

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Susu

Susu disebut sebagai bahan makanan yang sempurna, memiliki nilai gizi yang tinggi dan lengkap. Kandungan gizi dalam susu sangat ideal, mudah dicerna dan diserap oleh darah dengan sempurna. Didalam susu terkandung karbohidrat yang berfungsi sebagai bahan pembakar pada proses metabolisme dan digunakan dalam perkembangan sel otak. Lemak susu yang terdiri dari Asam lemak merupakan sumber energy bagi tubuh. Protein dalam susu mengandung 11 asam amino essensial yang jarang ditemukan dalam makanan Asal padi padian (*cereal grains*). Kalsium dan vitamin D pada susu sangat penting, susu diperkirakan dapat mensuplai 725 mg kebutuhan kalsium untuk manusia. (Lukman *et al.* 2009).

2.1.1 Susu Kental Manis

Susu kental manis atau biasa disebut *sweetend condensed milk* adalah susu segar tau susu avaporasi yang telah dipekatkan dengan menguapkan sebagian airnya dan kemudian ditambahkan gula berfungsi sebagai pengawet. Susu kental manis rekonstitusi terbuat dari bahan-bahan seperti susu bubuk skim, air, gula, lemak, dan vitamin, sehingga diperoleh susu dengan kekentalan tertentu (Wardana,2012). Berikut contoh gambar susu kental manis Gambar 2.1



Gambar 2.1 Susu Kental Manis (Anonim, 2019)

Badan Standardisasi Nasional menyatakan bahwa susu kental manis (SKM) adalah produk olahan susu berbentuk cairan kental yang diperoleh dengan menghilangkan atau menguapkan sebagian air dari susu segar atau hasil rekonstitusi susu bubuk berlemak penuh, atau hasil rekombinasi susu bubuk tanpa lemak dengan lemak susu atau lemak nabati, yang telah ditambah gula, dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan makanan lain yang diizinkan. Susu kental manis dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu susu kental manis tanpa gandum rasa dan susu kental manis dengan gandum rasa (Machrus, 2012).

Badan Pengawas Obat dan Makanan mendefinisikan susu kental manis sebagai produk susu berbentuk cairan kental yang diperoleh dengan menghilangkan sebagian air dari campuran susu dan gula hingga mencapai tingkat kepekatan, atau merupakan hasil rekonstitusi susu bubuk dengan penambahan gula, dan atau penambahan bahan lain. Susu kental manis bukan produk steril, tetapi pengawetannya tergantung pada kandungan gulanya yang tinggi. Ketersediaan air yang rendah dan kandungan gula yang tinggi mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Higiene pabrik yang ketat harus dijaga sehingga bakteri osmofilik tidak mengkontaminasi produk. Konsentrasi laktosa dalam susu

kental manis di atas titik jenuhnya akan menyebabkan terjadinya kristalisasi. Kristalisasi ini harus dikontrol untuk menjamin bahwa Kristal yang terbentuk ukurannya sangat kecil. Jika kristalisasi tidak dikontrol, maka akan menyebabkan tekstur produk menjadi kasar atau dikenal dengan cacat produk (Machrus, 2012)

2.2 Kandungan Gizi Susu Kental Manis

Susu Kental Manis adalah bahan makanan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Susu Kental Manis mengandung energi sebesar 336 kilokalori, protein 8,2 gram, karbohidrat 55 gram, lemak 10 gram, kalsium 275 miligram, fosfor 209 miligram, dan zat besi 0 miligram. Selain itu di dalam Susu Kental Manis juga terkandung vitamin A sebanyak 510 IU, vitamin B1 0,05 miligram dan vitamin C 1 miligram. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 gram Susu Kental Manis, dengan jumlah yang dapat dimakan sebanyak 100 %. Informasi Rinci Komposisi Kandungan Nutrisi/Gizi Pada Susu Kental Manis (Godam, 2012) adalah:

1. Banyaknya Susu Kental Manis yang diteliti (Food Weight) = 100 gr
2. Bagian Susu Kental Manis yang dapat dikonsumsi (Bdd / Food Edible) = 100 %
3. Jumlah Kandungan Protein Susu Kental Manis = 8,2 gr
4. Jumlah Kandungan Energi Susu Kental Manis = 336 kkal
5. Jumlah Kandungan Lemak Susu Kental Manis = 10 gr
6. Jumlah Kandungan Fosfor Susu Kental Manis = 209 mg
7. Jumlah Kandungan Karbohidrat Susu Kental Manis = 55 gr
8. Jumlah Kandungan Kalsium Susu Kental Manis = 275 mg
9. Jumlah Kandungan Zat Besi Susu Kental Manis = 0 mg

10. Jumlah Kandungan Vitamin B1 Susu Kental Manis = 0,05 mg
11. Jumlah Kandungan Vitamin A Susu Kental Manis = 510 IU
12. Jumlah Kandungan Vitamin C Susu Kental Manis = 1 mg/l

2.3 Jenis – Jenis Susu Kental Manis

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) susu kental manis didefinisikan sebagai produk susu berbentuk cairan kental yang diperoleh dengan menghilangkan air dari campuran susu segar dan gula atau di rekonstitusi (pelarutan/pencampuran) susu bubuk dengan penambahan gula dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diijinkan. Standar susu kental manis berdasarkan Codex Stan 282-1971 dan SNI Susu Kental Manis 2971-2011, harus mengandung protein minimal 6.5-9.52% dan kadar lemak minimal 8%. Dalam industri dikenal beberapa susu kental manis sebagai berikut.

a. Susu kental manis (Full Cream)

Susu kental manis jenis ini dibuat dari susu segar dengan penambahan gula dan dihilangkan sebagian airnya atau dapat juga dibuat dari campuran susu bubuk dengan gula dan bahan tambahan pangan lain yang diijinkan. Kadar lemaknya minimal 8% tanpa ada penambahan lemak atau minyak nabati. Kadar proteinnya yang lebih tinggi dari jenis yang lain (standar protein menurut SNI Susu kental manis, minimal 6.5%) membuat produk ini cocok dikonsumsi sebagai minuman susu. Varian rasa yang biasa ditemukan pada susu kental manis adalah plain (putih) dan cokelat.

b. Susu Kental Manis Lemak Nabati

Kini telah banyak tersedia dipasaran produk susu jenis ini. Susu kental manis lemak nabati dibuat dari susu segar yang ditambahkan gula, diganti sebagian lemaknya dengan lemak nabati yang kemudian dihilangkan sebagai airnya. Atau dapat juga dibuat dari campuran susu bubuk dengan gula dan diganti sebagian lemaknya dengan lemak nabati. Penggantian sebagian lemaknya dengan lemak nabati memungkinkan konsumen mendapat asupan lemak tidak jenuh dari lemak nabati yang baik bagi kesehatan.

c. Susu Skim Kental Manis

Produk susu jenis ini masih jarang beredar di pasar di Indonesia. Susu skim kental manis merupakan cairan kental yang dibuat dengan menghilangkan sebagian air dari susu skim yang telah ditambah gula hingga kepekatan tertentu. Kadar lemaknya sangat rendah. Kadar lemak yang diperbolehkan untuk produk susu yang satu ini maksimal 1%, sangat rendah bila dibandingkan dengan jenis susu kental manis lainnya. Bagi konsumen yang ingin membatasi asupan lemak hariannya, produk ini dapat menjadi salah satu pilihan namun masih jarang di Indonesia.

d. Krimer Kental Manis

Produk lainnya yang serupa dengan Susu kental manis adalah Krimer Kental Manis (KKM). Berdasarkan kategori pangan BPOM No HK. 00.05.52.4040 Krimer Kental Manis merupakan cairan kental yang diperoleh dengan menghilangkan sebagian air dari campuran susu segar, gula, dan lemak nabati/minyak nabati atau dari hasil pelarutan campuran susu bubuk dengan penambahan gula dan lemak nabati. Tidak ada standar

minimal protein dan lemak untuk krim kental manis sehingga masih banyak kemungkinan inovasi yang dapat dimunculkan dari produk ini. Rasa krim kental manis lebih beragam ketimbang produk susu kental manis. Kini dapat ditemukan di pasaran krim kental manis dengan rasa keju.

2.4 Tinjauan Tentang Pembuatan Susu Kental Manis

Pembuatan susu kental dimulai dengan pencampuran susu segar, susu bubuk, gula, air dan bahan tambahan lainnya. Bahan-bahan dicampurkan sampai tercampur sempurna, kemudian dilakukan penyaringan. Tahap selanjutnya adalah homogenisasi yang bertujuan untuk menghancurkan globula lemak, sehingga memiliki ukuran yang kecil dan seragam. Tekanan homogenisasi yang tepat perlu dioptimasi untuk menghasilkan dispersi lemak yang baik, tetapi juga cukup rendah untuk mencegah terjadinya resiko koagulasi karena kerusakan stabilitas protein. Pasteurisasi merupakan tahap setelah homogenisasi pada kisaran suhu 85-90 °C. Tahap selanjutnya adalah *vacuum cooling* yang bertujuan menguapkan air yang terkandung dalam susu pada kondisi *vacuum* sehingga air dapat menguap pada suhu rendah. Tujuan proses pada kondisi *vacuum* adalah agar nutrisi yang terkandung pada produk susu dapat diminimalisir kerusakannya. Tahap selanjutnya adalah penyimpanan dan pengemasan (Saleh, 2004).

2.5 Tinjauan Tentang Kemasan *Sachet*

Kemasan mempunyai peranan penting dalam pengawetan hasil peternakan. Kemasan dapat membantu mencegah atau mengurangi kerusakan, melindungi bahan pangan yang ada di dalamnya, melindungi dari bahaya pencemaran serta gangguan fisik (gesekan, benturan, dan getaran). Pengemasan

juga berfungsi untuk menempatkan suatu hasil pengolahan atau produk industri agar mempunyai bentuk-bentuk yang memudahkan dalam penyimpanan, pengangkutan dan distribusi. Pembuatan kemasan juga berfungsi sebagai sumber informasi dan dibuat agar menarik perhatian konsumen. Kemasan dapat terdiri dari kemasan primer dan kemasan sekunder. Kemasan primer merupakan kemasan yang kontak langsung dengan produk. Kemasan sekunder yaitu kemasan merupakan karton luar atau *multipacker* yang memungkinkan konsumen untuk membawa lebih dari satu *pcs* produk pada suatu waktu (Brody, 2008).

Kemasan *sachet* merupakan suatu bentuk kemasan yang bersifat fleksibel yang terbuat dari *Al foil*, film plastik, selopan, film plastik berlapis logam aluminium (metalized film) dan kertas yang dibuat satu lapis atau lebih dengan atau tanpa bahan *thermoplastic* maupun bahan perekat lainnya sebagai pengikat ataupun pelapis konstruksi kemasan. *Al foil* dapat memberikan penghalang yang baik terhadap transmisi gas, uap air dan cahaya. Kemasan *sachet* digambarkan sebagai material yang tidak *rigid* atau kaku, dan biasanya merupakan material yang non *fibrous* dan memiliki ketebalan kurang dari 0,25 mm. Kemasan *sachet* memiliki beberapa karakteristik yaitu harga relatif murah, memiliki sifat penghalang yang baik terhadap uap air dan gas, dan dapat direkatkan dengan panas (Fellows, 2000).

2.6 Tinjauan Tentang Timbal

2.6.1 Pengertian Timbal (Pb)

Timbal adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan dengan rapatan yang tinggi ($11,48 \text{ ml}^{-1}$ pada suhu kamar). Mudah melarut dalam asam nitrat yang

sedang pekatnya (8M), dan terbentuk juga nitrogen oksida. Gas nitrogen (II) oksida yang tak berwarna itu, bila tercampur dengan udara akan teroksidasi menjadi nitrogen Oksida yang merah:

$2\text{NO} \text{ (tak berwarna)} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2 \text{ (Merah)}$ (Vogel, 1990). Timbal merupakan logam berat yang mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik didih timbal adalah 1740°C dan memiliki massa jenis $11,34\text{g/cm}^3$ (Widowati, 2008).

Timbal pada awalnya adalah logam berat yang secara alami terdapat didalam kerak bumi. Timbal adalah logam yang mendapat perhatian karena bersifat toksik melalui makanan, minuman, udara, air, serta debu yang tercemar timbal (Sunu dalam Sihite, 2015).

Timbal merupakan bahan kimia yang termasuk dalam logam berat. Logam ini merupakan bahan kimia logam yang sama sekalipun tidak dibutuhkan oleh tubuh. Bila masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan efek negatif pada fungsi fisiologis tubuh (Palar, 2012). Gambar Timbal (Pb) ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Logam Berat Timbal (Amalia, 2013)

2.6.2 Sifat Logam Timbal

Menurut Palar, 2012 logam timbal atau Pb mempunyai sifat yang khusus seperti berikut:

Logam yang lunak sehingga dapat di potong dengan menggunakan pisau atau tangan dan dapat di bentuk dengan mudah.

1. Mempunyai titik lebur rendah, hanya 327,5°C.
2. Mempunyai kerapatan yang lebih besar di bandingkan dengan logam – logam biasa, kecuali emas dan merkuri.
3. Logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam timbal sering di gunakan sebagai bahan coating.
4. Penghantar listrik yang tidak baik.

2.6.3 Sumber Timbal

Timbal terdapat di dalam kerak bumi , timbal banyak ditemukan dalam pertambangan- pertambangan di seluruh dunia. Timbal berasal dari limbah penggunaan batu bara dan minyak. Selain itu juga berasal dari pabrik peleburan besi dan baja, pengabuan sampah pabrik, produksi semen dan limbah dari penggunaan logam yang bersangkutan untuk hasil produksinya (Pabrik baterai/Aki, listrik, pigmen/cat warna/tekstil, pestida, gelas, keramik, dan lain lain) (Darmono, 2010).

Penyebaran logam timbal di bumi paling sedikit di bandingkan dengan logam berat lainnya. Timbal secara alamiah terdapat dalam jumlah kecil pada batu – batuan , penguapan, lava, tanah, dan tumbuhan. Limbah komersial dihasilkan

melalui penambangan, peleburan, dan pengolahan sekunder lain (Kurniawan W, 2008).

Adapun Sumber pencemaran timbal berasal dari sebagai berikut :

1. Sumber alami

Kadar timbal secara alami terdapat dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. Khusus timbal yang tercampur dengan batu fosfat dan terdapat di dalam batu pasir dengan kadar 100 mg/kg. Timbal terdapat di tanah berkisar 5-25 mg/kg dan di air bawah tanah berkisar 1-60 µg/liter. Timbal juga terdapat pada air permukaan. Kadar timbal pada air telaga dan air sungai adalah sekitar 1-10 µg/liter. Secara alami timbal jugaditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001-0,001 µg/liter (Sudarmaji, dkk, 2006).

2. Sumber dari industri

Terdapat beberapa industri yang menggunakan timbal sebagai bahan baku maupun bahan tambahan, sehingga memiliki potensi pencemaran timbal, seperti (Sudarmaji, dkk, 2006):

- a. Industri pengecoran maupun pemurnian. Industri ini menghasilkan timbal konsentrat (*primary lead*), maupun *secondary lead* yang berasal dari potongan logam (scrap).
- b. Industri bahan bakar. Timbal berupa tetra ethyl lead dan tetra methyl lead yang banyak digunakan sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga industri maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran timbal.
- c. Industri kabel. Industri kabel menggunakan timbal sebagai bahan pelapis kabel.

d. Industri baterai. Industri ini banyak menggunakan logam timbal terutama *lead antimony alloy* dan *lead oxides* yang digunakan sebagai bahan dasarnya.

e. Industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna. Timbal digunakan karena toksisitasnya relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lain.

3. Sumber dari transportasi

Timbal, atau *Tetra Etil Lead (TEL)* banyak ditemukan pada bahan bakar terutama bensin. Timbal yang terkandung dalam bahan bakar membawa dampak negatif dan menjadi racun yang dapat merusak sistem pernapasan, sistem saraf serta meracuni darah. Penambahan timbal dalam bahan bakar, dilakukan sejak sekitar tahun 1920-an oleh kalangan kilang minyak. Hal tersebut dilakukan selain meningkatkan oktan, juga dipercaya berfungsi sebagai pelumas dudukan katup mobil (produksi di bawah tahun 90-an). Penggunaan timbal dalam bensin dikarenakan daya sensitivitasnya tinggi dalam menaikkan angka oktan. Setiap 0,1 gram timbal per liter bensin, menurut para ahli mampu menaikkan angka oktan 1,5 sampai 2 satuan. Selain itu, harga timbal lebih murah untuk meningkatkan satu oktan dibandingkan dengan senyawa lainnya. Hasil pembakaran dari bahan tambahan timbal pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi timbal anorganik. Logam berat timbal yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin maka logam berat timbal akan keluar dari knalpot pembuangan bersama dengan gas buang lainnya (Sudarmaji, dkk, 2006).

2.6.4 Kegunaan Timbal

1. Sebagai warna cat
2. sebagai pengkilapan keramik dan bahan api
3. Digunakan dalam pembuatan kabel telepon
4. Digunakan dalam baterai
5. Sebagai Aditif untuk bahan bakar kendaraan

Berikut penjelasan tentang bentuk persenyawaan Pb dan kegunaannya yang dijelaskan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Bentuk persenyawaan Pb dan kegunaannya

Bentuk Persenyawaan	Kegunaan
Pb dan Sb	Kabel telepon
Pb dan As dan Sn dan Bi	Kabel Listrik
Pb dan Ni	Senyawa azida untuk bahan Peledak
Pb dan Cr dan Mo dan Cl	Untuk pewarnaan pada cat
Pb- asetat	Pengkilapan keramik dan bahan anti api
Pb dan Te	Pembangkit listrik tenaga panas
Tetramril – Pb & Tetraetil – Pb	Additive untuk bahan bakar kendaraan bermotor

Sumber Darmono 2001

2.6.5 Pencemaran Timbal terhadap Makanan dan Minuman

Makanan maupun minuman dikemas secara khusus untuk dapat memperpanjang umur makanan tersebut. Biasanya tempat yang digunakan adalah

sachet, akan tetapi makanan *sachet* dapat menyerap logam dari wadahnya seperti timbal (Pb) dari patrian (Cahyadi, 2004).

Pada makanan yang bersifat asam dan di *sachet* tanpa oksigen, timah menjadi anoda dalam pasangan timah-besi. Timah pada kondisi ini larut dengan laju sangat rendah dan dapat melindungi produk selama dua tahun atau lebih Susilawati (2009). Kualitas makanan atau bahan makanan di alam tak lepas dari berbagai pengaruh seperti kondisi lingkungan yang menjadikan layak atau tidaknya suatu makanan untuk dapat dikonsumsi.

Berbagai bahan pencemar terkandung dalam makanan dapat disebabkan karena penggunaan bahan baku pangan yang terkontaminasi pada saat proses awal pengolahan maupun penyimpanan atau wadah yang digunakan. Akan tetapi wadah dapat menyerap logam Timbal (Pb) (Demam, 1997). Berikut tentang batas maksimum cemaran timbal Pb dalam pangan pada tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Batas maksimum cemaran timbal Pb dalam pangan

No.	Kategori pangan	Batas maksimum
01.0	Produk susu dan hasil olahannya	0,02 mg/kg
02.0	Lemak minyak dan emulsi minyak	0,1 mg/kg
03.0	Buah dan sayur serta hasil olahannya	0,5 mg/kg

04.0	Kembang gula dan cokelat	1,0 mg/kg
05.0	Serealia dan produk serelia	0,3 mg/kg
06.0	Produk bakteri	0,5 mg/kg
07.0	Daging dan hasil olahannya	1,0 mg/kg
08.0	Ikan dan hasil olahannya	0,3 mg/kg
09.0	Pemanis termasuk madu	2,0 mg/kg
10.0	Garam, Rempah	10,0 mg/kg / 7,0 mg/kg

Sumber SNI, 2009

Konsentrasi maksimum cemaran logam berat yang diizinkan dan di rekomendasikan dapat di terima dalam pangan. Produk pangan yang di produksi harus memenuhi persyaratan keamanan, mutu, dan gizi pangan termasuk persyaratan batas maksimum cemaran logam berat. Batas maksimum cemaran Pb dalam pangan terutama produk susu sebesar 0,02 mg/kg sesuai dengan SNI 2009 tentang Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. (SNI 7387, 2009)

2.6.6 Toksikitas Timbal

Timbal Pb merupakan logam yang bersifat toksik terhadap manusia, proses masuknya Pb ke dalam tubuh melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman , udara dan perembesan atau penetrasi melalui selaput atau lapisan kulit (Palar, 2012).

Tingkat kontaminasi logam berat yang tinggi dalam tubuh manusia yang dikonsumsi akan menyebabkan masalah kesehatan yang serius (Miskiyah, 2011). Didalam tubuh manusia, pb sebagian kecil di ekskresikan lewat urine atau feses karena sebagian terikat dengan protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dengan berbagai organ tubuh (Widowati et al., 2008). Logam pb tidak dibutuhkan oleh manusia sehingga tubuh akan mengeluarkannya. Orang dewasa mengabsorpsi pb sebesar 5-15% dari keseluruhan Pb yang dicerna sedangkan anak-anak mengabsorpsi pb lebih besar yaitu 41,5% (Naria, 2005).

Meskipun jumlah Pb yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, logam ini ternyata menjadi sangat berbahaya hal ini disebabkan karena timbal Pb adalah logam toksik yang bersifat kumulatif dan bentuk senyawanya dapat memberikan efek racun pada fungsi organ yang terdapat dalam tubuh (Darmono, 2010).

Keracunan timbal biasanya diakibatkan oleh terjadinya akumulasi logam berat didalam tubuh manusia dan akan menyebabkan penyakit anemia, kerusakan susunan saraf pusat, dan ginjal. Tanda klasik dari keracunan logam timbal adalah Ataxia, koma dan gangguan pada pergerakan. Disamping pengaruh tersebut racun timbal juga berpengaruh terhadap sistem reproduksi. (Ridhowati, 2013).

Timbal yang diabsorpsi melalui saluran pencernaan didistribusikan ke dalam jaringan melalui darah. Logam ini dapat terdeteksi dalam 3 jaringan utama menjadi tiga kompartemen pertama di dalam darah Pb terikat ke dalam sel darah merah dan mempunyai waktu paruh sekitar 25-30 hari. Kedua di dalam jaringan lunak (hati dan ginjal), mempunyai waktu paruh di deposit ke dalam kompartemen, ketiga tulang dan jaringan-jaringan keras seperti gigi, tulang rawan dan sebagainya hampir sekitar 90-95% pb dalam tubuh yang waktu paruhnya

mencapai 30-40 tahun, 2,5 mg Pb/hari akan memerlukan waktu hampir 4 tahun untuk menjadi toksik.

Keracunan akibat kontaminasi timbal dapat menimbulkan berbagai hal diantaranya (Palar, 2008):

1. Meningkatkan kadar Amino Levulinic Acid Dehidrase dalam darah dan urine.
2. Memperpendek umur sel darah merah.
3. Menurunkan jumlah sel darah merah dan kadar sel darah merah yang masih muda.
4. Meningkatkan kadar protophorine dalam sel darah merah.
5. Meningkatkan kandungan Fe dalam plasma darah.

Usia muda pada umumnya lebih peka terhadap aktivitas timbal, hal tersebut berhubungan erat dengan perkembangan organ dan fungsinya yang belum sempurna. Sedangkan pada usia tua kepekaannya lebih tinggi dari rata-rata orang dewasa, hal tersebut diakibatkan oleh aktivitas enzim biotransformasi berkurang dengan bertambahnya umur dan daya tahan organ tertentu berkurang terhadap efek timbal. Semakin tua umur seseorang, akan semakin tinggi jumlah timbal yang terakumulasi pada jaringan tubuh (Palar, 2008).

Efek toksik pada laki-laki dan perempuan mempunyai pengaruh yang berbeda. Perempuan lebih rentan daripada laki-laki. kadar timbal yang terdapat dalam jaringan otak tidak sama dengan kadar timbal dalam paru-paru maupun dalam ginjal. Pada laki-laki yang berumur antara 21-30 tahun akan ditemukan 0,055 mg/100 gr timbal dalam jaringan otaknya, sedangkan pada laki-laki yang berumur antara 51-60 tahun, jumlah kandungan timbal dalam jaringan otaknya adalah 0,064 mg/100 gr. Sementara pada perempuan, kadar timbal dalam jaringan

otaknya lebih rendah dibanding laki-laki yaitu sekitar 0,46 sampai 0,051 mg/100gr. Dalam paru-paru perempuan, kadar timbal yang ada sekitar 55% dari kadar timbal yang ada dalam paru-paru laki-laki (Palar, 2008).

2.6.7 Mekanisme Timbal dalam tubuh

Toksisitas timbal bersifat kronis dan akut. Paparan timbal secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, gangguan gastrointestinal, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu, dan sulit tidur. Sedangkan toksisitas akut dapat terjadi bila timbal masuk kedalam tubuh seseorang melalui makanan atau menghirup gas timbal yang relatif pendek dengan dosis atau kadar yang relatif tinggi (Widowati. 2008).

Menurut Widowati (2008), mekanisme toksisitas timbal berdasarkan organ yang dipengaruhinya adalah Sistem haemopoietik dimana timbal menghambat sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia. Sistem saraf dimana timbal bisa menimbulkan kerusakan otak dengan gejala epilepsi, halusinasi, kerusakan otak besar dan delirium. Sistem urinaria dimana timbal bisa menyebabkan lesi tubulus proksimalis, Loop of Henle serta menyebabkan aminasiduria. Sistem gastro-intestinal dimana timbal bisa menyebabkan kolik dan konstipasi. Sistem kardiovaskuler dimana timbal bisa menyebabkan peningkatan permeabilitas pembuluhdarah. Sistem reproduksi berpengaruh terutama terhadap gametoksisitas atau janin belum lahir menjadi peka terhadap timbal. Ibu hamil yang terkontaminasi timbal bisa mengalami keguguran, tidak berkembangnya sel otak embrio, kematian janin waktu lahir, serta hipospermia dan teratospermia pada pria. Sistem endokrin dimana timbal mengakibatkan gangguan fungsi tiroid dan fungsi adrenal. Bersifat karsinogenik dalam dosis tinggi.

2.7 Metode Spektrofotometri Serapan Atom

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) merupakan suatu metode analisis untuk menentukan konsentrasi suatu sampel unsur logam yang memiliki ketelitian, ketepatan dan selektivitas tinggi. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar,1990: 274).

Spektroskopi serapan atom di gunakan untuk analisis kuantitatif unsur unsur logam cara analisis ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu sampel dan tidak bergantung pada bentuk molekul dari logam dalam sampel tersebut. Spektroskopi serapan atom di dasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau ultraviolet. Dalam garis besarnya prinsip Spektroskopi serapan atom sama saja dengan spektrofotometri sinar tampak dan ultravioletnya. Perbedaannya terletak pada bentuk spektrum , cara pengerjaan sampel dan peralatannya.

Metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) mendasarkan pada prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom yang mana transisi elektronik suatu atom bersifat spesifik. Dengan menyerap suatu energi , maka atom akan memperoleh energi sehingga suatu atom pada keadaan dasar dapat di tingkatkan energinya ketingkat eksitasi (Gandjar dkk, 2007).

