

**PENETAPAN KADAR Fe DAN Zn DI DALAM TEMPE YANG DI  
BUNGKUS PLASTIK DAN DAUN YANG DIJUAL DI PASAR  
KARTASURA DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
PENGAKTIFAN NEUTRON**

**SKRIPSI**



Oleh:

**IKA PUTRI LIYANASARI  
K.100.030.162**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
SURAKARTA  
2008**

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Lebih dari 70% makanan yang beredar dan dijual di pasaran diproduksi oleh industri rumah tangga yang dalam proses produksinya kebanyakan masih jauh dari persyaratan kesehatan, keselamatan atau bahkan hampir tidak memenuhi persyaratan sama sekali (Sartono, 2001). Tempe merupakan salah satu produk dari industri rumah tangga karena tempe adalah salah satu makanan yang memiliki kandungan gizi dan protein yang cukup tinggi, selain itu harganya juga terjangkau sehingga tempe merupakan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat.

Saat ini berbagai produsen makanan dan minuman berusaha menarik konsumen dengan meningkatkan kualitas produknya, sebagai contoh peningkatan tampilan produk dengan dilindungi pembungkus. Hal tersebut untuk menjaga kualitas dari produk itu sendiri dan untuk menghindari makanan dari cemaran partikel-partikel di udara.

Tetapi terlepas dari itu, timbul pula permasalahan apakah kemungkinan tempe tersebut juga terkontaminasi oleh bakteri, senyawa-senyawa kimia dan logam-logam berat baik logam non esensial maupun logam esensial seperti logam Zn dan Fe. Kemungkinan tempe juga dapat tercemar selama proses pengolahan, serta alat yang digunakan karena sebagian besar peralatan yang digunakan masih tergolong sederhana, seperti aluminium dimana Zn sendiri sering digunakan sebagai campuran produksi logam. Selain itu tidak menutup kemungkinan kontaminasi juga terjadi pada saat proses pendistribusian tempe dari industri ke

pasar, kemungkinan tempe yang dijual di Pasar juga bisa tercemar oleh partikel-partikel diudara karena adanya material dari kendaraan bermotor yang sudah tidak layak pakai atau bisa juga disebabkan karena knalpot yang dipakai telah keropos. Menurut penelitian (Pollizzi et al., 2007) di dalam udara terkandung logam Fe walaupun dalam konsentrasi yang kecil yaitu sebesar  $0,95-0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Logam esensial seperti Zn dan Fe dalam dosis rendah dapat menyebabkan kenaikan absorpsi Pb dan Cd didalam tubuh akan tetapi logam Fe dan Zn pada kadar tertentu masih diperlukan bagi tubuh dalam proses biokimia, tetapi dalam jumlah yang berlebih logam tersebut dapat menyebabkan keracunan (Darmono, 1995).

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menentukan seberapa besar kadar logam Fe dan Zn yang terkandung pada tempe yang dibungkus plastik dan daun yang dijual di Pasar Kartasura dengan Analisis Pengaktifan Neutron (APN). Kelebihan dari APN ini adalah mampu menganalisis unsur-unsur kelumit dalam suatu cuplikan bersama-sama, tanpa pemisahan kimia, penyiapan cuplikan yang mudah dan cepat, serta mempunyai kepekaan yang tinggi (Susetyo, 1988).

## **B. Perumusan masalah**

Rumusan permasalahan yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah dalam tempe yang dibungkus plastik dan daun yang dijual di Pasar Kartasura terdapat logam Fe dan Zn?
2. Berapakah kadar logam Fe dan Zn dalam tempe berdasarkan perbedaan pembungkus plastik dan daun yang dijual di Pasar Kartasura?

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk membuktikan adanya logam Fe dan Zn dalam tempe yang dibungkus plastik dan daun yang dijual di Pasar Kartasura.
2. Untuk menetapkan kadar logam Fe dan Zn dalam tempe yang dibungkus plastik dan daun yang dijual di Pasar Kartasura.

#### **D. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Pencemaran Akibat Logam Berat**

Pencemaran adalah peristiwa masuknya zat atau bahan dalam bentuk padat, cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu di lingkungan yang dapat menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh-tumbuhan dan atau benda (Anonim, 1998). Salah satu contoh pencemarnya yaitu pencemaran dari hasil penggunaan dan kebutuhan bahan kimia seperti pencemaran logam-logam berat, pencemaran panas, pencemaran limbah industri, pencemaran oleh pestisida dan sebagainya (Palar, 1994). Dapat dikatakan bahwa hampir semua logam berat bersifat toksik yang dapat meracuni tubuh makhluk hidup. Contohnya adalah Cd, Pb, dan Cr. Walaupun demikian beberapa dari logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup walau dalam jumlah yang kecil, sehingga apabila kebutuhan dalam jumlah kecil tersebut tidak terpenuhi maka dapat berakibat fatal bagi kelangsungan hidupnya. Logam tersebut disebut logam esensial. Logam esensial bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh. Sebagai contoh adalah Cu, Zn, Fe dan nikel (Palar, 1994).

Menurut Connel dan Miller (1995), mekanisme toksisitas logam adalah sebagai berikut:

- a. Logam menahan gugus fungsi biologis yang esensial dalam biomolekul .

- b. Menggantikan ion logam esensial dalam biomolekul.
- c. Mengubah konformasi aktif biomolekul.

## 2. Pencemaraan logam Zn

Seng (Zn) mempunyai nomor atom 30 dan memiliki berat atom sebesar 65,39. Dalam sistem periodik unsur-unsur kimia Zn termasuk dalam golongan II B. Logam ini cukup mudah dikempa dan liat pada 110 – 150 °C, Zn melebur pada 110 °C dan mendidih pada 906 °C. Logam Zn adalah unsur penting bagi tubuh yang dibutuhkan dalam organ atau jaringan tubuh (Darmono, 1995).

### a. Sifat-sifat Zn adalah:

- 1) Di dalam air minum Zn menimbulkan rasa kesat.
- 2) Menyebabkan warna air menjadi keruh, dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir.

### b. Penggunaan Zn

Seng (Zn) ditemukan dalam suatu pertambangan logam, sebagai bentuk disulfida. Seng dan beberapa senyawanya digunakan dalam campuran produksi logam misalnya aluminium, perunggu, loyang dan kuningan. Senyawa Zn juga sering digunakan dalam pestisida, lampu, gelas, bahan keramik, pelapisan logam seperti baja, besi yang merupakan produk anti karat (Darmono, 1995).

### c. Distribusi Zn

Seng masuk dalam tubuh dapat terakumulasi dengan konsentrasi tinggi terdapat dalam otot, hati, ginjal, pankreas dan sistem reproduksi yakni epidermis, prostat dan testis. Seng yang disuntikkan ke dalam tubuh memperlihatkan bahwa pada mulanya disimpan dalam hati kemudian menuju

sel-sel darah merah, tulang kemudian terjadi akumulasi (Ganiswara, 1995).

Dosis yang tinggi dari seng yang masuk ke perut menyebabkan gejala keracunan berupa demam, muntah, kekejangan pada lambung dan diare. Air minum yang mengandung seng dengan kadar 6-8 ppm dapat menyebabkan konstipasi kronik pada ternak bersamaan dengan penurunan hasil susu pada masa menyusui (Clarke dan Myra, 1975).

Seng di distribusikan keseluruh tubuh dan kadar tertinggi di dapatkan pada koroid mata, spermatozoa, rambut, kuku, tulang dan prostat. Di dalam plasma sebagian besar Zn terikat pada protein terutama pada albumin,  $\alpha$ -2-makroglobulin dan transferin. Di dalam ASI mengandung 3 mg/L Zn pada saat setelah melahirkan, tetapi selanjutnya menurun (Ganiswara, 1995).

### **3. Besi (Fe)**

Besi adalah logam dalam kelompok makromineral di dalam kerak bumi, tetapi termasuk kelompok mikro dalam sistem biologi. Logam ini mungkin logam yang pertama ditemukan dan digunakan oleh manusia sebagai alat pertanian. Besi juga sering tersedia dalam preparat obat dan vitamin, termasuk tablet suplemen, sebagai sulfat, glukonat, dan garam fumarat. Zat besi diketahui sangat berperan dalam proses fisiologik dan banyak diketahui kepentingannya dalam proses biokimiawi. Dalam tablet multivitamin mineral biasanya diberikan pada ibu hamil yang menjelang melahirkan untuk mencegah defisiensi Fe (Darmono, 2001).

Pada sistem biologi seperti hewan, manusia dan tanaman, logam ini bersifat esensial, kurang stabil, dan secara perlahan berubah menjadi fero (FeII) atau feri (FeIII). Kandungan Fe dalam tubuh hewan sangat bervariasi tergantung pada status kesehatan, nutrisi, umur, jenis kelamin dan spesies. Sumber utama

pencemaran udara oleh Fe ialah pabrik besi dan baja. Inhalasi Fe oksida dari asap dan debu yang sering terjadi di lokasi pertambangan, dapat menyebabkan radang paru-paru. Pada waktu pemeriksaan sinar rontgen, terlihat adanya endapan Fe (siderosis) dalam alveoli paru-paru. Kejadian toksisitas Fe ini jarang ditemukan pada peristiwa polusi udara lingkungan (Darmono, 2001).

Pada umumnya setiap jaringan tubuh selalu mengandung Fe, yaitu 4 g Fe. Tempat pertama dalam tubuh yang mengontrol pemasukan Fe ialah di dalam usus halus. Bagian usus ini berfungsi untuk absorpsi dan sekaligus juga sebagai ekskresi Fe yang diserap. Besi dalam usus diabsorpsi dalam bentuk feritin, dimana bentuk besi (II) lebih mudah diabsorpsi daripada bentuk besi (III). Feritin masuk ke dalam darah dan berubah bentuk menjadi senyawa transferin. Dalam darah tersebut besi mempunyai status sebagai besi trivalen yang kemudian ditransfer ke hati yang kemudian disimpan dalam organ tersebut dalam bentuk feritin dan hemolisiderin. Toksisitas terjadi bila mana terjadi kelebihan Fe (kejenuhan) dalam ikatan tersebut (Ganiswara, 1995).

Mekanisme toksisitas Fe secara pasti belum begitu jelas, diperkirakan kematian terjadi karena sekunder syok yang disebabkan oleh iritasi gastro intestinal. Bila dilakukan autopsi terhadap korban keracunan ditemukan perdarahan dan nekrosis pada mukosa lambung dan usus. Keracunan Fe ini dapat menyebabkan permeabilitas dinding pembuluh darah kapiler meningkat sehingga plasma darah merembes keluar. Akibatnya, volume darah menurun dan hipoksia jaringan menyebabkan asidosis. Penelitian pada hewan menunjukkan bahwa toksisitas akut dari Fe ini menyebabkan lamanya proses koagulasi darah (Ganiswara, 1995).

#### 4. Analisis Pengaktifan Neutron (APN)

Analisis pengaktifan neutron adalah suatu analisis unsur yang didasarkan pada pengukuran keradioaktifan imbas jika suatu sampel disinari neutron. Teknik analisa ini pertama kali ditemukan oleh seorang ahli berkebangsaan Hungaria bernama Gorge Havesy ketika mencoba menentukan impuritas *Disporcium* (Dy) dalam sampel *Ykrium* (Y) dengan jalan menembaki sampel tersebut dengan neutron (Susetyo, 1998).

Metode APN mempunyai beberapa keunggulan dibanding metode analisis yang lain adalah:

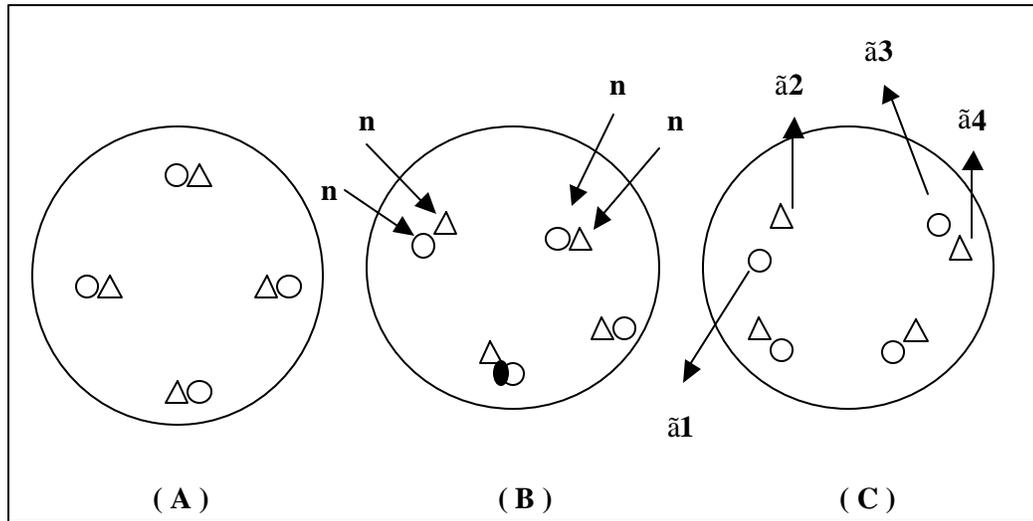
- a. Analisis aktivasi neutron memungkinkan analisis langsung untuk sampel berbentuk padat, cair, gas tanpa merusak sampel lebih dahulu (non destruktif).
- b. Bahaya kontaminasi sebagai sumber kesalahan dapat dikurangi.
- c. Dengan menggunakan metode relatif, dapat dibandingkan secara mudah dan akurat.
- d. Mempunyai kepekaan yang tinggi dan limit deteksi rendah sampai orde ppb atau sub ppb.
- e. Dapat digunakan untuk analisis cuplikan biologi, lingkungan, geologi dan lain-lain.
- f. Dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif dari banyak unsur secara bersamaan tanpa pemisahan kimia. Proses ini disebut AAN secara Instrumental (AANI) (Susetyo, 1998).

Meskipun APN mempunyai beberapa keunggulan, tetapi ia juga mempunyai beberapa kelemahan diantaranya adalah:

- a. Memerlukan fasilitas dan peralatan tradisi yang besar dan mahal yaitu reaktor fisi atau akselerator partikel.
- b. Laboratorium yang digunakan untuk melakukan analisis ini harus mempunyai perlengkapan khusus untuk penanganan zat radioaktif.
- c. Untuk analisis radionuklida berumur panjang diperlukan waktu analisis yang relatif lama. (Susetyo, 1988).

### **5. Prinsip Analisis Pengaktifan Neutron**

Prinsip dasar APN adalah menembaki suatu cuplikan yang tidak radioaktif dengan neutron sehingga terjadi reaksi tangkapan neutron oleh inti suatu unsur dalam cuplikan. Unsur-unsur tersebut berubah menjadi radioaktif. Setelah paparan radiasi neutron dianggap cukup, cuplikan dikeluarkan dari sumber, cuplikan tersebut sekarang mengandung unsur-unsur yang memancarkan sinar radioaktif. Sinar  $\gamma$  yang dipancarkan oleh berbagai unsur dalam cuplikan dapat dianalisis secara spektrometri  $\gamma$ . Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan penentuan tenaga sinar  $\gamma$ , sedangkan analisis kuantitatif dilakukan dengan menentukan intensitasnya. Gambar 1 menjelaskan prinsip Analisis Aktivasi Neutron. Esensi dasar yang dibutuhkan untuk menganalisis sebuah sampel dengan metode APN adalah sebuah sumber neutron, instrumentasi yang sesuai untuk mendeteksi sinar gamma, dan sebuah pengetahuan detail dari reaksi yang dibutuhkan ketika neutron berinteraksi dengan target (Susetyo, 1988).

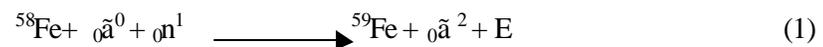


**Gambar 1 Prinsip Dasar APN (Susetyo, 1988)**

- Keterangan :**
- Sampel terdiri atas bermacam-macam unsur misalnya unsur-unsur dasar ( O ) dan kelumit (  $\ddot{A}$  ) dan lain-lain.
  - Sampel diiradiasi dengan neutron dan membuat beberapa atom menjadi radioaktif (  $\blacktriangle$  dan  $\bullet$  ).
  - Sinar  $-\alpha$  yang dipancarkan oleh unsur-unsur radioaktif tersebut menunjukkan data kualitatif unsur-unsur dalam cuplikan.

Apabila unsur-unsur stabil dalam cuplikan diiradiasi dengan neutron, maka terjadi macam-macam reaksi inti, namun yang digunakan dalam APN adalah reaksi neutron gamma ( n,  $\ddot{A}$  ) yang artinya suatu unsur jika ditembak dengan neutron maka unsur tersebut akan berubah menjadi unsur lain sambil melepaskan sinar  $\ddot{A}$ .

Contoh:



Reaksi di atas dapat ditulis sebagai  ${}^{58}\text{Fe} (n, \ddot{A}) {}^{59}\text{Fe}$ . Pemilihan reaksi

pengaktifan yang perlu diikuti dengan pemilihan fasilitas radiasi yang bersesuaian. Ada 3 jenis fasilitas iradiasi neutron yang penting, yaitu:

- a. Reaktor atom
- b. Akselerator
- c. Sumber neutron isokopik (Susetyo, 1988)

Penelitian ini menggunakan fasilitas iradiasi neutron yang ada dalam reaktor atom. Bahan bakar reaktor atom yang digunakan adalah uranium. Dalam uranium terdapat dua isotop utama yaitu  ${}_{92}\text{U}^{235}$  dan  ${}_{92}\text{U}^{238}$  apabila radionuklida menyerap neutron akan mengalami pembelahan menjadi dua inti radionuklida baru dan melepas dua atau tiga neutron. Neutron yang dihasilkan langsung dari pembelahan uranium mempunyai tenaga yang sangat tinggi atau disebut neutron cepat. Neutron cepat tidak dapat dipergunakan secara efektif untuk melakukan pembelahan uranium, oleh sebab itu dalam reaktor jenis tertentu dilakukan penurunan tenaga neutron (Susetyo, 1988)

Ditinjau dari tenaga yang dimilikinya, neutron dapat digolongkan menjadi Neutron Cepat mempunyai tenaga diatas 0,1 MeV lebih dari 0,5 MeV, Neutron Epitermal mempunyai tenaga antara 0,2 eV sampai dengan 0,1 MeV, Neutron Termal mempunyai tenaga di bawah 0,2 eV (Susetyo, 1988).

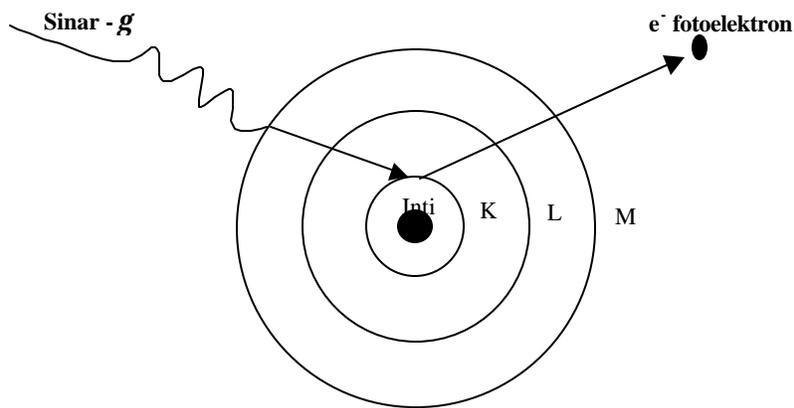
## 6. Interaksi Sinar $\gamma$ dengan Materi

Interaksi sinar  $\gamma$  dengan materi dapat terjadi melalui bermacam-macam proses. Dari bermacam-macam proses tersebut hanya ada tiga macam proses yang penting untuk spektrometri- $\gamma$ , yaitu:

a. Efek fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi (tumbukan) antara sinar- $\gamma$  dengan elektron dalam atom sehingga menyebabkan elektron terpancar keluar dari atom. Pada peristiwa ini energi sinar- $\gamma$  diberikan kepada elektron atom yang ditumbuk. Sebagian dari energi sinar- $\gamma$  tersebut digunakan untuk melepaskan ikatan elektron dengan inti atom dan sisanya diubah menjadi kinetik.

Efek fotolistrik secara skematis dapat digambarkan seperti dibawah

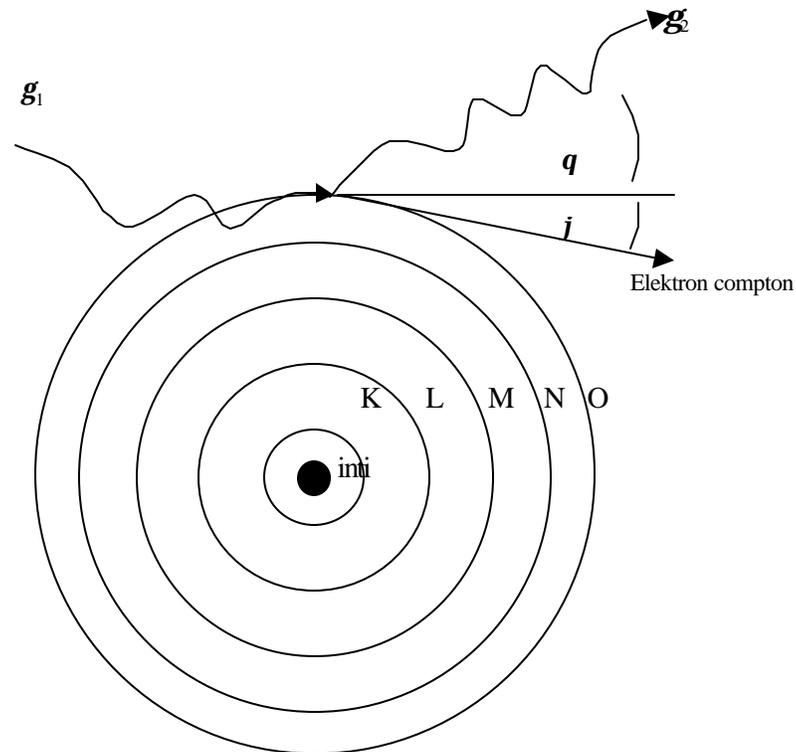


**Gambar 2. Efek Fotolistrik (Susetyo, 1988)**

b. Efek Compton

Efek Compton adalah peristiwa tumbukan elastis antara sinar- $\gamma$  dengan elektron yang terikat lemah. Dalam tumbukan elastis ini, sinar- $\gamma$  hanya memberikan sebagian energinya pada elektron yang dibutuhkannya. Akibat dari tumbukan tersebut, elektron terpental dari orbit dengan energi kinetik tertentu, sedangkan sinar- $\gamma$  terhambur ini mempunyai energi yang lebih kecil dari keadaan sebelum tumbukan. Elektron Compton yang terlepas dalam proses ini memiliki energi sebesar selisih antara energi sinar- $\gamma$  mula-mula dengan energi sinar- $\gamma$  terhambur.

Berikut ini skema dari peristiwa efek compton

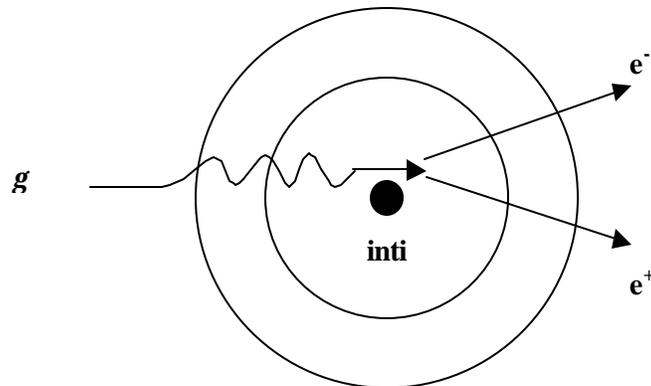


**Gambar 3. Efek Compton (Susetyo,1988)**

c. Produksi Pasangan (pair produksi)

Produksi pasangan adalah peristiwa terbentuknya pasangan elektron positron sebagai akibat adanya interaksi sinar- $\gamma$  yang berenergi tinggi dengan medan listrik inti atom yang bermassa besar. Dalam keadaan diam elektron dan positron memiliki energi sebesar 0,511 Mev, oleh karena itu syarat terjadinya produksi pasangan adalah  $h\nu > 1,022$  Mev. Jika  $h\nu > 1,022$  Mev, maka energi sisanya akan berubah menjadi kinetik pasangan elektron dan positron yang terbentuk.

Skema peristiwa terjadinya produksi pasangan adalah seperti berikut



**Gambar 4. Produksi Pasangan (Susetyo, 1988)**

## 7. Perangkat Spektrum- $\gamma$

Spektrometri- $\gamma$  didefinisikan sebagai suatu metode pengukuran dan identifikasi unsur-unsur radioaktif di dalam suatu cuplikan dengan jalan mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi sinar- $\gamma$  yang dipancarkan oleh zat-zat radioaktif tersebut dengan detektor (Susetyo,1998). Spektrometri- $\gamma$  terdiri dari detektor semikonduktor HpGe, sumber tegangan tinggi (HV), preamplifier dan penganalisa salur ganda dan unit pengolahan data (Susetyo, 1988).

### a. Detektor Semikonduktor HpGe (High Pure Germanium))

Detektor HpGe adalah detektor semi konduktor yang medium detektornya terbuat dari bahan semi konduktor berupa germanium dengan kemurnian tinggi. Detektor HpGe diletakkan dalam bejana hampa yang disebut sistem *cryostat*. Didalam sistem *cryostat* detektor HpGe didinginkan oleh nitrogen cair yang memiliki suhu  $-196^{\circ}\text{C}$  (77 K). Selain untuk menjamin daya pisah yang tinggi, nitrogen cair yang diperlukan untuk menjaga kestabilan daerah intrinsik (Susetyo, 1988).

Detektor HpGe harus dioperasikan pada suhu yang sangat rendah. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kebocoran arus yang menghasilkan derau dan merusak daya pisah detektor. Nitrogen cair disini juga diperlukan untuk menjaga keberadaan daerah intrinsik. Daya pisah atau resolusi detektor adalah kemampuan detektor untuk memisahkan dua puncak energi sinar- $\gamma$  yang berdekatan. Ukuran daya pisah detektor dinyatakan dengan lebar setengah tinggi maksimum atau FWHM (*Full Width Half Maksimum*) (Susetyo, 1988).

b. Sumber Tegangan Tinggi

Sumber tegangan tinggi (sumber daya) dalam ruang lingkup alat elektronik pembantu alat nuklir dibagi dalam dua bagian. Sumber tegangan yang diperlukan untuk alat-alat elektronik dan sumber tegangan tinggi untuk detektor. Peralatan elektronik yang digunakan untuk pengukuran radiasi mengikuti suatu standar tertentu yang disebut NIM (*Nuclear Instrument Module*). Modul-modul elektronik tersebut mempunyai bentuk, ukuran, serta tegangan kerja standar. Bin merupakan rak sebagai tempat modul-modul yang mengikuti standar NIM tersebut. Bin ini juga yang berfungsi sebagai pencantu dayanya. Sumber tegangan tinggi pada perangkat spektrometer- $\gamma$  adalah sumber tegangan yang diatur dan disesuaikan dengan tegangan kerja detektor yang digunakan. Setiap detektor memerlukan tegangan searah yang cukup tinggi dengan nilai yang berbeda-beda. Pada detektor HpGe tegangan kerja yang digunakan adalah sebesar 3000 Volt (Susetyo, 1988).

c. Pre-Amplifier dan Amplifier

Pre-amplifier terletak diantara detektor dan amplifier. Umumnya alat ini dipasang sedekat mungkin dengan detektor.

Alat ini berfungsi sebagai berikut :

- 1) Untuk melakukan amplifikasi awal terhadap pulsa keluaran detektor.
- 2) Untuk melakukan pembentukan pulsa pendahuluan.
- 3) Untuk mencocokkan impedansi keluaran detektor dengan kabel sinyal masuk ke penguat.
- 4) Untuk mengadakan perubahan muatan menjadi tegangan pada pulsa keluaran detektor.
- 5) Sebagai penurunan derau.

Amplifier berfungsi sebagai alat yang mereruskan pulsa dari pre-amplifier, dimana memberikan hasil keluaran yang memiliki daya pisah tinggi dan membentuk tampilan lebih baik dan terbaca (Susetyo,1988).

## 8. Tempe

Tempe merupakan sumber zat protein yang baik. Setiap 100 gram tempe mengandung 18-20 gram zat protein, 4 gram zat lemak, vitamin B12 dan 129 miligram zat kalsium. Tempe juga mengandung mineral makro dan mikro dalam jumlah yang cukup. Jumlah mineral besi, tembaga dan seng berturut-turut adalah 9,39; 2,87; dan 8,05 mg setiap 100 gram tempe. Tempe merupakan makanan tradisional yang terkenal tidak hanya didalam negeri, tetapi juga di luar negeri. Bahkan di Jepang dan Amerika sudah membuat sendiri, setelah mempelajari cara pembuatannya di Indonesia. Tempe merupakan hasil proses fermentasi kedelai yang terikat padat oleh *mycellium* dari *Rhysopus oligoporus* (Winarno, 1997).

Berbagai sifat tempe yang unggul sebagai berikut :

- a. Mempunyai nilai biologi tinggi, mengandung 8 asam amino esensial.
- b. Lemak jenuh rendah.

- c. Kadar vitamin B12 tinggi.
- d. Mudah dicerna, jadi baik untuk segala umur.
- e. Mengandung antibiotik dan berpengaruh baik pada pertumbuhan badan
- f. Formula tempe untuk makanan bayi mempunyai nilai positif dalam pencegahan diare.
- g. Tempe dapat memerangi bakteri E.coli (Winarno, 1997).

Sudah diketahui bahwa produsen dalam memproduksi tempe melalui beberapa langkah, langkah pertama biji kedelai yang telah dipilih dibersihkan dari kotoran, dicuci dengan air PDAM (air sumur) selama 1 jam kemudian setelah bersih kedelai direbus dalam air selama 2 jam. Kedelai kemudian direndam 12 jam dalam air panas atau hangat berikutnya kedelai direndam dalam air dingin selama 12 jam. Setelah 12 jam direndam kedelai dicuci dan dikuliti (dikupas). Langkah kedua kedelai yang telah dikupas lalu direbus dalam dandang untuk membunuh bakteri yang kemungkinan tumbuh selama perendaman, kemudian kedelai diambil dari dandang diletakkan diatas tampah dan diratakan tipis-tipis. Selanjutnya kedelai dibiarkan dingin sampai permukaan keping kedelai kering dan airnya menetes habis. Sesudah itu kedelai dicampur dengan laru (ragi 2%) untuk mempercepat pertumbuhan jamur. Tahap peragian (fermentasi) adalah tahap penentu keberhasilan dalam membuat tempe kedelai.

Langkah ketiga bila campuran bahan fermentasi kedelai sudah rata, campuran tersebut dicetak pada loyang (cetakan kayu) dengan lapisan plastik atau daun yang akhirnya dipakai sebagai pembungkus. Plastik yang dipakai sebelumnya dilubangi (ditusuk-tusuk) gunanya untuk memberi udara supaya

jamur yang tumbuh berwarna putih. Proses percetakan atau pembungkus memakan waktu 3 jam. Daun yang biasanya dipakai sebagai pembungkus adalah daun pisang (jati). Ada yang berpendapat bahwa rasa tempe yang dibungkus plastik menjadi aneh dan tempe lebih mudah busuk (dibanding tempe yang dibungkus daun).

Langkah terakhir campuran kedelai yang telah dicetak dan diratakan permukaannya dihamparkan di atas rak kemudian ditutup selama 24 jam. Setelah 24 jam, tutup dibuka dan campuran kedelai diangin-anginkan selama 24 jam lagi. Setelah itu campuran kedelai telah menjadi tempe siap jual. Supaya tempe dapat bertahan lama, tempe yang misalnya akan menjadi produk ekspor dapat dibekukan dan dikirim ke luar negeri dalam peti kemas pendingin (Winarno,1977).

### **E. Landasan Teori**

Terjadinya toksisitas logam dapat melalui beberapa jalan, yaitu inhalasi (melalui pernafasan), termakan, dan penetrasi melalui kulit. Hubungan antara lokasi industri dan inhalasi debu adalah sangat nyata dalam proses keracunan logam (Darmono, 2001). Kandungan Zn dalam tanah secara alamiah adalah sebesar 50 µg/g, jika kandungan Zn dalam tanah melebihi normal maka tanaman yang ditanam di atasnya dapat menyebabkan keracunan (Darmono, 1995).

Kedelai merupakan sumber bahan baku tempe dan tahu yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Menurut penelitian yang diteliti dilakukan kedelai mengandung logam Fe 3,55 mg dan Zn sebesar 0,99 mg

(Ipin, 2007). Pertumbuhan kedelai sering kali terhambat karena keracunan aluminium sehingga dapat mengurangi mutu atau nilai gizi dari kedelai tersebut dan jika kedelai yang keracunan oleh aluminium dikonsumsi dapat menyebabkan keracunan (Danarti, 1996).

Semua bahan pangan alami mengandung logam dalam konsentrasi rendah dan selama persiapan makanan kemungkinan kandungan logam akan bertambah (Fardiaz, 1992). Logam kimia yang terlarut dari alat masak atau kontainer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan makanan dapat menyebabkan keracunan. Logam dan senyawa kimia tersebut dapat terlarut umumnya karena makanan bersifat asam dan juga karena adanya pemanasan sehingga dapat melarutkan logam dari peralatan yang digunakan seperti alat-alat yang terbuat dari aluminium, seng atau tembaga (Sartono, 2001).

Selama proses pembuatan tempe dimungkinkan terjadinya pelarutan logam dan dikhawatirkan akan didapati cemaran logam tertentu karena adanya proses pemanasan.

## **F. Hipotesis**

Dalam penelitian ini tempe mengandung logam Fe dan Zn dengan kadar tertentu yang dibedakan menurut pembungkus (plastik dan daun) yang dijual di Pasar Kartasura.