

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter Pengukuran Larutan Artifisial KMnO_4

2.1.1 Mangan (Mn)

1. Karakteristik

Mangan (Mn) adalah logam berwarna abu-abu keperakan yang merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54.94 g.mol^{-1} , nomor atom 25, berat jenis 7.43 g.cm^{-3} , dan mempunyai valensi 2, 4, dan 7 (selain 1, 3, 5, dan 6). Mangan digunakan dalam campuran baja, industri pigmen, las, pupuk pestisida, keramik, elektronik dan *alloy* (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon), industri baterai, cat, dan zat tambahan makanan. Di alam mangan (Mn) jarang sekali berada dalam keadaan unsur. Umumnya dalam keadaan senyawa dengan berbagai macam valensi. Di dalam hubungannya dengan kualitas air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Perubahan senyawa besi dan mangan di alam berdasarkan kondisi pH. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan yang memiliki valensi yang lebih tinggi tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. (Eaton Et.al.2005; Janelle, 2004 dan Said, 2003).



Gambar 1. Sifat Fisik Logam Mangan (Mn)

2. Sumber Keberadaan

Kandungan Mn dalam bumi sekitar 1060 ppm, dalam tanah sekitar 61–1010 ppm, disungai sekitar 7mg/l, dilaut sekitar 10 ppm, di air tanah sekitar <0,1 mg/l. Mangan terdapat dalam bentuk kompleks dengan bikarbonat, mineral dan organik. Unsur mangan pada permukaan air berupa ion bervalensi empat dalam bentuk organik kompleks. Mangan terdapat banyak dalam *pyrolusite* (MnO_2), *braunite* ($\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{3+}_6(\text{SiO}_3)_4$), *psilomelane* dan *rhodochrosite*. (Eaton Et.al, 2005, Said, 2003; Perpamsi, 2002)

3. Standar dan Pengaruh

Konsentrasi mangan di dalam sistem air alami umumnya kurang dari 0,1 mg/L. Jika konsentrasi melebihi 1 mg/l maka dengan cara pengolahan biasa sangat sulit untuk menurunkan konsentrasi sampai derajat yang diijinkan sebagai air minum. Oleh karena itu perlu cara pengolahan yang khusus. Pada tahun 1961 WHO menetapkan konsentrasi mangan dalam air minum di Eropa maksimum sebesar 0,1 mg/l, tetapi selanjutnya diperbaharui menjadi 0,05 mg/l. Di Amerika Serikat sejak awal menetapkan konsentrasi mangan di dalam air minum maksimum 0,05 mg/l. Jepang menetapkan konsentrasi Fe dan Mn di dalam air minum maksimum 0,3 mg/l. Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 907 tahun 2002 menetapkan kadar zat besi di dalam air minum maksimum 0,3 dan mangan maksimum 0,1 mg/l. (Eaton Et.al, 2005 dan Said, 2003).

4. Efek Toksik dari Mangan

Senyawa mangan ada secara alami di lingkungan sebagai padatan dalam tanah dan partikel kecil di dalam air. Partikel mangan di udara yang hadir dalam partikel debu. Ini biasanya menetap ke bumi dalam beberapa hari. Manusia meningkatkan konsentrasi mangan di udara oleh kegiatan industri dan melalui pembakaran bahan bakar fosil. Mangan yang berapsal dari sumber daya manusia juga dapat memasukkan air permukaan, air tanah dan air limbah. Melalui penerapan pestisida mangan, mangan akan masuk tanah.

Untuk hewan mangan adalah komponen penting dari lebih dari tiga puluh enam enzim yang digunakan untuk karbohidrat, protein dan metabolisme lemak. Dengan hewan yang memakan gangguan mangan terlalu sedikit pertumbuhan normal, pembentukan tulang dan reproduksi akan terjadi. Untuk beberapa hewan dosis yang mematikan sangat rendah, yang berarti mereka memiliki sedikit kesempatan untuk bertahan hidup dosis yang lebih kecil dari mangan saat ini melebihi dosis yang penting. Zat mangan dapat menyebabkan gangguan paru-paru, hati dan pembuluh darah, penurunan tekanan darah, kegagalan dalam pengembangan janin hewan dan kerusakan otak. Ketika serapan mangan terjadi melalui kulit dapat menyebabkan tremor dan kegagalan koordinasi. Akhirnya, tes laboratorium dengan hewan uji menunjukkan bahwa keracunan mangan parah harus bahkan dapat menyebabkan perkembangan tumor dengan binatang.

Pada tumbuhan ion mangan diangkut ke daun setelah penyerapan dari tanah. Ketika mangan terlalu sedikit dapat diserap dari tanah ini menyebabkan gangguan pada mekanisme tanaman. Misalnya gangguan dari pembagian air menjadi hidrogen dan oksigen, di mana mangan memainkan peranan penting. Mangan dapat menyebabkan toksisitas dan gejala defisiensi pada tanaman. Ketika pH tanah rendah kekurangan mangan yang lebih umum.

Konsentrasi sangat beracun mangan di tanah dapat menyebabkan pembengkakan dinding sel, layu daun dan bintik-bintik coklat pada daun. Kekurangan juga dapat menyebabkan efek ini. Antara konsentrasi racun dan konsentrasi yang menyebabkan kekurangan area kecil dari konsentrasi untuk pertumbuhan tanaman yang optimal dapat dideteksi.

2.2 Abu Dasar (*Bottom Ash*)

Bottom ash adalah bagian dari residu yang tidak mudah terbakar pada pembakaran di tungku atau insinerator. Dalam konteks industri, biasanya mengacu pada pembakaran batubara dan terdiri sisa pembakaran yang tertanam dalam membentuk klinker dan menempel ke dinding sisi panas dari tungku pembakaran batu bara selama operasi.

Untuk abu dasar berdasarkan klasifikasi USCS mempunyai ukuran partikel yang sama dengan ukuran pasir bergradasi buruk (SP), sedangkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO abu dasar sama dengan ukuran pasir halus (A-3). Berat jenis rata-rata abu dasar adalah 2,27. Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain warnanya abu-abu dan ukurannya lebih besar dari *fly ash*.



a. *Fly Ash* b. *Bottom Ash*

Gambar 2. Perbandingan Sifat Fisik *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

Bottom ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang. Komponen yang terkandung dalam *bottom ash* secara umum dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Komponen Kimia *Bottom Ash*

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
SiO ₂	% db	64,30
Al ₂ O ₃	% db	2,22
Fe ₂ O ₃	% db	0,82
CaO	% db	2,43
MgO	% db	0,00
Moisture Content, H ₂ O	% ar	16,25
Lost of Ignition, LOI	% db	30,85

Sumber : Laporan Hasil Analisa, Maret 2017

2.3 *Bottom Ash* sebagai Adsorben

Bottom ash memiliki kemampuan mengikat atau menyerap senyawa atau unsur dalam larutan dikarenakan kandungannya yang memiliki kemampuan swelling. Proses terserapnya pada adsorben melalui tahapan sebagai berikut:

1. Perpindahan zat warna ke permukaan batas larutan dan adsorben (permukaan luar adsorben).

2. Perpindahan zat warna dari permukaan luar memasuki pori-pori adsorben.
3. Perpindahan zat warna ke permukaan dinding pori-pori adsorben (permukaan dalam adsorben).

Adsorben karbon aktif terbuat dari abu dasar (*bottom ash*). Adsorpsi dapat terjadi melalui ikatan elektrostatik antara zat warna, kation ion logam Mn dengan adsorben membran keramik yang berupa *bottom ash*. Muatan negatif pada tanah dapat berinteraksi dengan kation zat warna dan kation ion logam, sehingga zat warna dapat berikatan dan terserap pada permukaan adsorben.

2.4 Zat Aktivator

Aktivator adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi dan menjadi lepas dari permukaan karbon. Zat aktivator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon yang tertutup, dengan demikian pada saat dilakukan proses pemanasan senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya. Menurut Kirk and Othmer (1978), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_3PO_4 , ZnCl_2 , NaOH , dan sebagainya. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air. Penelitian ini menggunakan aktivator asam dan basa yaitu asam klorida (HCl) dan natrium hidroksida (NaOH).

2.4.1 Asam Klorida (HCl)

Bahan yang digunakan untuk mengaktivasi disebut aktivator. Jenis bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfor dari logam alkali tanah khususnya ZnCl_2 , asam-asam seperti HCl , H_2SO_4 dan H_3PO_4 dan uap air pada suhu tinggi.

Unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan tersebut akan meresap kedalam arang dan membuka permukaan yang semula tertutup oleh komponen kimia sehingga volume dan diameter pori bertambah.

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida. Asam klorida ini merupakan asam kuat, dan terbuat dari atom hidrogen dan klorin. Asam klorida bersifat korosif, yang berarti akan merusak dan mengikis jaringan biologis bila tersentuh. Uap HCl bisa menyebabkan iritasi saluran pernapasan, HCl dapat juga menyebabkan kerusakan besar internal jika terhirup atau tertelan. Untuk alasan ini, disarankan bahwa seseorang menangani HCl menggunakan sarung tangan, kacamata, dan masker saat bekerja dengan asam ini.

Asam klorida (HCl) yang merupakan *activating agent* akan mengoksidasi *bottom ash* dan merusak permukaan bagian dalam *bottom ash* sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Penggunaan HCl sebagai aktivator juga efektif dalam membuat *bottom ash* aktif dikarenakan HCl merupakan aktivator yang baik karena lebih efektif menghasilkan *bottom ash* aktif yang memiliki daya adsorpsi yang cukup tinggi. Selain itu, HCl memiliki stabilitas termal yang baik dan memiliki karakter kovalen yang tinggi. Stabilitas termal berperan dalam mempertahankan kestabilan zat pengaktif dalam proses aktivasi yang dilakukan pada suhu tinggi sedangkan karakter kovalen berkaitan dengan interaksi kovalen antara *bottom ash* dengan zat pengaktif yang berlangsung pada suhu tinggi. Maka dari itu, HCl memiliki kemampuan berinteraksi yang baik dengan *bottom ash*. Sifat fisik asam klorida dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisik Asam Klorida (HCl)

Sifat Fisik	Keterangan
Nama IUPAC	Asam Klorida
Rumus molekul	HCl dalam air (H ₂ O)
Massa atom relatif	36,46 g.mol ⁻¹
Titik didih	110°C (383 K) larutan 20,2% ; 48°C (321 K) larutan 38%
Titik lebur	-27,32°C (247 K) larutan 38%
Kelarutan dalam air	Temperatur penuh
Densitas	1,18 gr/cm ³
Penampilan	Cairan tidak berwarna sampai dengan kuning pucat
Keasaman	-6,3
Viskositas	1,9 mPa.s pada 25°C larutan 31,5%

Sumber : William L. Jolly, 1984

Sifat-sifat kimia HCl yaitu :

1. Bersifat korosif
2. HCl adalah asam monoprotik dan jika bereaksi dengan molekul air membentuk ion hidronium
3. Larutannya merupakan asam kuat dan jika bereaksi dengan asam senyawa seperti kalsium karbonat dan tembaga menghasilkan klorida terlarut
4. HCl sulit menjalani reaksi redoks
5. HCl mengandung ion klorida yang tidak reaktif dan tidak beracun

2.4.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida juga dikenal sebagai soda caustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam caustik. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida digunakan diberbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam

proses produksi kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan sorenson. Natrium hidroksida bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis dan juga larut dalam etanol dan metanol.

Natrium hidroksida tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Larutan natrium hidroksida akan menyebabkan luka bakar kimia, cedera atau bekas luka permanen, dan kebutaan jika kontak langsung dengan tubuh manusia atau hewan (Faizeinstein, 2011).

Pemanfaatan NaOH pada laboratorium biasanya digunakan untuk menerakkan asam sedangkan di bidang industri untuk memurnikan minyak tanah, pembuatan sabun dan deterjen, pembuatan pulp dan kertas, penetralan asam pada limbah dan membuat garam-garam natrium (Asnan Rifa'I dkk, 2014). Sifat fisik NaOH dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3. Sifat Fisik NaOH

Sifat Fisik	
Rumus	Molekul NaOH
Massa	Molar 40 g/mol
Penampilan	Berwarna putih
Densitas	2.1 g/cm ³
Titik Didih	1390 °C
Bentuk	Padatan

Sumber : Asnan Rifa'I dkk, 2014

Sifat-sifat kimia NaOH (Nunug Maramis, 2012) sebagai berikut :

1. Natrium hidroksida memiliki sifat mudah menguap
2. Higroskopis yang artinya zat yang dapat menyerap air

3. Natrium hidroksida ini juga merupakan zat kimia yang mudah terionisasi
4. Larutannya merupakan elektrolit kuat karena terionisasi sempurna pada air
5. Bisa didapat dari reaksi NaOH dan HCl sehingga pHnya netral

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik-menarik antara substansi terserap dan penyerapnya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam *solid* disebut adsorbat sedangkan *solid* tersebut adalah adsorben. 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. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa *bulk*/ruah.

2.5.1 Jenis-Jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Traybal, 1980).

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Gaya *Van der Waals* adalah gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisika merupakan peristiwa reversibel sehingga jika kondisi operasinya diubah, maka akan membentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi

ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan pemanasan pada temperatur sekitar 150 – 200 °C selama 2 – 3 jam.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monolayer. Pada adsorpsi kimia yang penting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel dan umumnya terjadi pada suhu tinggi diatas suhu kritis adsorbat. Oleh karena itu, untuk melakukan proses desorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat.

2.5.2 Mekanisme Adsorpsi

Menurut Reynolds (1982), mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap diantaranya :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (*pore diffusion process*).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

2.5.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Kecepatan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (Purnamasari dan Andayani, 2008) :

1. Konsentrasi

Proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang rendah dari campuran yang mengandung bahan lain dengan konsentrasi tinggi

2. Luas permukaan

Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan. Kao dkk (2000) melakukan observasi bahwa luas permukaan yang lebih besar akan mengandung karbon yang besar pula dan ukuran partikel *bottom ash* akan semakin besar pula kapasitas adsorpsinya.

3. Suhu

Adsorpsi akan lebih cepat berlangsung pada suhu tinggi, namun demikian pengaruh suhu adsorpsi zat cair tidak sebesar pada adsorpsi gas.

4. Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang diadsorpsi maka proses adsorpsinya akan berlangsung lebih cepat.

5. pH

pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium. pH optimum pada adsorpsi ion Cd (II) adalah 5 (Javadian dkk, 2013).

6. Waktu kontak

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan ion logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Bernasconi, 1995).

2.6 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan dikaji oleh *Freundlich*, *Langmuir*, serta *Brunauer, Emmet dan Teller (BET)*. Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi fase cair-padat pada umumnya menganut tipe isoterm *Freundlich* dan *Langmuir*. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapan yang tinggi. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{(C_o - C_e)V}{W} \dots\dots\dots (1)$$

Kadar adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar adsorbat yang teradsorpsi (\%)} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- Q = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- C_o = Konsentrasi awal Ni (mg/l)
- C_e = Konsentrasi akhir (mg/l)
- V = Volume sampel (l)
- W = Berat adsorben (gram)

2.6.1 Isoterm *Langmuir*

Tipe isoterm *langmuir* merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara sisi aktif permukaan dengan molekul adsorbat dan dipengaruhi oleh densitas elektron. Adsorpsi satu lapis terjadi karena ikatan kimia biasanya bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorben mampu mengikat adsorbat dengan ikatan kimia. Isoterm *Langmuir* diturunkan berdasarkan teori dengan persamaan :

$$\frac{V}{V_m} = \frac{bP}{1+bP} \dots\dots\dots (3)$$

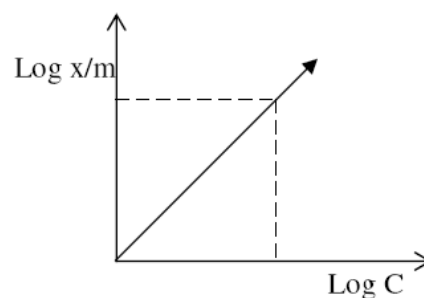
2.6.2 Isoterm *Freundlich*

Isoterm *Freundlich* merupakan isoterm yang paling umum digunakan dan dapat mencirikan proses adsorpsi dengan lebih baik. Isoterm *Freundlich* menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada kesetimbangan. Persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich* didasarkan atas terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi *Freundlich* situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen.

Persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich* dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\log (x/m) = \log k + 1/n \log c \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan kurva isoterm adsorpsinya disajikan pada gambar berikut :



Gambar 3. Kurva Adsorpsi Isoterm Freundlich

Bagi suatu sistem adsorpsi tertentu, hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan luas atau persatuan berat adsorben dengan konsentrasi yang teradsorpsi pada temperatur tertentu disebut dengan isoterm adsorpsi ini dinyatakan sebagai:

$$x/m = k. C^n \dots\dots\dots (5)$$

dalam hal ini :

- x = Jumlah zat teradsorpsi (gram)
- m = Berat adsorben (gram)
- C = Konsentrasi zat setelah adsorpsi
- k dan n = Konstanta yang diperoleh dari percobaan

Persamaan ini mengungkapkan bahwa bila suatu proses adsorpsi mengikuti isoterm *freundlich*, maka aliran $\log x/m$ terhadap $\log C$ merupakan garis lurus. Dari garis dapat dievaluasi tetapan k dan n .

Dari persamaan tersebut, jika konsentrasi larutan dalam kesetimbangan diplot sebagai ordinat dan konsentrasi adsorbat dalam adsorben sebagai absis pada koordinat logaritmik, akan diperoleh gradien n dan intersept. Dari isoterm ini, akan diketahui kapasitas adsorben dalam menyerap air. Isoterm ini akan digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan, karena dengan isoterm ini dapat ditentukan efisiensi dari suatu adsorben.

2.6.3 Isoterm *Brenauer, Emmet, dan Teller*

Salah satu karakteristik yang berkualitas ialah memiliki luas permukaan yang tinggi. Semakin luas permukaan *bottom ash*, semakin besar pula daya adsorpsinya. Luas permukaan suatu adsorben dapat diketahui dengan alat pengukur luas permukaan yang menggunakan prinsip metode BET. Pengukuran luas permukaan dengan model BET ini biasanya menggunakan nitrogen sebagai adsorbat. Adsorpsi isotermis dengan prinsip BET merupakan jenis adsorpsi fisis. Metode BET pertama kali ditemukan oleh *Brenauer, Emmet* dan *Teller* pada tahun 1938. Metode BET ini merupakan pengembangan dari teori Langmuir. Teori Langmuir digunakan untuk adsorpsi monolayer kemudian dikembangkan menjadi teori BET yang menyatakan bahwa adsorpsi dapat terjadi di atas lapisan adsorbat monolayer sehingga teori dan model BET ini dapat digunakan untuk adsorpsi multilayer.

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)P}{V_m C P_0} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

V/V_m = θ : derajat penutupan permukaan oleh adsorbat, V : volume gas yang diadsorpsi, dan V_m : Volume gas maksimum yang mungkin teradsorpsi

P_0 = Tekanan uap jenuh gas

A, b, c, K, n = Konstanta

2.7 Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrofotometri Serapan Atom atau *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam AAS, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).

Spektrofotometer serapan atom (AAS) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas, diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisa relatif murah, sensitif tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisa sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisis AAS pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu logam unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61 logam. Sumber cahaya pada AAS adalah sumber cahaya dari lampu katoda yang berasal dari elemen yang sedang diukur kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah terakomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Chopper digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari nyala api. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel. Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik

ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi cahaya terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut (Basset, 1994).

AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Spektrofotometri 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 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada dasarnya sama seperti absorpsi sinar oleh molekul atau ion senyawa dalam larutan.



Gambar 4. Seperangkat Alat Spektrofotometri Serapan Atom

Untuk menganalisis sampel, sampel harus diatomisasi. Sampel kemudian harus diterangi oleh cahaya. Cahaya yang ditransmisikan kemudian diukur oleh detector tertentu. Sebuah sampel cairan biasanya berubah menjadi gas atom melalui tiga langkah :

1. *Desolvation* (pengeringan)
larutan pelarut menguap, dan sampel kering tetap
2. Penguapan
sampel padat berubah menjadi gas
3. Atomisasi
senyawa berbentuk gas berubah menjadi atom bebas.

Sumber radiasi yang dipilih memiliki lebar spectrum sempit dibandingkan dengan transisi atom. Lampu katoda hollow adalah sumber radiasi yang paling

umum dalam spektrofotometri serapan atom. Lampu katoda hollow berisi gas argon atau neon, silinder katoda logam mengandung logam untuk mengeksitasi sampel. Ketika tegangan yang diberikan pada lampu meningkat, maka ion gas mendapatkan energi yang cukup untuk mengeluarkan atom logam dari katoda. Atom yang tereksitasi akan kembali ke keadaan dasar dan mengemisikan cahaya sesuai dengan frekuensi karakteristik logam.

2.8 Standar Baku Air Bersih

Air yang kita gunakan sehari-hari baik untuk keperluan mandi, mencuci atau MCK haruslah memenuhi standar baku mutu air bersih. Air yang terlihat jernih belum tentu bersih dan layak di gunakan. Apabila air yang kita gunakan telah tercemar maka dapat dipastikan bahwa air tersebut sudah tidak memenuhi syarat air bersih apalagi untuk diminum. Bagaimana cara kita mengetahui air itu layak konsumsi atau tidaknya bisa kita lakukan pengecekan di Laboratorium kesehatan. Dalam hal ini pemerintah sudah mengatur dan menetapkan kriteria air bersih dan air minum dalam keputusan menteri kesehatan.

Untuk lebih jelasnya bisa melihat tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Air Bersih Permenkes No. 416/Men. Kes/Per./IX/1990

No.	Parameter	Satuan	Standar	Teknik Pengujian
FISIKA				
1.	Bau	-	-	Organoleptik
2.	Jumlah Zat Padat Terlarut	mg/l	1.500	Gravimetri
3.	Kekeruhan	NTU	25	Spektrofotometri
4.	Rasa	-	-	Organoleptik
5.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 1-3^{\circ}\text{C}$	Termometer
6.	Warna	TCU	50	Spektrofotometri
KIMIA				
a. Kimia Anorganik				
1.	Air Raksa (Hg)	mg/l	0.001	AAS
2.	Arsen (As)	mg/l	0.05	AAS
3.	Besi (Fe)	mg/l	1.0	AAS
4.	Fluorida (F)	mg/l	1.5	Spektrofotometri
5.	Kadmium (Cd)	mg/l	0.005	AAS
6.	Kesadahan sebagai CaCO_3	mg/l	500	Titrimetri
7.	Klorida (Cl^-)	mg/l	600	Argentometri
8.	Kromium, valensi 6 (Cr^{6+})	mg/l	0.05	AAS
9.	Mangan (Mn)	mg/l	0.5	AAS
10.	Nitrat (NO_3)	mg/l	10	Spektrofotometri (Brusin)
11.	Nitrit (NO_2)	mg/l	1.0	Spektrofotometri (Nesler)
12.	pH	-	6.5-9.0	pH meter
13.	Selenium (Se)	mg/l	0.01	-
14.	Seng (Zn)	mg/l	15	AAS
15.	Sianida (CN)	mg/l	0.1	Destilasi
16.	Sulfat (SO_4)	mg/l	400	Spektrofotometri
17.	Timbal (Pb)	mg/l	0.05	AAS
b. Kimia Organik				
1.	Detergent	mg/l	0.50	Spektrofotometri
2.	Zat Organik	mg/l	10.00	Gravimetri
3.	Pestisida Gol. Organo Fosfat	mg/l	0.00	-
4.	Pestisida Gol. Organo Klorida	mg/l	0.00	-
5.	Pestisida Gol. Organo Karbamat	mg/l	0.00	-

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan, 1990