7 g	14,56±0,14%
Abu	-	0,79±0,03 %
Kalsium	62 mg	770,87±105,26 mg/ 100 g
Fosfor	33 mg	-
Besi	2,1 mg	-
Potasium	-	4202,5±292,37 mg/ 100 g
Tembaga	-	8,31±1,83 mg/100 g
Magnesium	-	228,1±15,26 mg/ 100 g
Zinc	-	0,66±0,05 mg/100 g
Natrium	-	107,72±17,15 mg/ 100 g
Vitamin A	3.800 mg	-
Vitamin B1	0,07 mg	-
Vitamin C	54 mg	-
Air	90 g	79,34±0,15%
Serat Kasar	-	3,81±0,04%
B.D.D	70 %	-

Sumber :

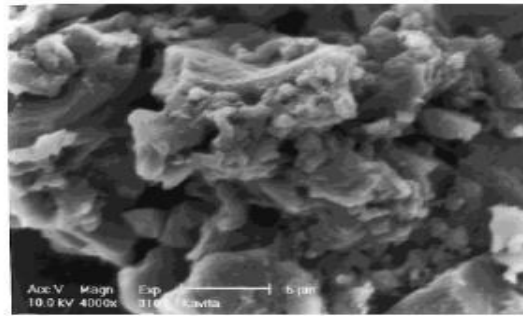
(a) Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan (1992), diacu dalam Rusydi (2010)

(b) Saupi *et al.* (2009), jumlah dalam berat kering, diacu dalam Rusydi (2010)

2.2. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Kvech *et al.* (1998), menyatakan bahwa karbon aktif adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang

mengandung karbon melalui proses pirolisis. Sebagian dari pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen, dan sulfur.

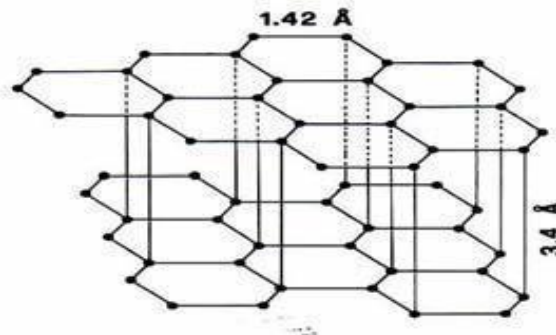


Gambar 2. Morfologi permukaan karbon aktif pada pembesaran 4000x
(Sumber : Kvech *et al.*, 1998)

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi. Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Luas permukaan (*surface area*) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, dengan total volume pori-porinya sebesar $10,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mg}^{-1}$ dan diameter pori rata-rata $21,6 \text{ \AA}$, sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak. Semakin luas permukaan pori-pori dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi (Allport, 1997).

Karbon aktif berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan sangat besar (100 sampai $2000 \text{ m}^2/\text{gr}$). Hal tersebut dikarenakan karbon aktif memiliki struktur pori-pori yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Setiap jenis karbon aktif mempunyai jumlah dan besar pori yang berbeda, tergantung dari bahan dasar dan pembuatnya. Menurut Hartanto dan Ratnawati (2010), karbon aktif merupakan karbon amorf dari pelat-




pelat datar tersusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya seperti yang terlihat pada Gambar 3. Luas permukaan akan menyebabkan daya serapnya bertambah dibanding dengan karbon biasa.



Gambar 3. Struktur Grafit dari Karbon Aktif
(Sumber : Hartanto dan Ratnawati, 2010)

Aplikasi karbon aktif komersil dapat digunakan sebagai penghilang bau dan resin, penyulingan bahan mentah, pemurnian air limbah, penjernih air, dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun fasa gas (Kvech *et al.*, 1998 dan Worch, 2012). Berikut ini ialah klasifikasi karbon aktif berdasarkan bentuk dan kegunaannya.

Tabel 2. Klasifikasi Karbon Aktif

Jenis Karbon	Ukuran (mm)	Kegunaan	Bentuk
<i>Powdered Activated Carbon</i> (PAC)	< 0,18	Digunakan pada fasa cair	
<i>Granular Activated Carbon</i> (GAC)	0,2-0,5	Digunakan pada fasa cair dan gas	
<i>Extruded Activated Carbon</i> (EAC)	0,8-5	Digunakan pada fasa gas	

Sumber : *Activated Carbon*, Kvech. 1998.

Karbon aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk *powder* yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 Å, digunakan dalam fase cair, dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu. Karbon aktif sebagai pemucat ini diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Karbon aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 Å, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Karbon aktif sebagai penyerap ini diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras (Kvech *et al.*, 1998).

Menurut Badan Standar Nasional Indonesia, berdasarkan SK penetapan 501/IV.2.06/HK/08/1995 Nomor SNI 06-3730-1995. Karbon Aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 3. Standar Kualitas Karbon Aktif Menurut SNI 06-3730-1995

Uraian	Persyaratan Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar Air, %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar Abu, %	Maks. 2,5	Maks. 10
Daya Serap terhadap I ₂ , mg/g	Min. 750	Min. 750

Sumber : Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 1995.

Tabel 4. Standar Kualitas Karbon Aktif untuk kebutuhan Komersil

Uraian	Persyaratan Kualitas
Kadar Air, %	20,85
Kadar Abu, %	5,17
Daya Serap terhadap I ₂ , mg/g	643

Sumber : Hendra, 2007

Daya serap dari karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan kontak partikel. Kemampuan serap dari karbon aktif dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi menggunakan bahan-bahan kimia sebagai zat aktivator ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi.

Karbon aktif yang umum dipasaran adalah karbon aktif dari tempurung kelapa, namun sebenarnya karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan baik bahan organik maupun anorganik yang mengandung unsur karbon. Karbon aktif dapat dibuat dari bahan baku yang banyak mengandung karbon, dimana bahan baku ini dikarbonisasi pada suhu tinggi, contohnya karbon aktif dapat dibuat dari batang jagung, ampas tebu, cangkang sawit, biji ketapang, kacang tanah, dan sekam padi. Secara umum karbon aktif dibuat dalam dua tahap utama yaitu:

1. Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pemanasan bahan-bahan organik pada suhu tertentu dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya di dalam furnace. Proses ini menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik penyusun struktur bahan. Material padat yang tersisa setelah proses karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan area permukaan spesifik yang sempit (Cundari, 2015). Adapun yang mempengaruhinya adalah bahan baku, kekerasan bahan baku, udara sekeliling *furnace*, dan waktu pemanasan.

2. Proses Aktivasi

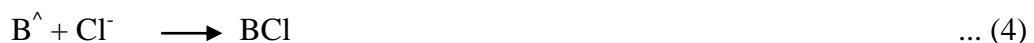
Aktivasi adalah bagian dalam proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi. Melalui proses aktivasi karbon aktif akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat, karena karbon aktif hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat yang masih menutupi pori-pori permukaan karbon aktif. Pada proses aktivasi karbon aktif akan mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia sehingga dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Budiono dkk., 2009). Proses aktivasi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

a. Proses Aktivasi Termal

Proses aktivasi termal umumnya melibatkan gas pengoksidasi seperti oksida oleh udara pada pengatur rendah, uap CO₂ atau aliran gas pada temperatur tinggi (Pohan, 1993). Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik atau sifat dari karbon aktif yang dihasilkan melalui proses aktivasi fisika antara lain adalah bahan dasar, laju aliran kalor, laju aliran gas, proses karbonasi sebelumnya, suhu pada saat proses aktivasi, agen pengaktivasi yang digunakan, lama proses aktivasi, dan alat yang digunakan (Marsh and Francisco, 2006).

b. Proses Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia merupakan aktivasi yang menggunakan bahan-bahan kimia yang telah ada dalam karbon ataupun sengaja ditambahkan untuk menguraikan material selulosa secara kimia. Proses aktivasi kimia merujuk pada pelibatan bahan kimia pengaktif. Bahan kimia yang biasa dipakai sebagai aktivator adalah HCl, H₂SO₄, NaCl, H₃PO₄, CaCl, dan HNO₃. Mekanisme reaksi jika aktivator yang dipakai adalah HCl yaitu:



Ket:

A* dan B[^] merupakan komponen pengotor

Dari kedua jenis proses aktivasi yang ada, menurut Suhendra dan Gunawan (2010), cara aktivasi kimia memiliki berbagai keunggulan tertentu dibandingkan dengan cara aktivasi fisika, diantaranya adalah:

- a. Dalam proses aktivasi kimia, zat kimia pengaktif sudah terdapat dalam tahap penyiapannya sehingga proses karbonisasi dan proses aktivasi karbon terakumulasi dalam satu langkah yang umumnya disebut *one-step activation* atau metode aktivasi satu langkah.
- b. Dalam proses aktivasi kimia, suhu yang digunakan umumnya lebih rendah dibanding pada aktivasi fisika.

- c. Efek dari agen dehidrasi pada aktivasi kimia dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon.

2.3. Zat Aktivator

Aktivator adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai pengaktif. Zat ini akan mengaktifkan atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Dengan begitu saat pemanasan, senyawa pengotor yang terdapat dalam pori menjadi lebih mudah teruap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan daya serapnya meningkat.

Menurut Cundari (2015), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif yaitu CaCl_2 , NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_3PO_4 , ZnCl_2 , dan lainnya.

2.4. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu fenomena yang berkaitan erat dengan permukaan dimana terlibat interaksi antara moleku-molekul cairan atau gas dengan molekul padatan. Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik atom molekul yang menutupi permukaan tersebut. Kapasitas adsorpsi dari karbon aktif tergantung pada jenis pori dan jumlah permukaan yang mungkin dapat digunakan untuk mengadsorpsi (Monocha, 2007).

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012).

Berdasarkan kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi apabila gaya intermolekular lebih besar daripada gaya tarik antar molekul atau

gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya Van Der Waals sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain adsorben.

Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul-molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul fluida itu sendiri. Adsorpsi kimia terjadi karena adanya pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga terjadi reaksi kimia. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dengan adsorben adalah ikatan kimia dan ikatan itu lebih kuat daripada adsorpsi fisika (Mu'jizah, 2010).

1. Kinetika Adsorpsi

Kinetika kimia mencakup suatu pembahasan 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, 2004).

Analisa kinetika didasarkan pada kinetika reaksi terutama pseudo orde pertama atau mekanisme pseudo pertama bertingkat. Untuk meneliti mekanisme adsorpsi, konstanta kecepatan reaksi adsorpsi kimia untuk ion-ion logam, digunakan persamaan sistem pseudo orde pertama oleh Lagergren dan sistem pseudo orde kedua (Buhani *et al.*, 2010). Persamaan pseudo orde satu adalah persamaan yang biasa digunakan untuk menggambarkan adsorpsi dan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad \dots (5)$$

Dimana q_e adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1}), q_t adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1}), t adalah waktu (menit) dan k_1 adalah konstanta laju pseudo orde

pertama (menit^{-1}). Persamaan dapat diintegrasikan dengan memakai kondisi-kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, persamaan menjadi:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad \dots (6)$$

Model persamaan pseudo orde dua dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad \dots (7)$$

Dengan q_e adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1}), q_t adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1}), k_2 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 :

$$\frac{1}{qt} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad \dots (8)$$

Laju penyerapan awal, h ($\text{mg g}^{-1} \text{menit}$) sedangkan $t = 0$ dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$h = k_2 q_e^2 \quad \dots (9)$$

Laju adsorpsi awal (h), kapasitas adsorpsi kesetimbangan (q_e) dan konstanta laju pseudo orde dua (k_2) dapat ditentukan secara eksperimen dari slop dan intersep plot dari t/q_t versus t (Ho and Mc Kay, 1998).

2. Kapasitas dan Energi Adsorpsi

Kesetimbangan adsorpsi yaitu suatu penjabaran secara matematika suatu kondisi isothermal yang khusus untuk setiap sorbat/sorben. Jadi untuk masing-masing bahan penyerap (adsorben) dan bahan yang diserap (adsorbat) memiliki kesetimbangan adsorpsi tersendiri dimana jumlah zat yang diserap merupakan fungsi konsentrasi pada temperatur tetap (Husin dan Rosnelly, 2005). Model kesetimbangan adsorpsi yang sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isothermal Langmuir dan Freundlich.

a. Model Isoterm Adsorpsi Freundlich

Model isoterm Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm Freundlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan *multilayer* (Husin dan Rosnelly, 2005). Adapun bentuk persamaan linear Freundlich adalah sebagai berikut :

$$Q_e = k_f C_e^{1/n} \quad \dots (10)$$

Dimana:

Q_e = Banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben (mol/g)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mol/L)

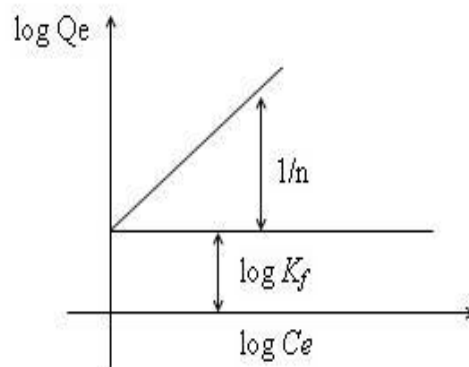
n = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

K_f = Konstanta freundlich (L/mol)

Persamaan di atas dapat diubah kedalam bentuk linier dengan mengambil bentuk logaritmanya:

$$\log q_e = \log k_f + 1/n \log C_e \quad \dots (11)$$

Sehingga dari rumus di atas dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Model Isoterm adsorpsi freundlich

(Sumber: Husin dan Rosnelly, 2005)

Bentuk linier dapat digunakan untuk menentukan kelinieran data percobaan dengan cara mengplotkan C/Q terhadap C_e . Konstanta Freundlich K_f dapat diperoleh dari kemiringan garis lurus dan $1/n$ merupakan harga slop. Bila n diketahui K_f dapat dicari, semakin besar harga K_f maka daya adsorpsi akan semakin baik dan dari harga K_f yang diperoleh, maka energi adsorpsi akan dapat dihitung (Rousseau, 1987).

Selain itu, untuk menentukan jumlah metilen biru teradsorpsi, rasio distribusi dan koefisien selektivitas pada proses adsorpsi zat warna metilen biru terhadap adsorben karbon aktif dapat digunakan persamaan berikut:

$$Q = (C_o - C_a) V/W \quad \dots (12)$$

Dimana Q menyatakan jumlah metilen biru teradsorpsi (mg/g), C_o dan C_a menyatakan konsentrasi awal dan kesetimbangan dari metilen biru (mg/L), W adalah massa adsorben (g), V adalah volume larutan metilen biru (L) (Buhani and Suharso, 2009).

b. Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Model kinetika adsorpsi Langmuir ini berdasarkan pada asumsi sebagai berikut: laju adsorpsi akan bergantung pada faktor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara *monolayer*. Proses adsorpsi heterogen memiliki dua tahap, yaitu: (a) perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan (b) adsorpsi pada permukaan adsorben. Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol. Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu situs yang dimiliki oleh adsorben yang terletak pada permukaan, akan tetapi jumlah situs-situs ini akan berkurang jika permukaan yang tertutup semakin bertambah (Husin dan Rosnelly, 2005).

Persamaan isotermn adsorpsi Langmuir tersebut ditulis dalam bentuk persamaan linier yaitu sebagai berikut :

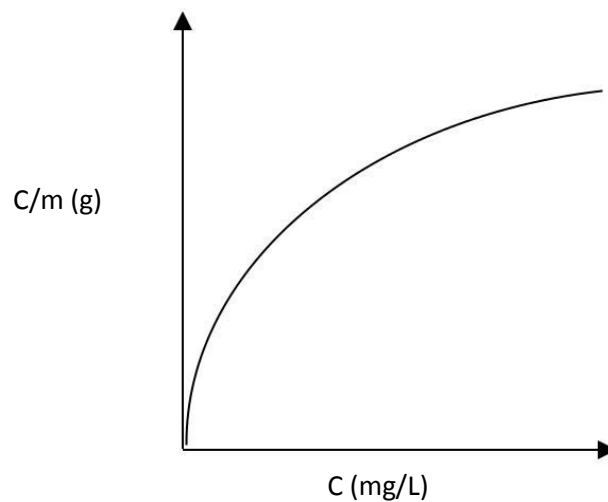
$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad \dots (13)$$

Dengan C adalah konsentrasi kesetimbangan (mg L^{-1}), m adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi per gram adsorben pada konsentrasi C (mg g^{-1}), b adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi saat keadaan jenuh (kapasitas adsorpsi) (mg g^{-1}) dan K adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi (L mol^{-1}). Dari kurva linier hubungan antara C/m versus C maka dapat ditentukan nilai b dari kemiringan (slop) dan K dari intersep kurva. Energi adsorpsi (E_{ads}) yang didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan apabila satu mol metilen biru teradsorpsi dalam adsorben dan nilainya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energy Gibbs standar, ΔG° , dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E = -\Delta G^\circ_{\text{ads}} = RT \ln K \quad \dots (14)$$

Dengan R adalah tetapan gas umum ($8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}$), T adalah temperatur (K) dan K adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh dari persamaan Langmuir, sehingga energi total adsorpsi E harganya sama dengan negatif energi bebas Gibbs (Oscik, 1982).

Adapun grafik isoterm adsorpsi Langmuir diperlihatkan pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Model isoterm adsorpsi langmuir

(Sumber : Husin dan Rosnelly, 2005)

Berdasarkan harga energi adsorpsinya, fenomena adsorpsi diperkirakan terjadi akibat adanya gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antar permukaan, sehingga mengakibatkan perubahan jumlah molekul, atom atau ion. Proses adsorpsi melibatkan berbagai gaya yaitu: gaya Van der Waals, ikatan hidrogen, gaya elektrostatik (ikatan ionik), dan ikatan kovalen koordinasi, maka dapat diperkirakan jenis adsorpsi yang terjadi. Apabila energi adsorpsinya kurang dari 20 kJ mol^{-1} , maka jenis adsorpsinya adalah adsorpsi fisika. Sedangkan apabila energi adsorpsinya melebihi $20,92 \text{ kJ mol}^{-1}$, maka jenis adsorpsinya adalah adsorpsi kimia (Adamson and Gast, 1997). Adsorpsi fisika (*physisorption*) melibatkan gaya antarmolekular diantaranya gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen. Sedangkan adsorpsi kimia (*chemisorption*) melibatkan ikatan kovalen koordinasi akibat pemakaian bersama pasangan elektron oleh adsorbat dan adsorben (Oscik, 1982).

2.5. Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan yang berpori dan proses adsorpsi terjadi pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m/g.

Adsorben yang digunakan secara komersial dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- a. Adsorben polar disenut juga *hydrophilic*
- b. Adsorben non polar disebut juga *hydrophobic*

Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemical*) ada beberapa klasifikasi pori yaitu:

- a. Mikropori : diameter $< 2 \text{ nm}$
- b. Mesopori : diameter $2\text{-}50 \text{ nm}$
- c. Makropori : diameter $> 50 \text{ nm}$

2.6. Sifat Adsorpsi Karbon Aktif

Menurut Kardivelu *et al.* (2003), Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dari karbon aktif, yaitu :

a. Ukuran Partikel

Ukuran partikel dapat mempengaruhi proses adsorpsi, semakin kecil ukuran partikel akan semakin cepat proses adsorpsi. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi digunakan karbon aktif yang telah dihaluskan dengan ukuran mikro atau meso. Salah satu cara yang digunakan untuk memperkecil ukuran partikel dari suatu adsorben adalah dengan cara penggerusan secara perlahan dan dilakukan pemisahan partikel sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

b. Sifat Adsorben

Karbon aktif yang merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon dan berbentuk amorf dengan struktur yang tidak beraturan. Selain komposisi, struktur pori juga merupakan faktor yang penting. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, semakin kecil, dan banyak pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar karena jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari adsorben.

c. Sifat Adsorbat

Adsorpsi akan semakin besar jika molekul adsorbat lebih kecil dari pori adsorben. Karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif.

d. Temperatur

Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa

serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa yang mudah menguap, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

e. Waktu Kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah karbon aktif yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis karbon aktif. Untuk larutan yang memiliki viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

f. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

2.7. Timbal (Pb)

a. Karakteristik dan Sifat Timbal



Gambar 6. Logam Timbal (Pb)

(Sumber: Temple, 2007)

Timbal atau timah hitam (Pb) merupakan logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami maupun buatan. Apabila timbal terhirup atau tertelan oleh

manusia, akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali di dalam ginjal dan otak, dan disimpan di dalam tulang dan gigi. Manusia terkontaminasi timbal melalui udara, debu, air dan makanan (Fauzi, 2008).

Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal adalah 1740 °C dan memiliki massa jenis 11,34 g/cm³ (Widowati, 2008). Palar (1994) mengungkapkan bahwa logam Pb pada suhu 500-600 °C dapat menguap dan membentuk oksigen di udara dalam bentuk timbal oksida (PbO). Dibawah ini merupakan tabel yang menunjukkan beberapa sifat fisika yang dimiliki timbal.

Tabel 4. Sifat-sifat fisika Timbal (Pb)

Sifat Fisika Timbal	Keterangan
Nomor atom	82
Densitas (g/cm ³)	11,34
Titik lebur (°C)	327,46
Titik didih (°C)	1.749
Kalor peleburan (kJ/mol)	4,77
Kalor penguapan (kJ/mol)	179,5
Kapasitas pada 25 ⁰ C (J/mol.K)	26,65
Konduktivitas termal pada 300K (W/m K)	35,5
Ekspansi termal 25 ⁰ C (µm/ m K)	28,9
Kekerasan (skala Brinell=Mpa)	38,6

Sumber : Widowati, 2008

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu lama dan toksisitasnya tidak berubah (Brass & Strauss, 1981). Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan, bahkan manusia. Masuknya Pb ke tubuh manusia dapat melalui makanan dari tumbuhan yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh dan sayur-sayuran. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia.

Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, proses korofikasi dari batuan mineral juga merupakan salah satu jalur masuknya sumber Pb ke perairan (Palar, 1994).

Timbal secara alami terdapat sebagai timbal sulfida, timbal karbonat, timbal sulfat dan timbal klorofosfat (Faust & Aly, 1981). Kandungan Pb dari beberapa batuan kerak bumi sangat beragam. Batuan eruptif seperti granit dan riolit memiliki kandungan Pb kurang lebih 200 ppm.

Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat neurotoksin yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia ataupun hewan, sehingga bahayanya terhadap tubuh semakin meningkat (Kusnoputranto, 2006). Menurut Underwood dan Shuttle (1999), Pb biasanya dianggap sebagai racun yang bersifat akumulatif dan akumulasinya tergantung levelnya. Hal itu menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada ternak jika terdapat pada jumlah di atas batas ambang. Lebih lanjut Underwood dan Shuttle (1999) mencantumkan batas ambang untuk ternak unggas dalam pakannya, yaitu: batas ambang normal sebesar 1 – 10 ppm, batas ambang tinggi sebesar 20 – 200 ppm dan batas ambang toksik sebesar lebih dari 200 ppm. Timbal (Pb) menurut Lu (1995) dapat diserap dari usus dengan sistem transport aktif. Transport aktif melibatkan *carrier* untuk memindahkan molekul melalui membran berdasarkan perbedaan kadar atau jika molekul tersebut merupakan ion. Pada saat terjadi perbedaan muatan transport, maka terjadi pengikatan dan membutuhkan energi untuk metabolisme (Rahde, 1991).

b. Toksisitas Logam Timbal

Berdasarkan toksisitasnya, logam berat digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu :

1. Hg, Cd, Pb, As, Cu dan Zn yang mempunyai sifat toksik yang tinggi
2. Cr, Ni dan Co yang mempunyai sifat toksik menengah
3. Mn dan Fe yang mempunyai sifat toksik rendah

(Connel and Miller, 1995)

Toksisitas logam berat sangat dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan biologi lingkungan. Beberapa kasus kondisi lingkungan tersebut dapat mengubah

laju absorpsi logam dan mengubah kondisi fisiologis yang mengakibatkan berbahayanya pengaruh logam. Akumulasi logam berat Pb pada tubuh manusia yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan anemia, kemandulan, penyakit ginjal, kerusakan syaraf dan kematian.

Timbal dalam bentuk anorganik dan organik memiliki toksitas yang sama pada manusia. Misalnya pada bentuk organik seperti tetraetil-timbal dan tetrametil-timbal (TEL dan TML). Timbal dalam tubuh dapat menghambat aktivitas kerja enzim. Namun yang paling berbahaya adalah toksitas timbal yang disebabkan oleh gangguan absorpsi kalsium Ca. Hal ini menyebabkan terjadinya penarikan deposit timbal dari tulang tersebut (Darmono, 2001).

Timbal adalah logam toksik yang bersifat kumulatif sehingga mekanisme toksitasnya dibedakan menurut beberapa organ yang dipengaruhinya, yaitu sebagai berikut :

- a. Sistem hemopoetik: timbal akan menghambat sistem pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan anemia
- b. Sistem saraf pusat dan tepi: dapat menyebabkan gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer
- c. Sistem ginjal : dapat menyebabkan aminoasiduria, fosfaturia, glukosuria, nefropati, fibrosis dan atrofi glomerular
- d. Sistem gastro-intestinal: dapat menyebabkan kolik dan konstipasi
- e. Sistem kardiovaskular: menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler pembuluh darah
- f. Sistem reproduksi: dapat menyebabkan kematian janin pada wanita dan hipospermi dan teratospermi (Darmono, 2001).

Di perairan, timbal ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal dalam air relatif sedikit. Bahan bakar yang mengandung timbal juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan timbal dalam air (Effendi, 2003).

2.8. Mangan (Mn)

a. Karakteristik dan Sifat Mangan



Gambar 7. Logam Mangan (Mn)

(Sumber: Said, 2008)

Mangan adalah logam berwarna abu-abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54,94 g/mol, nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm³. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6.

Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan dan juga besi pada umumnya mempunyai valensi dua yang larut dalam air. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan berbagai cara dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik.

Mangan di dalam senyawa MnCO_3 , Mn(OH)_2 mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam MnCl_2 , MnSO_4 , $\text{Mn(NO}_3)_2$ mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Said, 2008).

b. Efek Toksik dari Logam Mangan (Mn)

Mn dalam dosis tinggi bersifat toksik. Paparan Mn dalam debu atau asap maupun gas tidak boleh melebihi 5 mg/m³ karena dalam waktu singkat hal itu akan meningkatkan toksisitas. Hasil uji coba menunjukkan bahwa paparan Mn lewat inhalansi pada hewan uji tikus bisa mengakibatkan toksisitas pada system syaraf pusat. Paparan per oral Mn menunjukkan toksisitas yang rendah dibandingkan mikro unsur lain sehingga sangat sedikit dilaporkan kasus toksisitas Mn per oral pada manusia.

Toksisitas paparan kronis biasanya terjadi melalui inhalasi di daerah penambangan, peleburan logam dan industri yang membuang limbah Mn. Toksisitas kronis paparan lewat inhalasi Mn-dioksida dengan waktu paparan lebih dari 2 tahun bisa menyebabkan gangguan system syaraf. Toksisitas kronis menunjukan gejala gangguan kejiwaan, gangguan iritabilitas, sulit berjalan, gangguan berbicara, kompulsif sikap berlari, bernyanyi, bertengkar dan berlanjut dengan menunjukan gejala maslike face, retropulsi dan propulsi serta menunjukan gejala mirip Parkinson. Serta gangguan system syaraf pusat, sirosis hati, kelelahan, ketiduran, gangguan emosi, kaki kaku dank ram, paralisis, jalan sempoyongan, pneumonia, dan infeksi saluran pernafasan bagian atas.

Pria yang dalam jangka waktu lama terpapar Mn dapat mengakibatkan impoten, skisofrenia, dullness, otot lemah, sakit kepala dan insomsia. Paparan lewat inhalasi pada umumnya berupa senyawa Mn-dioksida yang berasal dari penambangan dan industri yang menggunakan bahan Mn. Pekerja di lingkungan industri yang menghasilkan debu Mn serta paparan akut akan menunjukan gejala berupa pneumonitis. Pekerja di lingkungan industri dengan kadar debu Mn tinggi menunjukan terserang penyakit saluran pernapasan 30 kali lebih besar dibandingkan penduduk yang tidak kontak dengan debu Mn. Terjadi nekrosis epitel dan proliferasi saluran pernapasan.

Paparan dosis tinggi dalam waktu singkat menunjukan gejala berupa kegemukan, glukose intoleransi, penggumpalan darah, gangguan kulit, gangguan skeleton, menurunnya kadar kolesterol, mengakibatkan cacat lahir, perubahan warna rambut, gangguan system syaraf, gangguan jantung, hati dan pembuluh

vaskuler, menurunnya tekanan darah, mengakibatkan cacat pada fetus, kerusakan otak, serta iritasi alat pencernaan.

Paparan Mn lewat kulit bisa mengakibatkan tremor, kegagalan koordinasi dan dapat mengakibatkan munculnya tumor.

2.9. Spektrofotometri Serapan Atom

A. Prinsip Kerja

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi atom-atom logam dalam fase gas. Metode ini seringkali mengandalkan nyala untuk mengubah logam dalam larutan sampel menjadi atom-atom logam berbentuk gas yang digunakan untuk analisis kuantitatif dari logam dalam sampel (Rohman, 2007).

Prinsip dari spektrofotometri adalah terjadinya interaksi antara energi dan materi. Pada spektroskopi serapan atom terjadi penyerapan energi oleh atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Dalam metode ini, analisa didasarkan pada pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh atom sehingga terjadi eksitasi. Untuk dapat terjadinya proses absorpsi atom diperlukan sumber radiasi monokromatik dan alat untuk menguapkan sampel sehingga diperoleh atom dalam keadaan dasar dari unsur yang diinginkan. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode analisis yang tepat untuk analisis analit terutama logam-logam dengan konsentrasi rendah (Pecok, 1976).

Spektrofotometri serapan atom (SSA) didasarkan pada absorpsi atom pada suatu unsur yang dapat mengabsorpsi energi pada panjang gelombang tertentu. Banyak energi sinar yang diabsorpsi berbanding lurus dengan jumlah atom yang mengabsorpsi. Atom terdiri atas inti atom yang mengandung proton bermuatan positif dan neutron berupa partikel netral, dimana inti atom dikelilingi oleh elektron bermuatan negatif yang memiliki tingkat energi berbeda. Jika energi diabsorpsi oleh atom, maka elektron yang berada paling luar (elektron valensi) akan tereksitasi dari keadaan dasar atau tingkat energi yang lebih rendah (*ground state*) ke keadaan tereksitasi yang memiliki tingkat energi yang lebih tinggi

(*excited site*). Jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron ke tingkat energi tertentu dikenal sebagai potensial eksitasi untuk tingkat energi itu. Pada waktu kembali ke keadaan dasar, elektron melepaskan energi panas atau energi sinar (Clark, 1979).

B. Analisis Kuantitatif

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada pada sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari:

Hukum Lambert: bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.

Hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad \dots (15)$$

Dimana: ϵ = absortivitas molar

b = panjang medium

c = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

A = absorbansi

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day & Underwood, 1989).

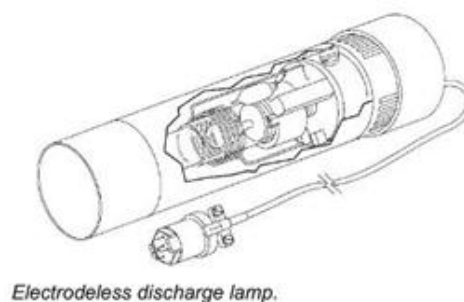
C. Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Menurut Slavin (1987), Spektrofotometer serapan atom memiliki komponen – komponen sebagai berikut :

a. Sumber Sinar

Merupakan sistem emisi yang diperlukan untuk menghasilkan sinar yang energinya akan diserap oleh atom bebas. Sumber radiasi haruslah bersifat sumber yang kontinyu. Seperangkat sumber yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur yang spesifik tertentu dengan menggunakan lampu pijar *Hollow cathode. Hallow Cathode Lamp* terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu. Sumber radiasi lain yang sering dipakai adalah ”*Electrodless Dischcarge Lamp*” lampu ini mempunyai prinsip kerja hampir sama dengan *Hallow Cathode Lamp* (lampu katoda cekung), tetapi mempunyai *output* radiasi lebih tinggi dan biasanya digunakan untuk analisis unsur-unsur As dan Se, karena lampu HCL untuk unsur-unsur ini mempunyai signal yang lemah dan tidak stabil yang bentuknya dapat dilihat pada Gambar 8.

Berikut ini adalah gambar *Electrodless Discharge Lamp* :



Gambar 8. *Electrodless Discharge Lamp*

(Sumber : Slavin, 1987)

b. Sistem pengatoman

Merupakan bagian yang penting karena pada tempat ini senyawa akan dianalisa. Pada sistem pengatoman, unsur-unsur yang akan dianalisa diubah

bentuknya dari bentuk ion menjadi bentuk atom bebas. Ada beberapa jenis sistem pengatoman yang lazim digunakan pada setiap alat AAS, antara lain :

1. Sistem pengatoman dengan nyala api

Menggunakan nyala api untuk mengubah larutan berbentuk ion menjadi atom bebas. Ada 2 bagian penting pada sistem pengatoman dengan nyala api, yaitu sistem pengabut (nebulizer) dan sistem pembakar (burner), sehingga sistem ini sering disebut sistem burner-nebulizer. Sebagai bahan bakar yang menghasilkan api merupakan campuran dari gas pembakar dengan oksidan dan penggunaannya tergantung dari suhu nyala api yang dikehendaki.

2. Sistem pengatoman dengan tungku grafit

Keuntungan sistem ini jika dibandingkan dengan sistem pengatoman nyala api adalah sampel yang dipakai lebih sedikit, tidak memerlukan gas pembakar, suhu yang ada diburner dapat dimonitor dan lebih peka.

3. Sistem pengatoman dengan pembentukan hidrida

Sistem ini hanya dapat diterapkan pada unsur-unsur yang dapat membentuk hidrida, dimana senyawa hidrida dalam bentuk uapnya akan menyerap sinar dari HCL. Sistem ini biasanya dilakukan dengan mereduksi unsur sehingga menjadi valensi yang lebih rendah, kemudian dibentuk sebagai hidrida. Sistem ini banyak dilakukan untuk analisa unsur-unsur seperti As, Bi dan Se.

4. Sistem pengatoman dengan uap dingin

Sistem ini hanya dilakukan untuk analisa unsur Hg, karena Hg mempunyai tekanan uap yang tinggi, sehingga pada suhu kamar Hg akan berada pada kesetimbangan antara fasa uap dan fasa cair. Cara menganalisis Hg dengan mereduksi merkuri (Hg^{2+}) menjadi merkuro (Hg_2^{2+}), kemudian uapnya dialirkan secara kontinu kedalam sel serapan yang ditempatkan diatas burner (tidak dipanaskan) dan penyerapan terjadi karena Hg berbentuk uap.

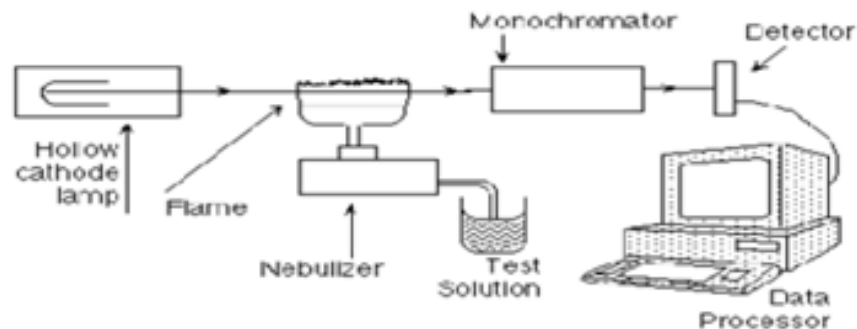
c. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp*.

d. Detektor

Fungsi detektor adalah mengubah energi sinar menjadi energi listrik, dimana energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data. Detektor SSA tergantung pada jenis monokromatornya, jika monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali, detektor yang digunakan adalah *barrier layer cell*. Tetapi pada umumnya yang digunakan adalah detektor *photo multiplier tube*.

Metode SSA sangat tepat untuk analisa zat pada konsentrasi rendah. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisa dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar. Sensitivitas dan batas deteksi merupakan parameter yang sering digunakan dalam SSA. Keduanya dapat bervariasi dengan perubahan temperatur nyala, dan lebar pita spektra.



Gambar 9. Skema Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom
(Sumber: Slavin, 1987)

D. Gangguan-gangguan analisis pada Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Menurut Ismono (1984) beberapa gangguan yang sering terjadi pada spektrofotometer serapan atom adalah sebagai berikut :

1. Gangguan Ionisasi

Gangguan ini biasa terjadi pada unsur alkali dan alkali tanah dan beberapa unsur yang lain karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam nyala. Dalam analisis dengan FES dan AAS yang diukur adalah emisi dan serapan atom yang tidak terionisasi. Oleh sebab itu dengan adanya atom-atom yang terionisasi dalam nyala akan mengakibatkan sinyal yang ditangkap detektor menjadi berkurang. Namun demikian gangguan ini bukan gangguan yang sifatnya serius, karena hanya sensitivitas dan linearitasnya saja yang terganggu. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur-unsur yang mudah terionisasi ke dalam sampel sehingga akan menahan proses ionisasi dari unsur yang dianalisis.

2. Pembentukan Senyawa Refraktori

Gangguan ini diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia, biasanya anion yang ada dalam larutan sampel sehingga terbentuk senyawa yang tahan panas (*refractory*). Sebagai contoh, pospat akan bereaksi dengan kalsium dalam nyala menghasilkan kalsium piropospat (CaP_2O_7). Hal ini menyebabkan absorpsi ataupun emisi atom kalsium dalam nyala menjadi berkurang. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan stronsium klorida atau lantanum nitrat ke dalam tarutan. Kedua logam ini lebih mudah bereaksi dengan pospat dibanding kalsium sehingga reaksi antara kalsium dengan pospat dapat dicegah atau diminimalkan. Gangguan ini juga dapat dihindari dengan menambahkan EDTA berlebihan. EDTA akan membentuk kompleks chelate dengan kalsium, sehingga pembentukan senyawa refraktori dengan pospat dapat dihindarkan. Selanjutnya kompleks Ca-EDTA akan terdissosiasi dalam nyala menjadi atom netral Ca yang menyerap sinar. Gangguan yang lebih serius terjadi apabila unsur-unsur seperti: Al, Ti, Mo, V dan lain-lain bereaksi dengan O dan OH dalam nyala menghasilkan logam oksida dan hidroksida yang tahan panas. Gangguan ini hanya dapat diatasi dengan menaikkan temperatur nyala, sehingga nyala yang umum digunakan dalam kasus semacam ini adalah nitrous oksida-asetilen.