

## PENGAWETAN DENGAN RADIASI SINAR GAMMA

Oleh

IGN Made Berata

### Abstrak

Di negara yang telah maju, tenaga atom berupa radiasi dipergunakan sebagai alternatif untuk mengawetkan bahan-bahan makanan. Tenaga atom mempunyai manfaat yang sangat besar bila digunakan untuk kepentingan manusia.

Di Indonesia telah diadakan berbagai penelitian tentang penggunaan radiasi untuk mengawetkan berbagai bahan makanan, seperti pengawetan ikan laut, pengawetan buah-buahan dan lain-lainnya. Perkembangan pengawetan bahan-bahan makanan dengan radiasi hendaknya mendapat sambutan yang besar baik dari masyarakat luas maupun para pemilik modal agar benar-benar dapat membantu perkembangan perekonomian para petani dan nelayan. Penggunaan radiasi untuk kepentingan pengawetan bahan makanan, -seperti: ikan, daging, buah-buahan, dan hasil pertanian-, diharapkan meluaskan pemahaman tentang salah satu penggunaan tenaga atom yang sangat membantu kehidupan manusia. Pada prinsipnya penggunaan radiasi untuk mengawetkan bahan-bahan makanan maupun sterilisasi adalah sama, yaitu dengan cara meradiasi bahan yang akan disterilisasi atau diawetkan. Perbedaannya terletak pada besar kecilnya dosis radiasi yang digunakan karena besarnya dosis ini menentukan perubahan karakteristik bahan-bahan yang diradiasi.

### Pendahuluan

Pengawetan bahan makanan bukanlah merupakan persoalan baru karena sejak jaman dahulu orang telah berusaha mengawetkan berbagai bahan makanan agar makanan itu dapat tahan lama dan tidak mudah rusak.

Berbagai cara ditempuh untuk mengawetkan bahan-bahan makanan, misalnya dengan cara pemanasan biasa maupun pemanasan dengan sinar matahari, proses penggaraman, penggunaan bahan kimia, pendinginan, dan lain-lainnya.

Beberapa tahun yang lalu, di negara-negara yang telah maju mulai dikembangkan pengawetan bahan makanan dengan radiasi. Penggunaan radiasi dalam beberapa hal, baik sendiri-

an maupun bersama-sama dengan cara-cara terdahulu, seperti pemanasan maupun pendinginan, menunjukkan hal-hal yang menggembarakan. Hal ini dapat dilihat dari simposium pengawetan yang diadakan di Wina atas usaha Komisi Tenaga Atom Nasional (IAEA) dan organisasi Bahan Makanan dan Pertanian Internasional (FAO) yang menggambarkan pengawetan bahan-bahan makanan dengan radiasi seperti raksasa yang masih tidur (Suparno, 1967:1).

Berdasarkan hal-hal yang telah diungkapkan maka merupakan tantangan bagi ilmuwan-ilmuawan di Indonesia untuk segera mulai mengadakan penelitian tentang pengguna tenaga atom dalam berbagai bidang, khususnya dalam bidang pengawetan bahan-bahan makanan. Oleh karena itu, perlu diketahui hal-hal yang berkaitan dengan penggunaan radiasi agar tidak merugikan masyarakat.

### **Bagaimana Terjadinya Radiasi?**

Pada tahun 1895 Rontgen mendeteksi sinar X dengan frekuensi yang ditimbulkannya dalam bahan tertentu. Ketika Henri Becquerel mempelajari hal itu pada tahun 1896 dia menemukan beberapa bahan tetap memancarkan radiasi meskipun sebelumnya bahan tersebut tidak disinari. Di luar dugaan ternyata senyawa-senyawa uranium menunjukkan gejala radiasi yang mempunyai daya tembus yang sangat kuat, lebih kuat dari sinar X yang ditemukan setahun sebelum percobaan Becquerel.

Becquerel mempunyai dugaan bahwa senyawa uranium dapat menyimpan energi yang sebelumnya diperoleh dari sinar matahari dengan alasan bahwa sesuatu mustahil dapat memberikan energi tanpa mendapatkan energi terlebih dahulu. Berdasarkan dugaan itu Becquerel menempatkan senyawa uranium dalam kotak timah yang tertutup rapat dengan maksud agar tidak mendapat energi sinar matahari. Setelah disimpan beberapa hari ternyata senyawa uranium tetap menunjukkan keaktifan radiasinya.

Sebelum Becquerel menemukan radiasi dari uranium maka Marie Curie dan Piere Curie mengadakan penelitian lebih lanjut terhadap senyawa-senyawa lainnya. Mereka menemukan aktivitas radiasi terdapat juga dalam radium dan polonium.

Sejak itu, beberapa unsur radioaktif lainnya yang radioaktif mulai ditemukan, seperti Magnesium, Cobalt 60, Bismut dan lain-lainnya.

Radiasi yang dipancarkan oleh beberapa unsur yang radioaktif dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Radiasi sinar Alfa.
2. Radiasi sinar Beta.
3. Radiasi sinar Gamma.

Berdasarkan eksperimen, radiasi itu terpecah dari inti atom yang tidak stabil menurut hukum-hukum peluruhan Radioaktivitas.

Apabila dalam waktu  $dt$  kebolehdjadian meluruh setiap atom ialah  $\lambda dt$ , maka:

$$dN = -\lambda dt.N$$

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Keterangan rumus di atas ialah:

$N_0$  = jumlah inti atom mula-mula sebelum meluruh

$N(t)$  = jumlah inti atom setelah meluruh selama  $t$  detik yang merupakan fungsi waktu

$\lambda$  = tetapan peluruhan atau konstante disintegrasi.

Didefinisikan aktivitas ( $R$ ) sebuah sampel. Nuklide radioaktif ialah laju peluruhan inti pembentuknya persatuan waktu. Bila  $N$  menyatakan banyaknya inti dalam sampel pada suatu saat maka aktivitas  $R$  dapat dinyatakan dengan:

$$R = \frac{-dN}{dt}$$

Satuan untuk aktivitas radiasi ialah Becquerel

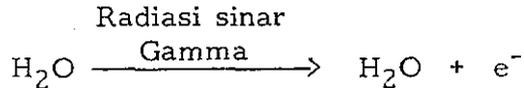
1 Becquerel = 1 Bq = 1 kejadian perdetik

1 Curie = 1 Ci =  $2,70 \times 10^{10}$  satuan/(per)detik

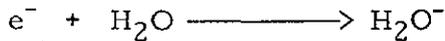
### **Interaksi Radiasi dengan Materi**

Apabila Radiasi mengenai materi akan memungkinkan terjadinya perubahan fisik, kimiawi, dan biologis dari materi yang dikenainya. Pada umumnya buah-buahan mengandung air di dalamnya. Apabila air ini terkena radiasi sinar

gamma maka akan mengakibatkan terjadinya reaksi kimia sebagai berikut:



Elektron-elektron akan mencari molekul-molekul air yang berada dalam lingkungannya dan berusaha menggabungkan padanya:



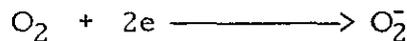
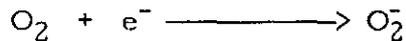
Gugusan  $\text{H}_2\text{O}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}^-$  tidak stabil dan akan terurai menjadi



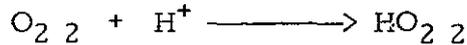
Radikal-radikal  $\text{OH}^*$  dan  $\text{H}^*$  bebas bereaksi dan terjadilah kemungkinan-kemungkinan:



Apabila ada Oksigen bebas dalam media maka elektron bebas dapat menggabungkan dalam susunan molekul  $\text{O}_2$  hingga terbentuk:



selanjutnya:



Atom Hidrogen dan elektron merupakan pereduksi kuat, sedangkan radikal Hidroksil bersifat sebagai oksidator kuat. Hal ini menyebabkan perubahan [ H ] pada buah-buahan yang diradiasi (Ida Suryaningati, 1988:18). Munsiah Maha (1988:3), menyatakan bahwa pengawetan dengan radiasi telah ditetapkan dosis maksimal yang dapat dipakai 3 Mev untuk radiasi sinar Gamma, sinar X, dan 10 Mev untuk bekas elektron dipercepat.

Sinar Gamma dari Cobalt 60 mempunyai energi maksimal 1,32 Mev, sedangkan radiasi dari  $\text{Co}^{137}$  hanya mempunyai 0,66 Mev. Dengan demikian, menggunakan kedua jenis sumber

radiasi tersebut sudah menjamin tidak terjadinya radiasi imbas pada bahan yang diradiasi. Kesimpulan ini bukannya berdasarkan atas teori, melainkan bukti pengukuran secara teratur yang dilakukan pada fasilitas irradiasi. Hal ini terbukti misalnya pada dinding atau benda lain yang terdapat dalam ruang irradiasi yang terus menerus mendapat radiasi, tetapi tidak pernah berubah menjadi radioaktif. Kemungkinan residu zat radioaktif yang berasal dari sumber radiasi juga tidak mungkin karena sumber radiasi tersimpan rapat dalam kapsul logam berlapis dua bila tidak digunakan. Radiasi yang dipancarkan oleh sumber radiasi berbentuk energi (tenaga) bukan benda sehingga bahan makanan yang telah diradiasi tidak akan membahayakan dan dianggap sebagai proses yang bersih.

#### ***Beberapa Sifat Radiasi Sinar Gamma yang Menguntungkan Untuk Pengawetan***

1. Mempunyai tenaga antara 1,17 - 1,33 Mev, tidak membahayakan karena tidak menimbulkan radioaktif imbas pada bahan makanan yang dikenai.
2. Mempunyai daya tembus yang besar sehingga bahan makanan teradiasi secara merata.
3. Sumber radiasi memancarkan radiasinya ke segala jurusan sehingga bahan makanan yang diradiasi dapat ditempatkan di segala arah sehingga memungkinkan dalam waktu singkat dapat meradiasi bahan makanan dalam jumlah banyak.
4. Mempunyai umur paruh (Half Life) yang lama, yaitu 5,3 tahun sehingga untuk beberapa waktu kecepatan peluruhannya dapat dianggap konstan (sama).
5. Pemeliharaannya mudah dan murah.

#### **Bahaya dan Manfaat Radiasi**

Di samping hal-hal yang menguntungkan, ada juga hal-hal yang membahayakan bila menggunakan radiasi. Seperti halnya sinar X, maka berbagai radiasi Radionuklide dapat mengionisasi materi yang dilaluinya, dan semua radiasi ionisasi berbahaya bagi jaringan tubuh. Apabila tubuh terkena radiasi, maka cairan jaringan sel-sel tubuh akan terionisasi yang mengakibatkan terjadinya kerusakan sel-sel. Jika kerusakannya sedikit, sel-sel jaringan tubuh masih sempat mem-

perbaiki dirinya sehingga tidak ada pengaruh yang permanen. Apabila kerusakan itu tidak dapat diatasi sendiri oleh metabolisme sel-sel dalam jaringan, maka dapat mengakibatkan penyakit kanker (Arthur Beiser, 1986:474).

Berdasarkan sifat radiasi sinar Gamma terhadap materi atau bahan makanan yang dikenainya maka radiasi sinar Gamma dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan-bahan makanan karena dipandang lebih efisien bila dibandingkan dengan pengawetan secara tradisional maupun pemakaian bahan kimia sebagai pengawet. Untuk itu disajikan beberapa hasil penelitian pengawetan yang telah dilaksanakan baik di dalam negeri maupun di luar negeri.

Beberapa contoh hasil penelitian pengawetan bahan makanan dengan radiasi yang disampaikan oleh E.G. Siagian (1988:67).

#### 1. Penyimpanan ikan dengan radiasi

Ikan dan makanan dari ikan	Suhu penyimpanan (°C)	lama penyimpanan ... hari, untuk dosis			
		0,2Mrad	0,6Mrad	1,0Mrad	1,5Mrad
Herring	0 - 5	20	30	60	60
	16 - 18	5	5	10	10
Horse mackerel	0 - 5	10	15	20	30
	16 - 18	3	5	10	10
Carp	0 - 5	15	30	50	50
	16 - 18	5	15	20	20
Pike	0 - 5	30	60	90	120
	16 - 18	5	15	20	30
Catfish	0 - 5	15	30	50	90
	16 - 18	5	15	20	20
Cod dan Haddock	0 - 5	30	60	120	180
	16 - 18	10	30	60	90
Ikan goreng	0 - 5	15	30	60	60
	16 - 18	3	5	10	10
Ikan goreng dlm saus tomat	0 - 5	60	180	1 th.	>2th
	16 - 18	15	60	180	2 th

2. Kentang, dengan dosis 4000 - 40.000 rad dapat disimpan sampai 8 bulan.

3. Pisang, dengan dosis 10 - 40.000 rad dapat disimpan sampai 7 hari.

Demikianlah beberapa contoh pengawetan dengan sinar Gamma yang telah dilaksanakan.

### **Fungsi Pengawetan dengan Radiasi**

Mengingat banyaknya bahan makanan yang mudah menjadi busuk, maka perlu diawetkan agar tetap segar sehingga memungkinkan untuk diperdagangkan dalam waktu yang agak lama. Hal ini akan sangat membantu perekonomian para petani dan para nelayan karena hasil-hasil panen mereka tahan lama sehingga memungkinkan untuk dikirim ke daerah-daerah yang letaknya jauh maupun diekspor ke luar negeri. Dalam hal ini radiasi mempunyai peranan yang sangat penting karena mempunyai sifat-sifat yang sangat menunjang pengawetan, seperti:

1. Dapat menunda pertunasan pada umbi-umbian.
2. Dapat menunda kematangan buah-buahan.
3. Dapat membunuh mikroba-mikroba pembusuk dan mempunyai daya tembus terhadap materi sangat besar sehingga seluruh materi akan teradiasi secara merata.

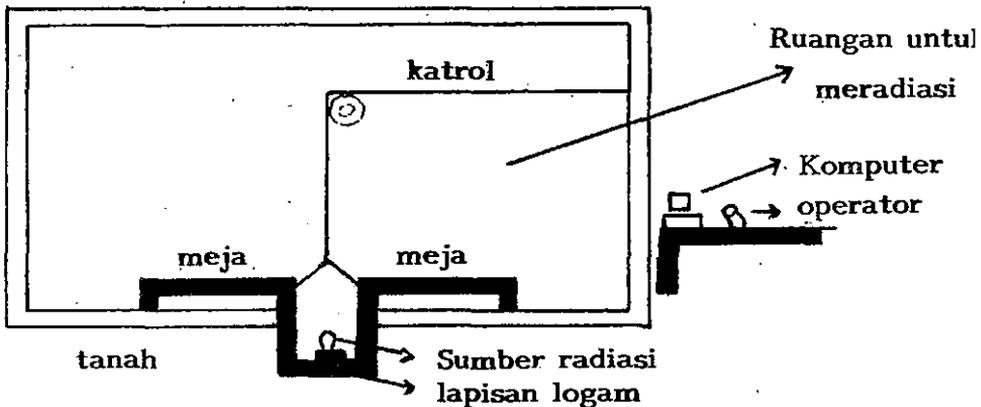
### **Prinsip Pengawetan Bahan Makanan dengan Radiasi**

Tujuan pengawetan ialah untuk membuat bahan makanan tahan lebih lama disimpan dalam keadaan segar. Pada proses pengawetan dengan radiasi harus diusahakan supaya bahan makanan tersebut tidak atau hanya sedikit berubah sifat-sifatnya. Oleh karena itu, efek-efek kimia terhadap penyusun-penyusun utama bahan makanan, terutama pada senyawa-senyawa yang menentukan nilai gizi perlu diperhatikan. Hal ini dapat dilaksanakan dengan adanya pengetahuan tentang faktor-faktor yang dapat mengurangi reaksi-reaksi yang terjadi, sebagai akibat dari bahan makanan yang diradiasi. Dalam hal ini faktor kondisi peradiasian dengan mengatur atau mencari kondisi yang tepat agar terhindar dari efek-efek yang merugikan. Dengan demikian, dapat diharapkan bahan makanan yang diradiasi dapat disimpan lebih lama bila dibandingkan dengan tanpa diradiasi dan mutunya tetap dapat dipertahankan.

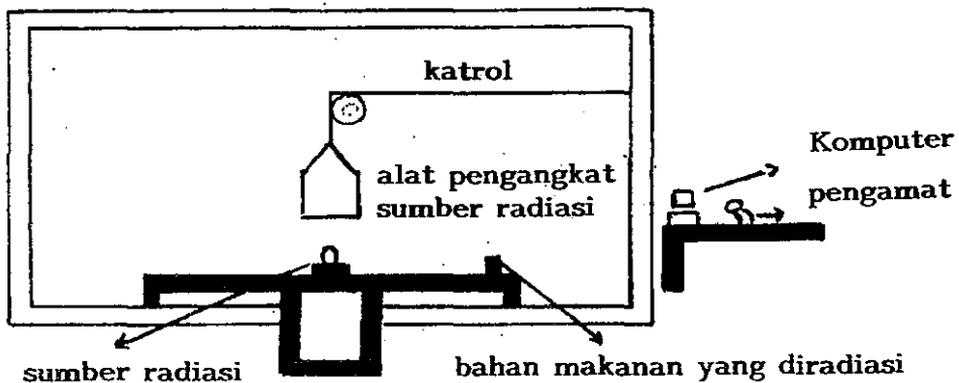
### Cara Pengawetan

Radiasi sinar Gamma di samping bermanfaat untuk pengawetan, juga berbahaya apabila mengenai manusia. Oleh karena itu, sumber radiasi disimpan di dalam tempat yang dilapisi oleh logam tebal yang tidak tertembus oleh radiasi sinar Gamma itu, seperti pada gambar 1 sebelum digunakan untuk meradiasi.

**Gambar 1**  
Ruangan untuk meradiasi dan sumber radiasi  
sebelum digunakan untuk meradiasi



**Gambar 2**  
Ruangan untuk meradiasi dan sumber radiasi  
saat digunakan untuk meradiasi



Pada saat sumber radiasi digunakan untuk meradiasi dengan menekan tombol di bagian operator, maka sumber radiasi akan terangkat ke atas dan diletakkan di atas meja di dalam ruangan yang dikelilingi tembok yang tebal dari beton agar tidak tertembus radiasi (gambar 2). Para pekerja radiasi bekerja di luar ruangan dengan komputer. Untuk meletakkan bahan makanan yang akan diradiasi supaya peradiasian dapat tepat sesuai dengan dosis radiasi yang diperlukan maka diadakan percobaan awal. Pada percobaan awal ini diusahakan untuk mencari jarak yang tepat antara sumber radiasi dan bahan yang akan diradiasi.

Berdasarkan eksperimen-eksperimen yang telah dilakukan ternyata paparan radiasi berkurang dengan makin jauhnya dari sumber radiasi, maka fluks radiasi pada jarak  $d$  dari sumber radiasi berbanding terbalik dengan kwadrat jaraknya. Karena laju dosis proporsional dengan fluks, maka laju dosis pun mengikuti hukum kwadrat terbalik seperti berikut:

$$D = k \times \frac{1}{d^2}$$

Keterangan:

$D$  = laju dosis radiasi

$k$  = suatu tetapan yang besarnya tergantung pada sumber radiasi

$d$  = jarak

Berdasarkan rumus tersebut, dapat diperhitungkan berapa jarak bahan makanan yang harus ditempatkan terhadap sumber radiasi agar benar-benar bahan makanan itu dapat diawetkan sebaik-baiknya.

## Kesimpulan

1. Radiasi sinar Gamma sangat besar manfaatnya untuk pengawetan bahan-bahan makanan di Indonesia asalkan pemakaiannya sesuai dengan petunjuk-petunjuk yang ada agar tidak membahayakan.
2. Perlu adanya informasi-informasi yang meluas pada masyarakat yang menjelaskan bahwa memang benar-benar tidak ada pengaruh radiasi pada bahan makanan yang diawetkan dengan radiasi.
3. Penggunaan radiasi dalam berbagai hal dapat dikembangkan sehingga penelitian-penelitian mengenai interaksi radiasi dengan materi dapat ditingkatkan.

### Daftar Pustaka

- Beisser, Arthur (terjemahan The How Liong). 1986. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Ida Suryaningati. 1988. *Pengaruh Perendaman Air Perlakuan pH dan Zat Hormon terhadap Pertambahan Biji Jagung yang Diradiasi dengan Sinar Gamma*. Yogyakarta: Fak. Pertanian UGM.
- Munsia Maha. 1988. *Keamanan Bahan Pangan yang Diawetkan Dengan Radiasi 1988*. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Siagian, E.G. 1988. *Aspek Mikrobiologi pada Pengawetan Bahan Makanan Dengan Radiasi*. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Suparno. 1967. *Masalah Peralatan dan Ketenagaahlian dalam Penggunaan Sumber Radiasi Beraktivitas Tinggi*. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.