**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan: (1) Kangkung, (2) Pencemaran Logam berat, (3) Timbal dan Pengaruhnya, (4) Blansing, (5) AAS

* 1. **Kangkung**

Kangkung merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Umumnya tanaman ini tumbuh dengan baik di tanah yang lembab bahkan dalam perairan seperti kolam atau sungai. Tanaman kangkung berasal dari India yang kemudian menyebar ke Malaysia, Birma, Indonesia, Cina Selatan, Australia dan Afrika. Secara morfologi kangkung mempunyai daun licin dan berbentuk mata panah, sepanjang 5 – 6 inci.

Tumbuhan ini memiliki batang yang menjalar dengan daun berselang dan batang yang menegak pada pangkal daun. Tumbuhan ini berwarna hijau pucat dan menghasilkan bunga berwarna putih, yang menghasilkan kantong, mengandung empat biji benih.

Kedudukan tanaman kangkung dalam tatanama (sistematika) tumbuhan diklasifikasikan kedalam :

Divisio : Spermatophyta

Sub-divisio : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Famili : Convolvulaceae

Genus : Ipomoea

Spesies : *Ipomea reptans* (Kangkung darat)

Sumber : (Rukmana, 1994).

Rukmana (2000) menyebutkan bahwa di Indonesia dikenal dua jenis tanaman kangkung, yakni kangkung darat yang disebut kangkung cina dan kangkung air yang tumbuh secara alami di sawah, rawa atau parit. Perbedaan antara kangkung darat dan kangkung air terletak pada warna bunga. Kangkung darat memiliki bunga berwarna putih bersih, sedangkan kangkung air berbunga putih keunguan. Perbedaan lain terletak pada bentuk daun dan batang. Kangkung darat memiliki batang dan daun lebih kecil dibandingkan dengan kangkung air berwarna hijau.

Bagian tanaman kangkung yang paling penting adalah batang muda dan pucuk-pucuknya sebagai bahan sayur-mayur. Berbagai jenis masakan yang dapat diolah dari bahan baku kangkung adalah pencampur lotek, pecel, sayur tumis, lalap masak, oseng-oseng, cah, asam-asam, semur, sayur bening, sayur asam, sayur bobor, sayur podomoro, setup, dan pelecing kangkung (Rukmana, 1994). Kangkung mempunyai rasa yang manis dan tawar. Efek farmakologis tanaman ini sebagai antiracun (antitoksik), antiradang, peluruh kencing (diuretik), menghentikan pendarahan (hemostatik) dan sedatif (obat tidur). Kangkung juga bersifat menyejukkan dan menenangkan (Rukmana, 2000).

Jenis kangkung yang sudah umum dibudidayakan terdiri dari dua macam, yaitu:

1. Kangkung air (*I. aquatica* Forsk)

Ciri-cirinya: bentuk daun panjang dengan ujung agak tumpul, berwarna hijau kelam, dan bunganya berwarna putih kekuning-kuningan atau kemerah-merahan.

2. Kangkung darat (*I. reptans* Poir)

Ciri-cirinya: bentuk daun panjang dengan ujung meruncing, berwarna keputih- putihan, dan bunganya berwarna putih. (Rukmana, 1994).



Gambar 2.1 Kangkung Darat (Plantamor, 2012)

Kandungan gizi dalam sayuran kangkung dapat disimak pada Tabel 1.

**Tabel 2.1. Kandungan gizi dalam tiap 100 gram sayuran kangkung segar.**

|  |  |
| --- | --- |
| Komposisi | Jumlah |
| Protein | 3,00 g |
| Lemak | 0,30 g |
| Hidrat Arang | 5,40 g |
| Kalsium | 73,0 g |
| Fosfor | 50,0 g |
| Besi | 2,50 g |
| Vitamin A | 6300,00 g |
| Vitamin B-1 | 0,07 g |
| Vitamin C | 32,00 g |
| Air | 87,70 g |

Sumber : Direktorat gizi, Depkes RI 1972 (Rukmana, 2000)

* 1. **Syarat Tumbuh Tanaman Kangkung**

Kangkung mempunyai daya adaptasi cukup luas terhadap kondisi iklim di daerah tropis, sehingga dapat ditanam (dikembangkan) diberbagai daerah atau wilayah di Indonesia. Prasyarat tumbuh yang harus diperhatikan dalam perencanaan budidaya kangkung antara lain jumlah curah hujan dan temperatur udara. Jumlah curah hujan yang baik untuk pertumbuhan tanaman kangkung berkisar antara 500- 5.000 mm per tahun, sedangkan temperatur udara dipengaruhi oleh ketinggian tempat.Setiap naik 100 meter tinggi tempat, maka temperatur udara turun 1oC.Di permukaan laut temperatur rata-rata sekitar 28oC dan di dataran tinggi (pegunungan) ± 2.000 meter dari permukaan laut (dpl) sekitar 18oC (Rukmana, 1994).

Pada penanaman kering kangkung ditanam pada jarak 5 inci.Kangkung dapat ditanam langsung dari benihnya atau bagian akarnya.Kangkung sering ditanam dalam semaian terlebih dahulu sebelum dipindahkan ke kebun.Daun kangkung dapat dipanen setelah 6 minggu sesudah penanaman.Jika penanaman basah yang digunakan potongan kangkung sepanjang 12 inci ditanam dalam lumpur dibiarkan basah dan tenggelam dalam air mengalir.Panen dapat dilakukan 30 hari setelah penanaman. Apabila pucuk tanaman dipetik, cabang dari tepi daun akan tumbuh lagi dan dapat dipanen setiap 7 – 10 hari.

**2.3 Pencemaran Logam Berat**

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar g/cm3, antara lain Cd, Hg, Pb, Zn, dan Ni. Logam berat Cd, Hg, dan Pb dinamakan sebagai logam non esensial dan pada tingkat tertentu menjadi logam beracun bagi makhluk hidup (Subowo *dkk*, 1999).

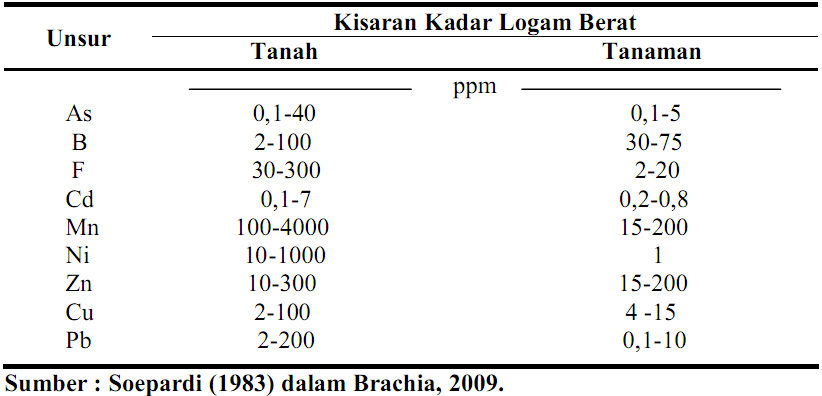
Logam berat ialah unsur logam dengan berat molekul tinggi. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Termasuk logam berat yang sering mencemari habitat ialah Hg, Cr, Cd, As, dan Pb (Am.geol. Inst., 1976).

Logam berat merupakan komponen alami tanah.Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan.Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, atau udara. Logam berat seperti tembaga, selenium, atau seng dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Akan tetapi, dapat berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia didalam tubuh mahluk hidup (Anonimous, 2008).

Menurut Darmono (1995), faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorbsi. Organisme pertama yang terpengaruh akibat penambahan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh di tanah atau habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut. Dengan demikian pengaruh logam berat tersebut pada akhirnya akan sampai pada hierarki rantai makanan tertinggi yaitu manusia. Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997).

Pemasok logam berat dalam tanah pertanian antara lain bahan agrokimia (pupuk dan pestisida), asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan (Alloway, 1990). Soepardi (1983) dalam Brachia, 2009 menyatakan kisaran logam berat timbal (Pb) sebagai pencemar dalam tanah adalah 2-200 ppm dan kisaran logam berat timbal (Pb) dalam tanaman adalah 0,1-10 ppm.

**Tabel 2.2 Kisaran Logam Berat dalam Cemaran Logam Dalam Tanah dan Tanaman.**



Babich dan Stotzky (1978) mengemukakan bahwa berbagai faktor lingkungan berpengaruh terhadap logam berat yaitu keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, kadar unsur lain dan lain-lain. pH adalah faktor penting yang menentukan transformasi logam. Penurunan pH secara umum meningkatkan ketersediaan logam berat kecuali Mo dan Se (Klein *dan* Trayer, 1995).

Reaksi tanah (pH) berperan dalam mengontrol sifat-sifat kimia logam dan proses lainnya didalam tanah. Tingkat ketersediaan logam berat tergantung pada pH lingkungan dimana logam tersebut berada.Pada pH rendah ketersediaan beberapa logam berat meningkat (Taberima, 2004).Terserapnya logam berat timbal (Pb) dan kadnium (Cd) ke tanaman dipengaruhi oleh pH tanah yang rendah dan KTK tanah yang rendah.

Supardi (1983) dalam Charlena (2004) menjelaskan bahwa Pb dan Cd tidak akan larut ke dalam tanah jika tanah tidak terlalu masam.Bahan organik (BO) adalah salah satu komponen terpenting didalam tanah. Berperan dalam perkembangan struktur tanah dan mengatur perpindahan polutan dan bahan pencemar didalam tanah, dan berperan penting didalam siklus perputaran serta penyimpanan hara dan air (Taberima, 2004). Senyawa humat juga berperan dalam membentuk ikatan kompleks dengan logam-logam.Adanya pembentukan kompleks mempengaruhi kereaktifan dan efek toksik dari logam (Matagi *et al*., 1998).

**2.4 Timbal (Pb)**

Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002 % dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 2008). Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik dan organik. Semua bentuk timbal (Pb) tersebut berpengaruh sama terhadap toksisitas pada manusia (Darmono, 2001).

Timbal adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang lazim terdapat dalam kandungan endapan sulfit yang tercampur mineral-mineral lain terutama seng dan tembaga. Penggunaan Pb terbesar adalah dalam industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya.Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida.Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun-tahun (Sunu, 2001).

Timbal sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman, yaitu daun, batang dan akar, dan akar umbi-umbian (bawang merah). Perpindahan Pb dari tanah ke tanaman tergantung komposisi dan pH tanah, serta KTK. Konsentrasi timbal yang tertinggi (100-1000 mg/kg) akan mengakibatkan pengaruh toksik pada proses fotosintesa dan pertumbuhan. Timbal hanya mempengaruhi tanaman bila konsentrasi tinggi (Anonimous, 1998).Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan tanah, kandungan bahan organik, serta KTK tanah rendah. Pada keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman (Charlena, 2004).

Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan (ICS 67.220.20) pada tahun 2009 kandungan logam berat timbal (Pb) pada buah dan sayur serta hasil olahnya adalah 0.5 mg/kg. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.00.06.1.52.4011 tentang penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan yang ditetapkan di Jakarta pada tanggal 28 Oktober 2009 juga menyatakan bahwa batas maksimum kandungan logam berat timbal (Pb) dalam buah olahan dan sayur olahan adalah 0.5 ppm atau mg/kg.



Gambar 2.2 Timbal (Sumber: Temple, 2007)

**2.5 Sumber Pencemaran Timbal**

Kadar timbal (Pb) yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. Khusus timbal (Pb) yang tercampur dengan batu fosfat dan terdapat di dalam batu pasir (*sand stone*) kadarnya lebih besar yaitu 100 mg/kg. Timbal (Pb) yang terdapat di tanah berkadar sekitar 5-25 mg/kg dan di air bawah tanah (*ground water)*berkisar antara 1-60 μg/liter. Secara alami timbal (Pb) juga ditemukan di air permukaan. Kadar timbal (Pb) pada air telaga dan air sungai adalah sebesar 1-10 μg/liter. Dalam air laut kadar timbal (Pb) lebih rendah dari dalam air tawar. Secara alami Pb juga ditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001 - 0,001 μg/m3. Tumbuh-tumbuhan termasuk sayur-mayur dan padi-padian dapat mengandung Pb, penelitian yang dilakukan di USA kadarnya berkisar antara 0,1 -1,0 μg/kg berat kering.

Logam berat Pb yang berasal dari tambang dapat berubah menjadi PbS (golena), PbCO3 (cerusite) dan PbSO4 (anglesite) dan ternyata golena merupakan sumber utama Pb yang berasal dari tambang. Logam berat Pb yang berasal dari tambang tersebut bercampur dengan Zn (seng) dengan kontribusi 70%, kandungan Pb murni sekitar 20% dan sisanya 10% terdiri dari campuran seng dan tembaga.

Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran timbal (Pb) adalah semua industri yang memakai Timbal (Pb) sebagai bahan baku maupun bahan penolong, misalnya:

* Industri pengecoran maupun pemurnian. Industri ini menghasilkan timbal konsentrat *(primary lead)*, maupun *secondary lead*yang berasal dari potongan logam (scrap).
* Industri baterai. Industri ini banyak menggunakan logam timbal (Pb) terutama lead antimony alloy dan lead oxides sebagai bahan dasarnya.
* Industri bahan bakar. Timbal (Pb) berupa tetra ethyl lead dan tetra methyl lead banyak dipakai sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga baik industri maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran timbal (Pb).
* Industri kabel. Industri kabel memerlukan timbal (Pb) untuk melapisi kabel. Saat ini pemakaian timbal (Pb) di industri kabel mulai berkurang, walaupun masih digunakan campuran logam Cd, Fe, Cr, Au dan arsenik yang juga membahayakan untuk kehidupan makluk hidup.
* Industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna. Pada industri ini seringkali dipakai timbal (Pb) karena toksisitasnya relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lain. Sebagai pewarna merah pada cat biasanya dipakai *red lead*, sedangkan untuk warna kuning dipakai *lead chromate*(Sudarmaji, dkk, 2006).

Sumber lain logam timbal berasal dari transportasi. Timbal, atau Tetra Etil Lead (TEL) yang banyak pada bahan bakar terutama bensin, diketahui bisa menjadi racun yang merusak sistem pernapasan, sistem saraf, serta meracuni darah. Penggunaan timbal (Pb) dalam bahan bakar semula adalah untuk meningkatkan oktan bahan bakar. Penambahan kandungan timbal (Pb) dalam bahan bakar, dilakukan sejak sekitar tahun 1920-an oleh kalangan kilang minyak. Tetra Etil Lead (TEL), selain meningkatkan oktan, juga dipercaya berfungsi sebagai pelumas dudukan katup mobil (produksi di bawah tahun 90-an), sehingga katup terjaga dari keausan, lebih awet, dan tahan lama.

Penggunaan timbal (Pb) dalam bensin lebih disebabkan oleh keyakinan bahwa tingkat sensitivitas timbal (Pb) tinggi dalam menaikkan angka oktan. Setiap 0,1 gram timbal (Pb) perliter bensin, menurut ahli tersebut mampu menaikkan angka oktan 1,5 sampai 2 satuan. Selain itu, harga timbal (Pb) relatif murah untuk meningkatkan satu oktan dibandingkan dengan senyawa lainnya (Santi, 2001). Hasil pembakaran dari bahan tambahan (*aditive*) timbal (Pb) pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi timbal (Pb) in organik. Logam berat timbal (Pb) yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin maka logam berat timbal (Pb) akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya (Sudarmaji, dkk, 2006).

Sebagai sumber timbal (Pb) di lingkungan hidup kita adalah (Mukono, 2002):

1. Udara

Udara ambien di pinggiran kota dapat mencapai kadar timbal sebesar 0,5 μg/m3 dan di dalam kota bisa mencapai 1-10 μg/m3 . Dalam keadaan yang sangat ramai dengan kendaraan bermotor kadar di udara bisa mencapai 14-25 μg/m3. Timbal yang mencemari udara terdapat dalam dua bentuk yaitu berbentuk gas dan partikel-partikel. Gas timbul terutama berasal dari pembakaran aditif bensin dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetraethyl lead (TEL) dan tetramethyl lead (TML). Partikel-partikel timbal di udara berasal dari sumber-sumber lain seperti pabrik-pabrik alkil timbal dan Pb oksida, pembakaran arang dan sebagainya (Anggraini, 2008).

Timbal di udara ini akan masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan dan penetrasi pada selaput kulit. Selain terhadap manusia,hewan dan tumbuhan juga terpapar oleh timbal di udara. Bila tanaman yang tercemar dikonsumsi hewan, maka hewan tersebut makin terpapar oleh timbal. Bila tanaman dan hewan telah terpapar tersebut dikonsumsi oleh manusia, maka timbal akan masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia.

1. Air

Analisis air bawah tanah menunjukkan kadar timah hitam (Pb) sebesar antara 1–60 mikrogram/liter, sedangkan analisis air permukaan terutama pada sungai dan danau menunjukkan angka antara 1–10 mikrogram/liter. Pencemaran timbal di air bisa melalui pipa saluran atau aktivitas pematrian menggunakan timbal (Winarno, 1993). Pemaparan timbal oleh air jumlahnya lebih rendah dibandingkan dengan pemaparan oleh udara dan makanan. Timbal (Pb) yang larut dalam air adalah Timbal asetat (Pb(C2H3O2)2), timbal klorat Pb(CLO3)2, timbal nitrat Pb (NO3)2, timbal stearat Pb (C18H35O2)2. Baku mutu (WHO) timbal (Pb) dalam air 0,1 mg/liter dan KLH No 02 tahun 1988 yaitu 0,05 – 1 mg/liter.

1. Tanah

Rata-rata timbal (Pb) yang terdapat dipermukaan tanah adalah sebesar 5–25 mg/kg.

1. Batuan

Bumi kita mengandung timbal (Pb) sekitar 13 mg/kg. Menurut *study* Weaepohl (1961), dinyatakan bahwa kadar timbal (Pb) pada batuan sekitar 10 – 20 mg/kg.

1. Tumbuhan

Secara alamiah tumbuhan dapat mengandung timbal (Pb). Menurut Warren dan Delavault (1962), Kadar timbal (Pb) pada dedaunan adalah 2,5 mg/kg berat daun kering.

1. Makanan

Jenis makanan yang dikonsumsi manusia juga mengandung timbal secara alami. Pada ikan dan binatang lain yang mengandung timbal 0,2-2,5 mg/kg, pada daging atau telur mengandung timbal sebesar 0-0,37 mg/kg. padi-padian mengandung timbal sebesar 0-1,39 mg/kg dan sayur-sayuran mengandung 0-1,3 mg/kg. dengan demikian perlu diperhatikan menu makanan yang dikonsumsi setiap harinya. Telah diketahui bahwa setiap 100 mg timbal yang masuk ke dalam tubuh manusia memlalui mulut akan menghasilkan timbal darah sebesar 6-10 μg/100 liter darah (Mukono, 2002).

**Asap Kendaraan**

**Aktivitas vulkanik**

**Pabrik cat, tekstil, limbah rumah tangga**

**Pupuk dan pestisida**

Gambar 2.3 Sumber Pencemaran Pb di Lingkungan ( Adaptasi dari Tung &

Temple, 1996)

**2.6 Pencemaran Lahan Pertanian oleh Timbal**

Timbal merupakan salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Logam ini Banyak dijumpai di dalam tanah maupun air dimana sumber penyebarannya tidak lain dari aliran sungai dimana limbah tersebut dialirkan. Pembuangan limbah (baik padatan maupun cairan) yang mengandung timbal ke daerah perairan menyebabkan penyimpangan dari keadaan normal air dan berarti pencemaran dapat menyebabkan air sungai menjadi tidak layak untuk digunakan sebagi sumber persediaan air. Penggunaan air sungai yang tercemar oleh limbah industri seperti timbal dapat menyebabkan pencemaran lahan pertanian (Kurnia *et al*, 2004:259).

Hingga saat ini, tanah merupakan tempat pembuangan utama dari timbal dan kemungkinan besar timbal tersebut terserap dan diakumulasi oleh tanaman yang dikonsumsi oleh manusia (De la Rosa *et al*, 2004). Menurut Alloway (1990) pencemaran timbal akibat limbah industri, pertambangan, dan kepadatan lalu lintas akan mempengaruhi kandungan timbal dalam tanah. Pencemaran yang berasal dari limbah industri kemudian dibuang menuju sungai dan menjadi masalah saat sungai tersebut digunakan sebagai sumber pengairan untuk mengairi lahan pertanian, sebagian meresap ke dalam tanah, menguap ke udara, dan sebagian lagi dapat berfungsi sebagai unsur hara bagi tanaman.

Menurut kurnia *et al* (2004), berbagai pupuk baik organik maupun anorganik dapat mengandung logam berat seperti timbal. Pupuk organik yang berasal dari sampah kota dapat tercemar oleh timbal, karena berbagai macam limbah rumah tangga dan sampah kota yang terdiri dari sisa-sisa sayuran yang tercampur dengan kaleng, seng, alumunium foil, baterai bekas dan sampah lain yang mengandung timbal.

**2.7 Metabolisme Timbal (Pb) Pada Tubuh Manusia**

1.      Absorbsi

Pajanan timbal (Pb) dapat berasal dari makanan, minuman, udara, lingkungan umum, dan lingkungan kerja yang tercemar timbal (Pb). Pajanan non okupasional biasanya melalui tertelannya makanan dan minuman yang tercemar timbal (Pb). Pajanan okupasional melalui saluran pernapasan dan saluran pencernaan terutama oleh timbal (Pb) karbonat dan timbal (Pb) sulfat. Masukan timbal (Pb) 100 hingga 350 mikrogram/hari dan 20 mikrogram/hari diabsorbsi melalui inhalasi uap timbal (Pb) dan partikel dari udara lingkungan kota yang polutif (DeRoos, 1997 dalam Ardyanto, 2005.). Timah hitam dan senyawanya masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan, sedangkan absorbsi melalui kulit sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Bahaya yang ditimbulkan oleh timbal (Pb) tergantung oleh ukuran partikelnya.

Partikel yang lebih kecil dari 10 mikrogram dapat tertahan di paru-paru, sedangkan partikel yang lebih besar mengendap di saluran nafas bagian atas. Absorbsi timbal (Pb) melalui saluran pernafasan dipengaruhi oleh tiga proses yaitu deposisi, pembersihan mukosiliar, dan pembersihan alveolar. Deposisi terjadi di nasofaring, saluran trakeobronkhial, dan alveolus. Deposisi tergantung pada ukuran partikel timbal (Pb) volume pernafasan dan daya larut. Partikel yang lebih besar banyak di deposit pada saluran pernafasan bagian atas dibanding partikel yang lebih kecil (DeRoos 1997, dan OSHA, 2005 dalamArdyanto, D, 2005.). Pembersihan mukosiliar membawa partikel di saluran pernafasan bagian atas ke nasofaring kemudian di telan.

Rata-rata 10–30% Pb yang terinhalasi diabsorbsi melalui paru-paru, dan sekitar 5-10% dari yang tertelan diabsorbsi melalui saluran cerna (Palar, 1994). Fungsi pembersihan alveolar adalah membawa partikel ke ekskalator mukosiliar, menembus lapisan jaringan paru kemudian menuju kelenjar limfe dan aliran darah. Sebanyak 30-40% timbal (Pb) yang di absorbsi melalui saluran pernapasan akan masuk ke aliran darah. Masuknya timbal (Pb) ke aliran darah tergantung pada ukuran partikel daya larut, volume pernafasan dan variasi faal antar individu (Palar, 1994).

2.      Distribusi dan penyimpanan

Timah hitam yang diabsorsi diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh sebanyak 95% timbal (Pb) dalam darah diikat oleh eritrosit. Sebagian timbal (Pb) plasma dalam bentuk yang dapat berdifusi dan diperkirakan dalam keseimbangan dengan *pool*timbal (Pb) tubuh lainnya dibagi menjadi dua yaitu ke jaringan lunak (sumsum tulang, sistim saraf, ginjal, hati) dan ke jaringan keras (tulang, kuku, rambut, gigi) (Palar, 1994). Gigi dan tulang panjang mengandung timbal (Pb) yang lebih banyak dibandingkan tulang lainnya. Pada gusi dapat terlihat *lead line*yaitu pigmen berwarna abu abu pada perbatasan antara gigi dan gusi (Goldstein & Kipen, 1994 dalam Ardyanto, 2005.). Hal itu merupakan ciri khas keracunan timbal (Pb). Pada jaringan lunak sebagian timbal (Pb) disimpan dalam aorta, hati, ginjal, otak, dan kulit. Timah hitam yang ada dijaringan lunak bersifat toksik.

3.      Ekskresi

Ekskresi timbal (Pb) melalui beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi timbal (Pb) melalui urine sebanyak 75–80%, melalui feces 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku (Palar,1994). Ekskresi timbal (Pb) melalui saluran cerna dipengaruhi oleh saluran aktif dan pasif kelenjar saliva, pankreas dan kelenjar lainnya di dinding usus, regenerasi sel epitel, dan ekskresi empedu. Sedangkan Proses eksresi timbal (Pb) melalui ginjal adalah melalui filtrasi glomerulus.

**2.8 Pengaruh Timbal Bagi Manusia**

Timbal adalah racun bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat global.Penyebab terjadinya keracunan timbal bersifat lokal, bervariasi dalam komunitas dan negara yang berbeda. Penelitian menunjukkan bahwa timbal yang banyak terserap oleh anak, walaupun dalam jumlah kecil, dapat menyebabkan gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik dan mental yang kemudian berakibat pada fungsi kecerdasan dan kemampuan akademik (www.diskusiskripsi.com, 2010).

Paparan bahan tercemar timbal (Pb) dapat menyebabkan berbagai macam gangguan diantaranya sebagai berikut:

1. Gangguan Neurologi

Gangguan neurologi (susunan syaraf) akibat tercemar oleh timbal (Pb) dapat berupa encephalopathy, ataxia, stupor dan coma. Pada anak-anak dapat menimbulkan kejang tubuh dan neuropathy perifer.

1. Gangguan terhadap fungsi ginjal.

Logam berat timbal (Pb) dapat menyebabkan tidak berfungsinya tubulus renal, nephropati irreversible, sclerosis vaskuler, sel tubulus atropi, fibrosis dan sclerosis glumerolus. Akibatnya dapat menimbulkan aminoaciduria dan glukosuria, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis.

1. Gangguan terhadap sistem reproduksi.

Logam berat timbal (Pb) dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Logam berat timbal (Pb) mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Anak -anak sangat peka terhadap paparan timbal (Pb) di udara. Paparan timbal (Pb) dengan kadar yang rendah yang berlangsung cukup lama dapat menurunkan IQ.

1. Gangguan terhadap sistem hemopoitik.

Keracunan timbal (Pb) dapat dapat menyebabkan terjadinya anemia akibat penurunan sintesis globin walaupun tak tampak adanya penurunan kadar zat besi dalam serum. Anemia ringan yang terjadi disertai dengan sedikit peningkatan kadar ALA (*Amino Levulinic Acid)*urine. Pada anak–anak juga terjadi peningkatan ALA dalam darah. Efek dominan dari keracunan timbal (Pb) pada sistem hemopoitik adalah peningkatan ekskresi ALA dan CP *(Coproporphyrine*). Dapat dikatakan bahwa gejala anemia merupakan gejala dini dari keracunan timbal (Pb) pada manusia. Dibandingkan dengan orang dewasa, anak -anak lebih sensitif terhadap terjadinya anemia akibat paparan timbal (Pb). Terdapat korelasi negatif yang signifikan antara Hb dan kadar timbal (Pb) di dalam darah.

1. Gangguan terhadap sistem syaraf.

Efek pencemaran timbal (Pb) terhadap kerja otak lebih sensitif pada anak-anak dibandingkan pada orang dewas. Gambaran klinis yang timbul adalah rasa malas, gampang tersinggung, sakit kepala, tremor, halusinasi, gampang lupa, sukar konsentrasi dan menurunnya kecerdasan pada anak dengan kadar timbal (Pb) darah sebesar 40-80 μg/100 ml dapat timbul gejala gangguan hematologis, namun belum tampak adanya gejala lead encephalopathy. Gejala yang timbul pada lead encephalopathy antara lain adalah rasa cangung, mudah tersinggung, dan penurunan pembentukan konsep. Apabila pada masa bayi sudah mulai terpapar oleh timbal (Pb), maka pengaruhnya pada profil psikologis dan penampilan pendidikannya akan tampak pada umur sekitar 5-15 tahun. Akan timbul gejala tidak spesifik berupa hiperaktifitas atau gangguan psikologis jika terpapar timbal (Pb) pada anak berusia 21 bulan sampai 18 tahun (Sudarmaji, dkk, 2006).

1. Kadar timbal dalam ASI (Air Susu Ibu) dari ibu-ibu yang bertempat tinggal di kota-kota jauh lebih tinggi dibandingkan dengan ASI dari ibu-ibu yang bertempat tinggal di pedesaan.Yakni masing-masing 1-30 mikrogram per kilogram dan 1-2 mikrogram per kilogram (www.diskusiskripsi.com, 2000).

**2.9 Blansing**

Blansing adalah pemanasan yang biasanya dilakukan pada bahan pangan atau pada jaringan sebelum dibekukan, dikeringkan atau dikalengkan (urba dan Rusmarilin, 1985). Sedangkan menurut Astawan (1991) blansing adalah perlakuan dengan pemberian panas pada bahan dengan cara pencelupan pada air panas ataupun dengan pemberian uap panas.

Secara garis besar metode blansing yang sering diterapkan ada 2 (dua), yaitu *hot water blanching* dan *Steam blanching*.

1. *Hot Water Blanching* ( Blansing dengan Air Panas)

Metode ini hampir sama dengan proses perebusan. Metode ini cukup efisien, namun memiliki kekurangan yaitu kehilangan komponen bahn pangan yang mudah larut dalam air serta bahan yangtidak tahan panas.

1. *Steam Blanching* (Blansing dengan uap air panas)

Blansing dengan metode ini paling sering diterapkan. Metode ini mengurangi kehilangan komponen yang tidak tahan panas.

Metode yang akan digunakan adalah *hot water blanching* (blansing dengan air panas) hal ini dilakukan karena pada umumnya masyarakat Indonesia melakukan perebusan terhadap kangkung sebelum dikonsumsi, selain itu *steam blanching* atau pengukusan tidak dianjurkan untuk sayur-sayuran hijau, karena warna bahan akan menjadi kusam.

Proses blansing salah satunya bertujuan untuk menjaga mutu produk, dengan cara menonaktifkan enzim alami yang terdapat pada bahan pangan. Enzim tersebut di nonaktifkan karena dapat mengganggu kualitas pangan saat dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Contohnya ialah enzim polifenolase yang menimbulkan pencoklatan pada bahan pangan buah-buahan.  Tujuan blansing bervariasi dan bergantung pada proses pengolahan yang akan dilakukan diantaranya :

* Membersihkan bahan dari kotoran dan mengurangi jumlah mikroba dalam bahan.
* Mengeluarkan atau menghilangkan gas-gas dari dalam jaringan tanaman, sehingga mengurangi terjadinya pengkaratan kaleng dan memperoleh keadaan vakum yang baik dalam “headspace” kaleng.
* Melayukan atau melunakkan jaringan tanaman, agar memudahkan pengisian bahan ke dalam wadah.
* Menghilangkan bau dan flavor yang tidak dikehendaki.
* Menghilangkan lendir pada beberapa jenis sayur-sayuran.
* Memperbaiki warna produk, a.l. memantapkan warna hijau sayur-sayuran.
* Mengurangi kadar logam berat yang menempel pada sayuran atau makanan

**2.10 Suhu dan Waktu Blansing**

Setiap bahan pangan memiliki waktu proses *blansing* yang berbeda-beda untuk inaktivasi enzim, tergantung pada jenis bahan tersebut, metode blansing yang digunakan, ukuran bahan dan suhu media pemanas yang digunakan. Pada Tabel 3 ini dapat dilihat lama waktu *blansing* dari beberapa jenis bahan pangan :

**Tabel 2.3. Lamanya Waktu *Blansing* Terhadap Sayuran**

|  |  |
| --- | --- |
| **Sayuran (dalam air suhu < 100oC)** | **Waktu perebusan (menit)** |
| Brokoli | 02-Mar |
| Jagung | 02-Mar |
| Bayam | 12 |
| Beet ukuran kecil, utuh | 03-Mei |
| Beet dipotong dadu | 3 |

Sumber : (Herawati, 2004)

Idealnya, lama waktu yang diperlukan untuk proses perebusan adalah pas tidak terlalu lama atau terlalu sebentar. Proses perebusan yang berlebihan akan menyebabkan produk menjadi matang, kehilangan *flavor*, warna, dan nutrisi-nutrisi penting yang terkandung didalamnya karena komponen-komponen tersebut dapat rusak dan terlarut kedalam media pemanas (pada proses perebusan dengan air panas atau steam). Sebaliknya, waktu perebusan yang terlalu sebentar akan mendorong meningkatnya aktivitas enzim perusak dan menyebabkan kerusakan mutu produk yang lebih besar dibandingkan dengan yang tidak mengalami proses blansing.

*Hot Water Blanching* dapat dilakukan pada suhu82°C – 100°C tergantung dari jenis komoditi, tebal irisan dan jumlah bahan (Satuhu, 1996). Menurut Purba dan Rusmarilin (1998), *Hot Water Blanching* dapat dilakukan pada suhu 81°C – 93°C selama 1,5-3 menit tergantung dari bahan dan jumlah bahan yang diblansing. Pada umumnya proses *Hot Water Blanching* dilakukan selama 5-10 menit. Semakin banyak bahan yang akan diblansing dan semakin tebal bahan maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan.

Berdasarkan penelitian Aan (1996) menyatakan bahwa perebusan dengan menggunakan air dapat menurunkan kadar logam berat. Perebusan dengan menggunakan air demineralisasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar logam berat Pb, Cd dan Hg. Menurut Aan kembali lama perebusan dalam air demineralisasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar logam berat Pb, Cd dan Hg.

**2.11 AAS**

Spektrofotometri serapan atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state). Cara analisa ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu cuplikan, dan tidak bergantung dari bentuk molekul logam tersebut dalam cuplikan (Khopkar, 1990). Teknik pengukuran ini dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi lebih dari 62 jenis unsur logam.

* + 1. Teori Spektrofotometri serapan atom (AAS)

Keberhasilan analisis dengan menggunakan AAS tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat. Temperatur nyala harus sangat tinggi. Hal ini diterangkan dari persamaan Boltzman:

Nj = Pj exp – Ej

No Po KT

Keterangan :

Nj = Jumlah atom dalam keadaan tereksitasi

No = Jumlah atom dalam keadaan dasar

Pj/Po = Faktor perbandingan atau “statistical weights” untuk atom dalam

keadaan tereksitasi dan keadaan dasar.

Ej = Perbedaaan energi eksitasi =EI-EO=hv

K = Ketetapan Boltzman

T = Suhu dalam Kelvin

Persamaan diatas dapat dibaca bahwa perbandingan N1/N0 tergantung kepada perbedaan energi dasar dan eksitasi (Ej) dan suhu (T). Bila suhu naik maka perbandingan N1/N0 yaitu perbandingan antara jumlah atom tereksitasi dan jumlah atom dalam keadaan dasar semakin besar. Demikian juga jika perbedaan energi eksitasi turun (Khopkar, 1990).

* + 1. Cara Kerja Spektrofotometri serapan atom (AAS)

Cara kerja AAS berprinsip pada absorbsi cahaya oleh atom.Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Atom suatu unsur akan menyerap energi dan terjadi eksitasi atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan sebagian atau seluruh tenaga eksitasinya dalam bentuk radiasi. Frekuansi radiasi yang dipancarkan karakteristik untuk setiap unsur dan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang tereksitasi yang kemudian mengalami deeksitasi.

Teknik ini dikenal dengan SEA (spektrofotometer emisi atom). Untuk AAS keadaan berlawanan dengan cara emisi yaitu, populasi atom pada tingkat dasar dikenakan seberkas radiasi, maka akan terjadi penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat dasar tersebut. Penyerapan ini menyebabkan terjadinya pengurangan intensitas radiasi yang diberikan. Pengurangan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat dasar tersebut. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. AAS menganut hukum lambert beer sama seperti spektrofotometer UV/Vis.

Cara perhitungannya pun sama, yaitu dengan membuat deret standar dan setelah ditetapkan harga absorbansi atau % transmisinya, kemudian dibuat grafik. Pada AAS umumnya pencatatan hasil analisis memakai sistem digital atau dapat dipakai rekorder atau komputer. Bila dipakai rekorder dengan memprogramkan tinggi puncak salah satu deret standar, maka untuk mengetahui kepekatan (ppm) contoh yaitu dengan membandingkan tinggi puncak dari contoh dan deret standar.

* + 1. Kelebihan dan Kekurangan Spektrofotometri serapan atom (AAS)

AAS pertama kali dikembangkan oleh Alan Walsh tahun 1955, yang melakukan analisa logam renik dalam suatu sample. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan metoda spektroskopi emisi konvensional. Pada metoda emisi konvensional, emisi tergantung pada temperatur sumber eksitasi, dan eksitasi terjadi secara serentak pada setiap spesies dalam campuran. Sedangkan dengan nyala eksitasi terjadi pada tingkat energi yang rendah, sehingga tidak semua spesies yang tereksitasi. Perbandingan banyak atom yang tereksitasi dengan yang spesies yang berada pada tingkat energi dasar dapat dimanfaatkan menjadi metoda serapan atom.

Metode AAS diketahui beberapa macam diantaranya *flame* AAS dan GF AAS. Flame Atomizer merupakan perangkat Spektroskopi Atomik yang proses pengatomannya dilakukan melalui pemanasan media api. Flame atomizer dapat digunakan untuk AES, AFS, dan AAS. Bentuk umumnya dari Atomizer flame adalah sebuah pipa konsentrik, dimana sampel larutan dihisap ke dalam pipa kapilernya. GF AAS atau yang lebih diketahui dengan Graphite furnace AAS merupakan metode lain pada AAS. Graphite furnace AAS umumnya dipergunakan untuk analisis sampel tanpa perlakuan preparasi sebelumnya.

GF AAS Menggunakan tabung grafit dengan energi listrik yang besar untuk memanaskan dan mengatomisasi sampel. Teknik GF-AAS sering digunakan untuk analisis unsur-unsur logam dengan sensitivitas dan batas pendeteksian 20 sampai 1000 kali lebih baik dari pada teknik FAAS. Teknik GF-AAS menggunakan proses *electrothermal heating* karena menggunakan pemanasan sampel terprogram dengan energi listrik berdasar pada prinsip yang sama seperti atomisasi nyala. Perbedaanya hanya terletak pada tempat pembakar sampel (*burner*) dalam nyala api digantikan dengan *atomizer* atau *furnace* yang dipanaskan dengan listrik. GFAAS dapat mengatasi kelemahan dari sistem nyala seperti, sensitivitas, jumlah sampel dan penyiapan sampel.

Keuntungan metode AAS dibandingkan dengan spektrofotometer biasa yaitu spesifik, batas deteksi yang rendah dari larutan yang sama bisa mengukur unsur-unsur yang berlainan, pengukurannya langsung terhadap contoh, output dapat langsung dibaca, cukup ekonomis, dapat diaplikasikan pada banyak jenis unsur, batas kadar penentuan luas (dari ppm sampai %).

Kelemahan metode ini yaitu pengaruh kimia dimana AAS tidak mampu menguraikan zat menjadi atom misalnya pengaruh fosfat terhadap Ca, pengaruh ionisasi yaitu bila atom tereksitasi (tidak hanya disosiasi) sehingga menimbulkan emisi pada panjang gelombang yang sama, serta pengaruh matriks misalnya pelarut (Wiryawan., dkk. 2007).



Gambar 2.5 AAS (Sumber : Wiryawan, 2007)