

TEKNOLOGI PENGAWETAN PANGAN DENGAN IRADIASI



SUNGGUH SANGAT DISAYANGKAN BAHWA :



Pertama kali terdengar istilah IRRADIASI atau RADIASI



Terkesan sangat negatif



Karena semua org teringat pada :

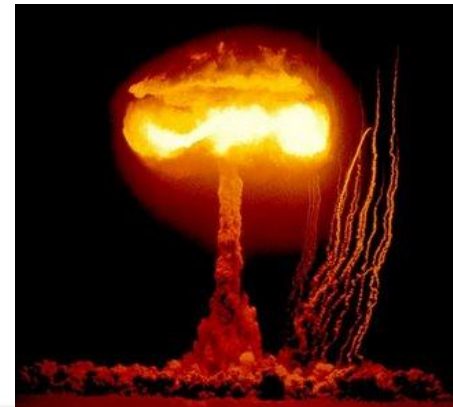
- Bom Atom di Hiroshima
- Kasus Chernobyl
- dll

Perlu klarifikasi :

- Edukasi
- Sosialisasi
- Promosi



**Nilai positif & benefit
proses iradiasi**





FOOD IRRADIATION ??

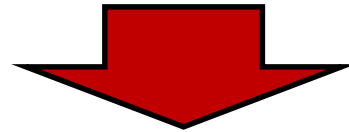
- It has not fully implemented yet in Indonesia.....

WHY ???

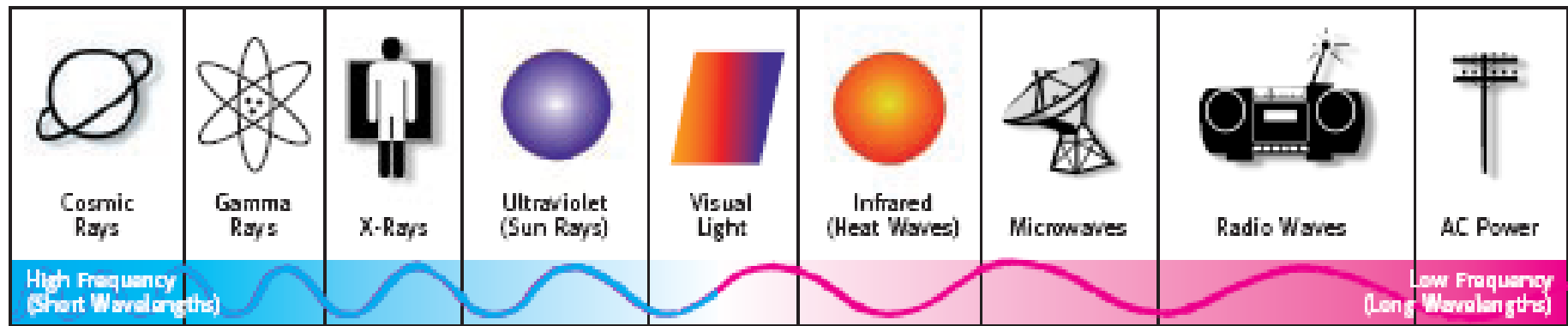
- Lack of public information
- The technique has not strongly considered necessary yet
- Mis-conception about the technology
- First installment is expensive



The Type of Radiation Used in Processing Materials is Limited to Radiations from High Energy Gamma Rays, X-rays and Accelerated Electrons



Electromagnetic spectrum :





Definisi

- ❖ Radiasi ionisasi (radiasi menimbulkan ionisasi)
- ❖ Penggunaan energi radiasi
- ❖ Tidak menimbulkan radioaktivitas
- ❖ Tidak menimbulkan banyak panas (*cold sterilization*)

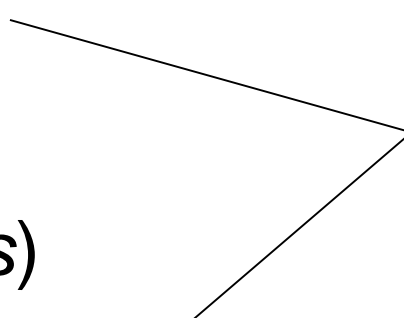


Worldwide historical background

- 1995 – USA & British patent : The use of ionizing radiation to kill bacteria in food
- 1980 : “Irradiation of any food commodity” up to an overall average dose of 10 kGy” present no toxicological hazard” and requires no further testing → Joint Expert Committee on Food Irradiation (JECFI)
- 1983 : worldwide standard covering irradiated foods: CODEX Alimentarius Commission
- Sept 1997 : wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy(WHO, FAO, IAEA Study group)
- August 1999 : over 30 countries are irradiating food for commercial purposes



Tipe Energi Radiasi

- Merah infra (Infra red), 800 nm atau lebih
 - Cahaya terlihat (Visible light), 400 - 800 nm
 - Violet ultra (Ultra violet), 13.6 - 400 nm
 - Sinar X (X-rays), 100 - 150 nm
 - Sinar alfa (*Alpha rays*)
 - Sinar beta (*Beta rays*)
 - Sinar gamma (*Gamma rays*)
 - Sinar neutrons
- 
- A diagram consisting of two lines forming a right-angled bracket that groups the last three items of the list: Sinar alfa, Sinar beta, and Sinar gamma.
- <100 nm

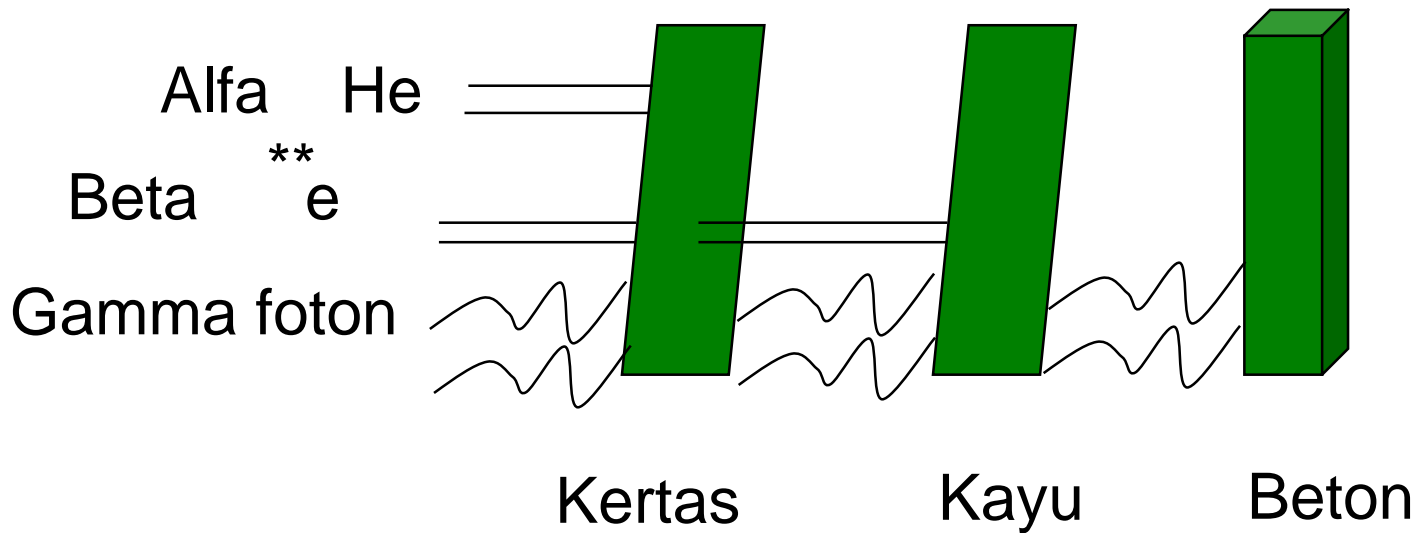


UltraViolet

- Pada 200 - 280 nm mempunyai daya inaktivasi mikroba pada permukaan bahan pangan
- Daya penetrasi rendah
- Hanya untuk permukaan alat, udara, ruang produksi



Daya penetrasi relatif radiasi alfa, beta, dan gamma





Sinar X

- Daya penetrasi lebih besar drpd violet ultra
- Sulit difokuskan sehingga penggunaannya tidak efisien

Sinar Alfa

- Tidak mampu menembus sehelai kertas



Sinar Beta (Elektron)

- Daya penetrasi lebih besar tetapi tidak dapat menembus kayu

Sinar Gamma (Photon)

- Daya penetrasi lebih besar bahkan mampu menembus kayu tapi tidak bisa menembus beton



Sinar Neutron

- Daya penetrasi besar
- Energi besar
- Menyebabkan bahan menjadi radioaktif

Sinar Beta dan Gamma

- Dihasilkan dari spent fuel element reaktor nuklir
- Artificially induced radioactive elements (^{60}Co dan ^{137}Cs)
---> Sinar gamma
- Electron accelerator ---> Sinar beta



Why choose Gamma Irradiation As Decontamination and Sterilization Process

- Gamma irradiation decontamination and sterilization process are relatively effective, efficient and an extremely safe technology. The process consist of exposing product in an irradiation chamber to source gamma irradiation.
- The process destroys harmful bacteria, while leaving the product unaffected. Because of the Gamma irradiation ability to penetrate products it can be decontaminated whilst in air tight packaging.
- Gamma processing does not cause any significant rise in temperature, a distinct advantage for heat sensitive product and packaging materials.
- As a non-contact process, gamma irradiation decontamination does not cause any contamination and leaves no chemical residues.
- Exposure time is the only operating parameter determining the high decontamination assurance of the product, giving the process a high degree of reliability and reproducibility.



The most common application of gamma processing include :

ITEMS	PURPOSES
A. Medical and Cosmetics	
1. Medical disposable use 2. Medical Container 3. Cosmetic Finish Goods and Their Raw Materials 4. Pharmacies and Their Raw Material	Sterilization Sterilization Decontamination Sterilization
B. Foods/Agro Products	
1. Species, Dried Vegetables and Seasonings 2. Frozen Shrimps and Frog Legs 3. Dried Fishes 4. Grains, Cereals, Beans (Cocoa, Coffee, Peanuts) 5. Flours (Soya Beans) 6. Carragenan	Insect Disinfestation and Decontamination of Microorganisms Elimination of Salmonella, Spp, Shelflife Extention Shelflife Extention Insect Disinfestation and Elimination of Pathogens Insect Disinfestation, Decontamination Decontamination
C. Food Packaging	Decontamination
D. Other	Sterilization
1. Plastic Cables, Pipes, Dishes 2. Animal Feeds 3. Color Additives	Crosslinking, Polymerization Decontamination Decontamination



Manfaat Iradiasi dgn Sinar Gamma :

- Menghambat proses pematangan buah
- Menunda pertunasan pada umbi-umbian
- Membunuh serangga pada berbagai stadium
- Membunuh/menurunkan kandungan *Aspergillus flavus* dan sporanya serta kapang
- Menekan dan membunuh pertumbuhan mikroba (khususnya yang bersifat patogen)
- Mengatasi kehilangan produk pertanian pada pasca panen



Keunggulan Iradiasi Produk dengan Sinar Gamma, antara lain :

- Daya penetrasi yang sangat kuat pada produk
- Tidak meninggalkan residu kimiawi pada produk
- Praktis, efektif, efisien (dapat digunakan untuk produk di dalam kemasan yang tidak tahan panas)
- Dapat memproses produk pada skala komersial
- Tidak menaikkan suhu produk selama proses, oleh karenanya dikategorikan sebagai “*proses dingin*”



Iradiasi Pangan

- Memerlukan energi radiasi dengan penetrasi yang baik (menginaktivasi mikroba dan enzim di permukaan dan di dalam bahan)
- Tidak sampai menimbulkan radioaktivitas
- Sinar gamma dan sinar beta menjadi pilihan



Unit Radiasi

- Roentgen : jumlah radiasi yang diterima selama 1 jam dari 1 gram radium pada jarak 1 yard (jumlah radiasi yang menghasilkan 2.08×10^9 pasangan elektron per cm^3 udara kering)
- Elektron volt : 1.6×10^{-19} J
- Rad : jumlah energi yang diserap (10^{-5} J/g)
- Gray : 100 Rads



Pengaruh Radiasi

- Ditentukan oleh daya penetrasi, kemampuan mengubah molekul dan kekuatan ionisasi (mengeluarkan elektron dari atom dalam bahan)



Mekanisme

- Efek Langsung : tumbukan antara energi radiasi dan molekul yang menyebabkan terlepasnya elektron dari orbit atom, pemutusan ikatan kimia, pembentukan radikal bebas
- Efek Tak Langsung : terbentuknya radikal bebas yang sangat reaktif, bereaksi satu sama lain atau dengan molekul lain



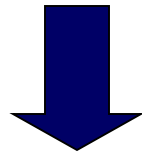
Reaksi Radikal Bebas

- $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{e}^-$
- $\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^-$
- $\text{H}_2\text{O}^+ \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^*$
- $\text{H}_2\text{O}^- \rightarrow \text{H}^* + \text{OH}^-$
- $\text{H}^* + \text{H}^* \rightarrow \text{H}_2$
- $\text{OH}^* + \text{OH}^* \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$
- $\text{H}^* + \text{OH}^* \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

- $\text{H}^* + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{OH}^*$
- $\text{OH}^* + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HO}_2^*$
- $\text{H}^* + \text{O}_2 \rightarrow \text{HO}_2^*$
- $\text{HO}_2^* + \text{HO}_2^* \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$



- H_2O_2 = oksidator kuat, toksik
- OH^* = oksidator kuat
- H^* = reduktor kuat



- Dapat bereaksi dengan molekul organik menyebabkan perubahan struktur molekul, inaktivasi enzim dan mikroba



- Mikroba dan enzim mengalami inaktivasi karena efek langsung dan efek tak langsung
- Perubahan pada bahan pangan terutama karena efek tak langsung
- Inaktivasi mikroba dapat terjadi melalui kerusakan membran sel, aktivitas enzim metabolik, DNA, RNA



Mengurangi Efek Tidak Langsung

- Pangan beku (ketersediaan air sebagai 'bahan baku' radikal bebas terbatas, difusi terbatas)
- Kondisi vakum atau gas inert (oksigen bereaksi dengan radikal bebas)
- Penambahan 'free radical scavenger' , misalnya asam askorbat



Faktor yang Menentukan Dosis

- Ketahanan bahan pangan
- Ketahanan mikroba
- Ketahanan enzim
- Biaya
- Keamanan dan wholesomeness



Ketahanan Bahan Pangan Terhadap Iradiasi

- Bergantung pada komposisi kimia dan struktur fisik
- Daging tahan (56 kGy)
- Telur sensitif (6 kGy)

Ketahanan Mikroba :

C. botulinum dikenal tahan irradiasi



Ketahanan terhadap Iradiasi

- Virus lebih tahan dari bakteri lebih tahan dari khamir lebih tahan dari kapang
- Spora lebih tahan drpd sel vegetatif
- Gram negatif lebih sensitif drpd Gram positif
- Bentuk batang lebih sensitif dari koki
- Kapang dan khamir dosis rendah
- Serangga dan parasit dosis rendah



Nilai D irradiasi beberapa bakteri patogen

■ <i>Bacillus cereus</i> (sel vegetatif)	0.02 – 0.58 kGy
■ <i>B. cereus</i> (spora)	1.25 – 4.00
■ <i>Campylobacter jejuni</i>	0.08 – 0.32
■ <i>Clostridium botulinum</i> (spora)	0.41 – 3.20
■ <i>C. perfringens</i> (sel vegetatif)	0.29 – 0.85
■ <i>Escherichia coli</i>	0.23 – 0.45
■ <i>E. coli</i> O157:H7	0.24 – 0.47
■ <i>Listeria monocytogenes</i>	0.25 – 0.77
■ <i>Salmonella</i>	0.37 – 0.80
■ <i>Staphylococcus aureus</i>	0.26 – 0.45
■ <i>Yersinia enterocolitica</i>	0.04 – 0.39
■ <i>Vibrio</i>	0.08 – 0.44



Aplikasi pada Pangan

- Untuk kontrol serangga pada rempah, buah, sayur
- Menghambat pertunasan pada kentang, bawang
- Inaktivasi sel vegetatif



Tabel Dosis maksimal untuk berbagai jenis bahan pangan

No	Jenis bahan pangan	Dosis maksimal	Tujuan
1	rempah-rempah	10 kGy	Mencegah/menghambat serangga
2	Daun-daunan kering	10 kGy	Mencegah/menghambat serangga
3	Bumbu kering	10 kGy	Mencegah/menghambat serangga
4	Umbi-umbian	0.15 kGy	Menghambat pertunasan
5	Udang beku	7 kGy	Menghilangkan <i>Salmonella Sp.</i>
6	Paha kodok beku	7 kGy	Menghilangkan <i>Salmonella Sp.</i>
7	Ikan kering	5 kGy	Memperpanjang daya simpan
5	Biji-bijian	5 kGy	Menghilangkan serangga dan bakteri patogen



Keuntungan pengawetan bahan pangan dengan iradiasi

- Iradiasi mrpk proses dingin, tidak mempengaruhi kesegaran bahan yg diproses
- Iradiasi mempunnyai daya tembus yang besar, dapat dilakukan pada bahan pangan dalam kemasan
- Pemilihan bahan kemasan lebih leluasa
- Tidak menimbulkan residu pada bahan pangan



Application of Food Irradiation in Indonesia

1. LOW DOSE (≤ 1 kGy)

- To delay the senescence and extend the shelf life
- To inhibit sprouting
- To disinfest insects



2. MEDIUM DOSE (≤ 10 kGy)

- To decontaminate and eliminate mold, and non spore form pathogenics bacteria
 - *Salmonella spp*
 - *E. Coli*
 - *Vibrio spp*
 - *Campylobacter spp*
 - *Listeria spp*



3. HIGH DOSE (10 – 50 kGy)

- To sterilize food for industrial purposes
 - Sterilized foods → - safe shelf – stable indonesian dishes for hospital patient diet
 - Campers, hikers, army
 - To reduce dependency upon freezer
 - To kill spore from bacteria



Tujuan :

- a) menunda pematangan dan pertunasan (< 1 kGy) → buah, sayur, umbi dan rimpang
- b) dekontaminasi/eliminasi (menekan /mematikan) : serangga (1-2 kGy); mikroba (kapang, khamir dan bakteri patogen); (3- 10 kGy) → biji-bijian, sereal, produk beku, produk semi olahan, dan siap saji.
- c) suci hama/sterilisasi mutlak (> 10 kGy) → makanan siap saji



Contoh Aplikasi

- ❖ Menghambat pertunasan kentang dan bawang (0.05 - 0.15 kGy)



- ❖ Desinfestasi serangga sereal (0.1 - 0.5 kGy)



- ❖ Menunda pematangan buah (0.5 - 1.5 kGy)



- ❖ Inaktivasi patogen daging (3 - 13 kGy)



Kelebihan Iradiasi

- Pemanasan minimum
- Aplikasi pangan dalam kemasan atau beku
- Untuk produk segar dengan sekali operasi
- Energi rendah
- Perubahan gizi comparable
- Kontrol otomatis, biaya tenaga kerja rendah



Kekurangan Iradiasi

- Investasi tinggi
- Kemungkinan mikroba menjadi resisten
- Belum ada metode deteksi
- Ketakutan akan radioaktivitas
- Kemungkinan kerusakan nilai gizi



PERSYARATAN BAHAN PANGAN SEBELUM DI IRADIASI

1. Kondisi produk :

- ◆ **kualitas prima/terseleksi/lolos GMP**
- ◆ **khusus produk kering : kadar air awal $\leq 14\%$**
- ◆ **bahan pengemas : kuat/tahan radiasi, disesuaikan**
- ◆ **keliman /heat seal : sempurna, disesuaikan**

2. Validasi dosis radiasi :

- ◆ **masalah yang ada pada produk non irradiasi**
- ◆ **penetapan range dosis dan kondisi radiasi sesuai dengan tujuan**
- ◆ **uji produk : visual dan uji laboratorium**
- ◆ **kondisi optimum tercapai**



IRADIASI PANGAN

Jenis dan kapasitas sumber iradiasi

Paparan terukur/dosimetri



Bahan pangan (nabati/hewani) dan pengemas



Pengaruh pada bahan pangan (fisika-kimia)



**Pengaruh pada serangga, kapang dan bakteri
(biologi)**



Pemanfaatan teknologi sesuai TUJUAN



**Implementasi iradiasi pada bahan pangan dalam kemasan
dan kondisi penyimpanan**



Hal yang perlu diperhatikan :

- Kondisi bahan : Aw,pH, kadar air, gizi makro (protein,karbohidrat,lemak), gizi mikro (vitamin & mineral),jenis mikroba dan sifat produk
- Jenis bahan pengemas dan teknik pengemasan
- Kondisi saat mengiradiasi (oksigen dan suhu)



DIAGRAM ALIR PERSIAPAN MAKANAN IRADIASI TUJUAN KOMERSIAL

PASCA PANEN PRODUK PERTANIAN(GHP/ GMP)



SORTASI KUALITAS & UKURAN



PEMASARAN

SANITASI / PROSESS (GMP)



PENGEMASAN / KANTONG ECERAN



WADAH/ BOX



IRADIASI (GRP)/DOSIMETRI



PENYIMPANAN / CONDITIONING



PENGUJIAN LAB.(R&D) /VALIDASI DOSIS/CCP
(ISO, CODEX, ASTM, BS, SNI, etc.)



UJI COBA



SEMI PILOT



PILOT



KOMERSIAL



LOGO+LABEL





HASIL LITBANG BAHAN PANGAN IRADIASI BATAN DIPERSIAPKAN UNTUK MENDAPATKAN LEGALITAS BPOM

No. Klasifikasi komoditas	Tujuan iradiasi	Dosis radiasi (kGy)	Catatan/ Status
1. Buah & sayuran segar			
- mangga	memperpanjang masa simpan & disinfestasi serangga	air 55°C/5 min+ 0.75 kGy	semi pilot
- pepaya	- idem -	- idem -	skala lab.
- jamur merang	memp.masa simpan	< 2	skala lab.
- tomat	- idem -	1 - 2	skala lab.
- pisang	- idem -	0,25	skala lab.
- duku & asparagus	- idem -	air hangat + 1	skala lab.
- brokoli	- idem & disinfestasi serangga	0,4	skala lab.
2. Bahan pangan segar dan olahan			
a.Produk daging			
- daging segar & ayam	dekontaminasi bakteri patogen	5 - 7	skala lab.
- sosis & burgers	- idem -	- idem -	- idem -
- ikan tuna	- idem -	- idem -	- idem -
- bakso dan bandeng presto	- idem -	- idem -	- idem -



HASIL LITBANG MAKANAN IRADIASI(Lanjutan)

No. Klasifikasi komoditas	Tujuan iradiasi	Dosis radiasi (kGy)	Catatan/ Status
<i>b. Produk Cereal</i>			
<i>Dodol</i>	dekontaminasi dan memperpanjang masa simpan	3 - 5	semi pilot
<i>Bakpia</i>	- idem -	3 - 5	skala lab.
3. Makanan steril			
- <i>pepes ikan mas</i>	sterilisasi	beku & 45	semi pilot
- <i>pepes ayam</i>	- idem -	- idem -	- idem -
- <i>semur ayam</i>	- idem -	- idem -	- idem -
- <i>kare ayam</i>	- idem -	- idem -	- idem -
- <i>rendang sapi</i>	- idem -	- idem -	- idem -
- <i>empal sapi</i>	- idem -	- idem -	- idem -
- <i>semur sapi</i>	- idem -	- idem -	- idem -

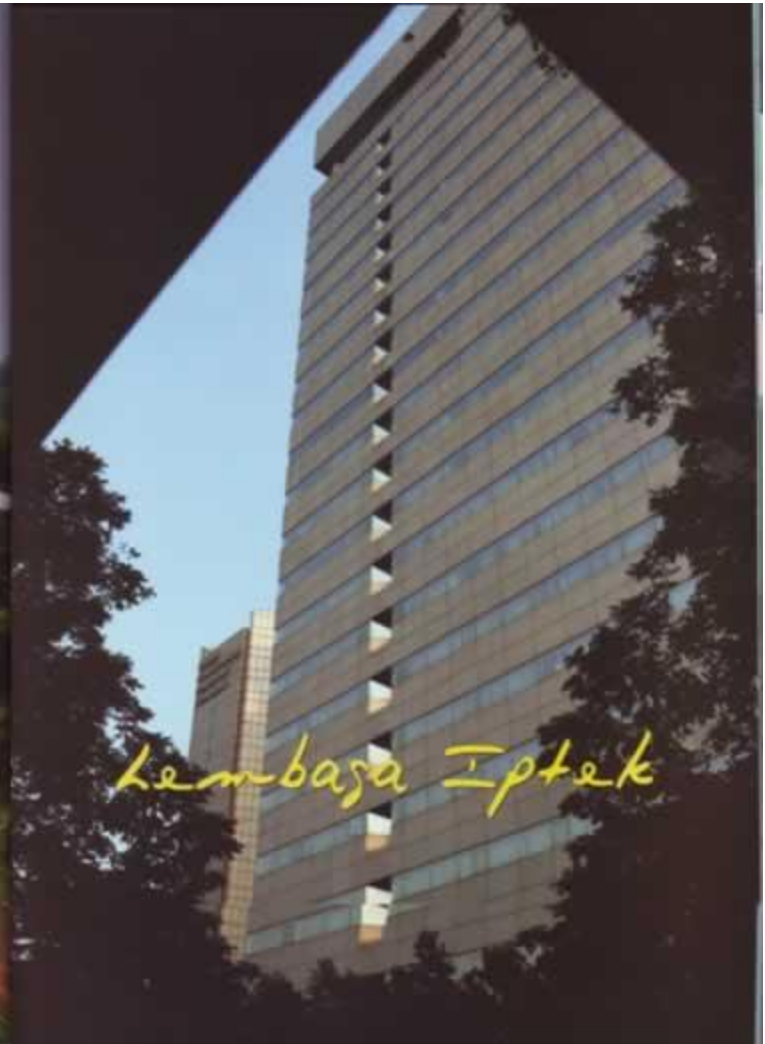


UJI COBA DAN KOMERSIALISASI BEBERAPA KOMODITAS BAHAN PANGAN TAHUN 1995 – SEKARANG

Komoditas	Tujuan irradiasi	Dosis maks. (kGy)
- rempah,sayuran kering, bumbu	disinfestasi, dekontaminasi serangga dan mikroba patogen	10
- udang beku dan paha kodok beku	eliminasi <i>Salmonella spp.</i>	7
- ikan kering/asin	memperpanjang masa simpan	5
- biji-bijian, sereal, kacang-kacangan	disinfestasi serangga,eliminasi mikroba patogen	5
- tepung(kedele,terigu, ketan, bumbu)	disinfestasi serangga, dekontaminasi mikroba	5
- karagenan	dekontaminasi	3
- bahan pengemas (makanan)	sanitasi-sterilisasi	5-25
- makanan bayi	sanitasi	5
- lain-lain (klasifikasi komoditas bahan pangan yang ada dalam PERMENKES)		



Gedung Reaktor Nuklir Swabessy 2 Berkekuatan 30 MW di Serpong





Gambar Kolom Reaktor Nuklir di Serpong



Kolom reaktor nuklir di Serpong
Pusat Riset Serpong untuk studi nuklir
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Prof. Dr. Ing. S. J. Hidayat



Masterslave manipulator untuk memegang bahan-bahan yang memiliki tingkat radioaktif tinggi



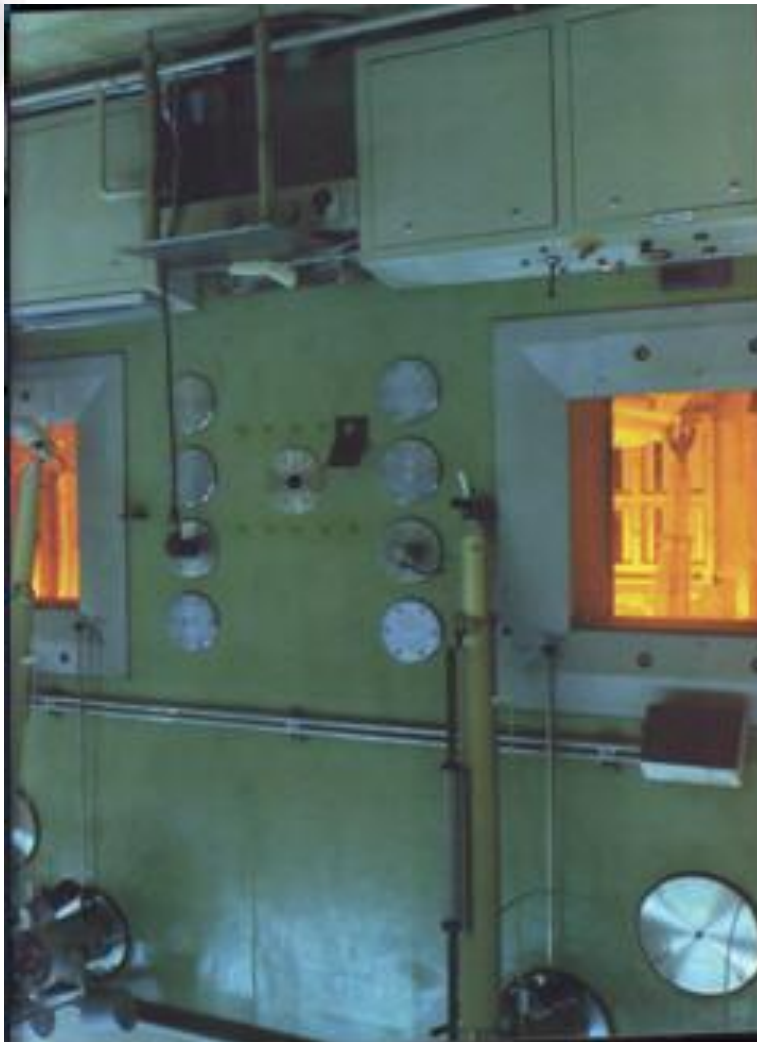


Intermediate Room (ruang antara) untuk mengeluarkan cuplikan radioaktif sampai batas aman yang diizinkan





Hot Cell (bilik Panas) untuk menahan bahan-bahan yang memiliki tingkat radioaktif tinggi di BATAN



Hot Cell BATAN untuk menahan bahan-bahan yang memiliki tingkat radioaktif tinggi di BATAN, Puspiptek, Serpong.



Diagram Proses Pengolahan Limbah Nuklir

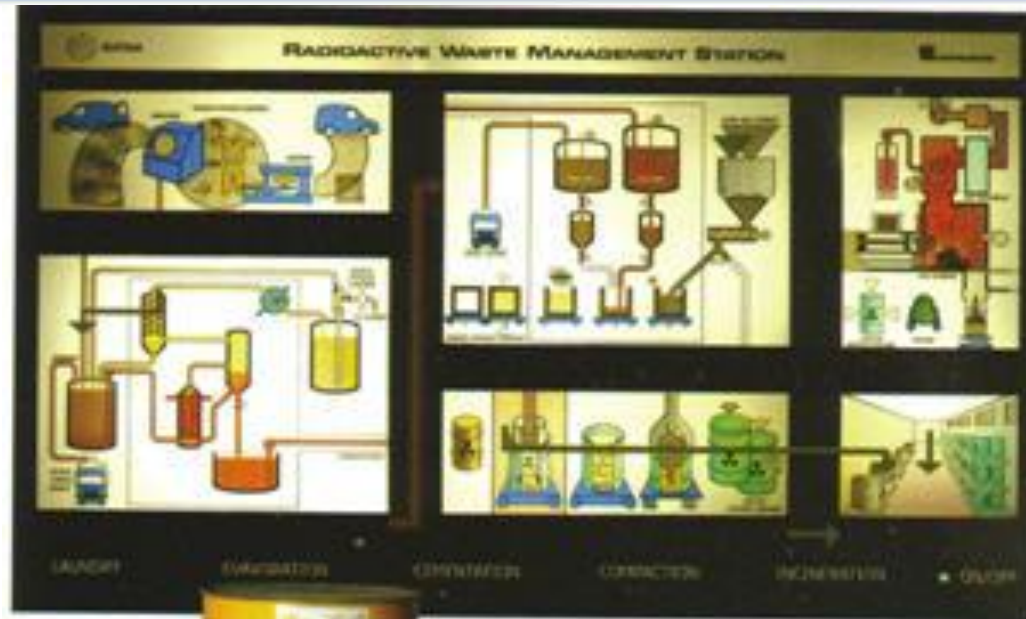
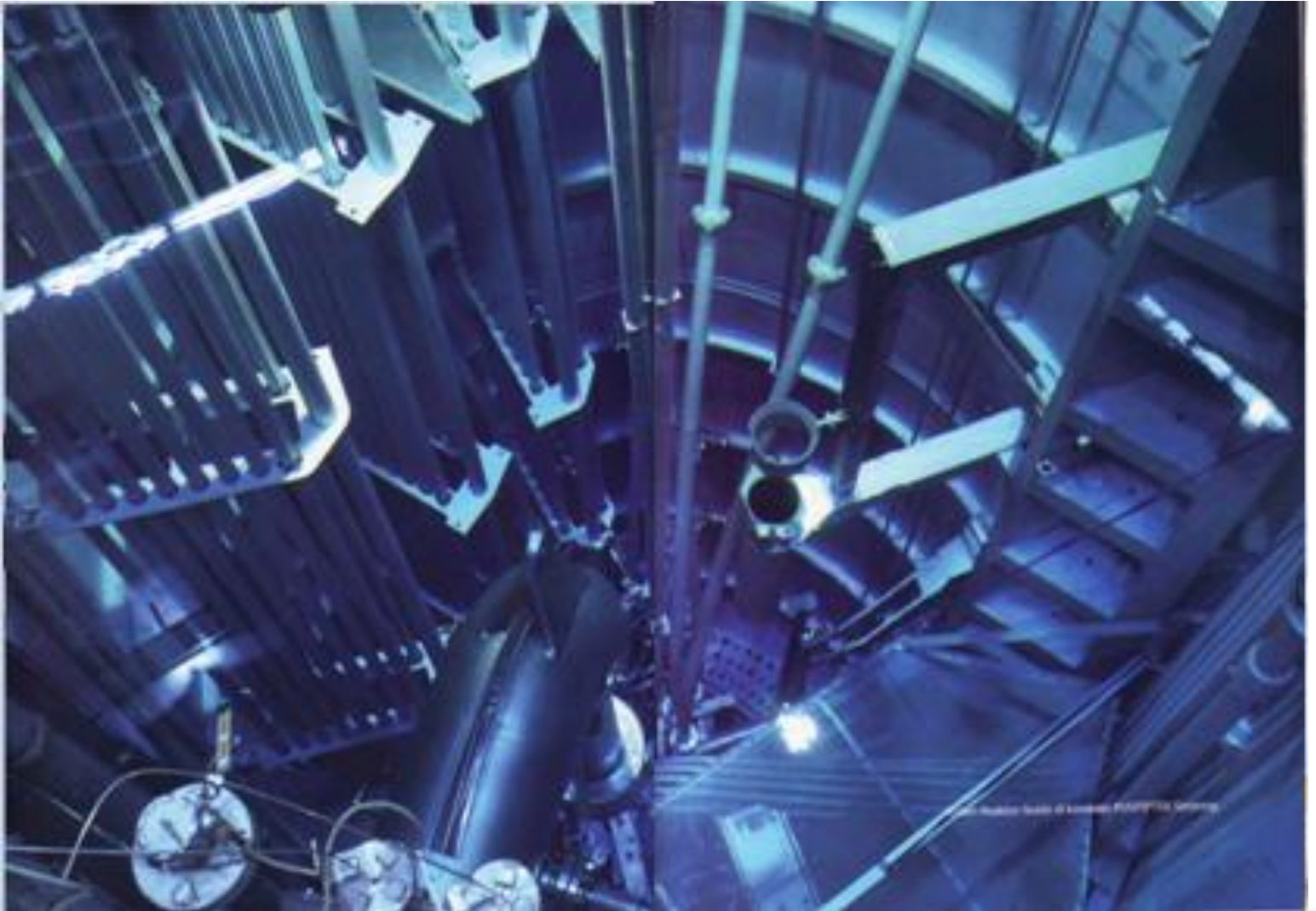


Diagram proses pengolahan limbah nuklir, dan salah satu contoh hasil akhir dari pengolahan limbah nuklir yang dimasukkan ke dalam tabung.



Kolam Reaktor Nuklir di Kawasan Puspiptek Serpong





Ruang Monitor untuk Reactor Control BATAN, Yogyakarta



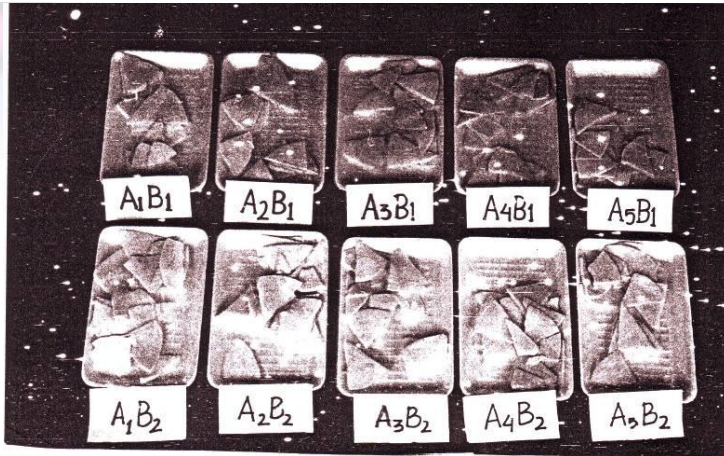


Kolam Reaktor Nuklir BATAN, Yogyakarta





Jamur Mutiara



Keterangan :

A1 = dosis iradiasi 0 kGy (kontrol)

A2 = dosis iradiasi 0.5 kGy

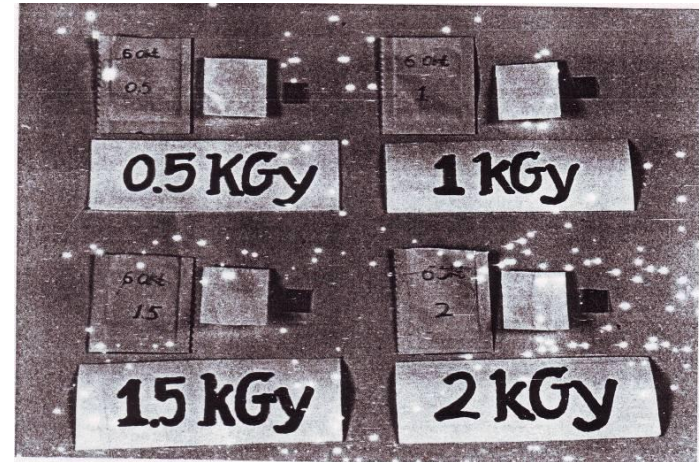
A3 = dosis iradiasi 1 kGy

A4 = dosis iradiasi 1.5 kGy

A5 = dosis iradiasi 2 kGy

B1 = penyimpanan suhu kamar

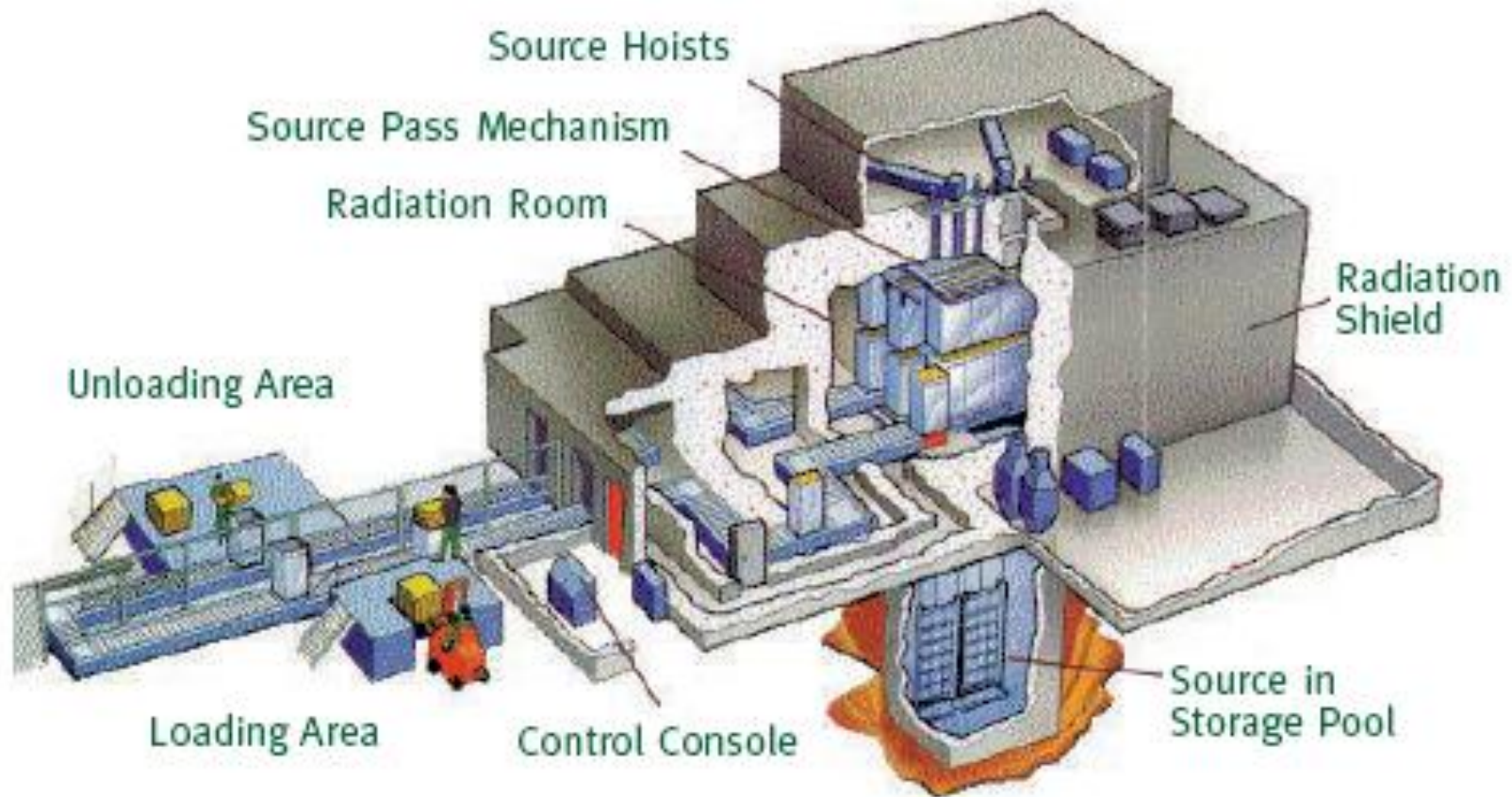
B2 = penyimpanan suhu dingin



Contoh dosimeter
yang digunakan
dalam penelitian



Gamma Irradiation for Food Processing



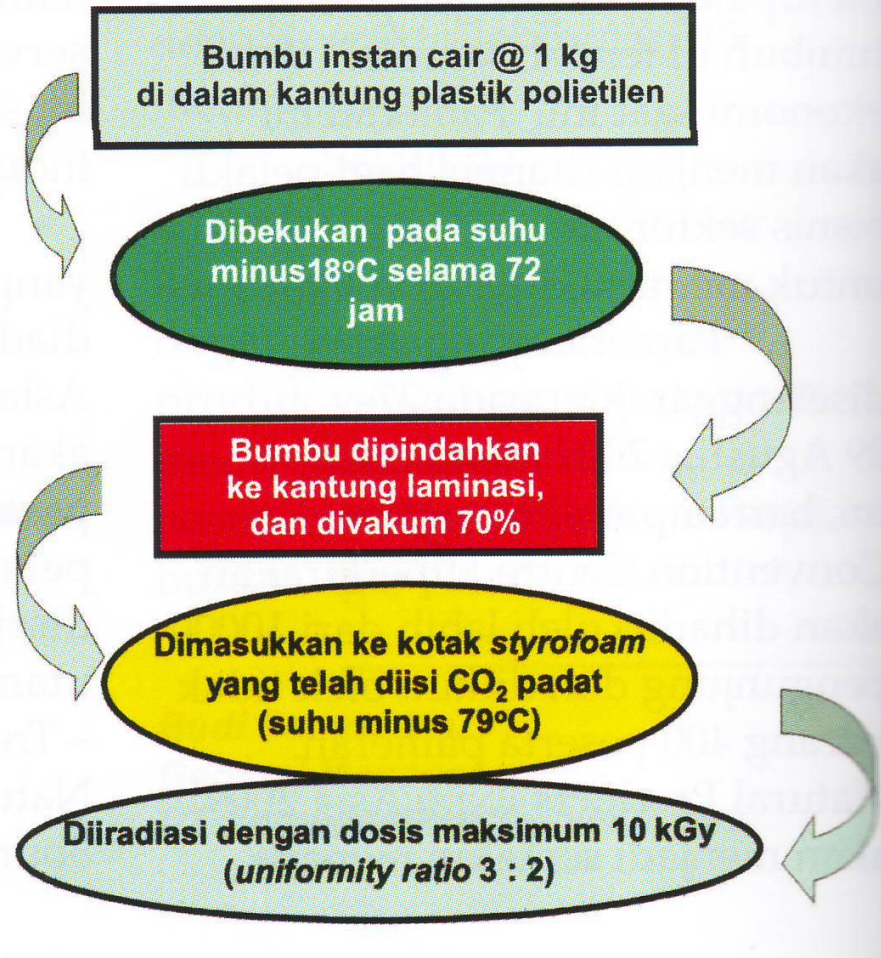


Persiapan memasuki ruang sterilisasi (komersial) di PT. Indogama





DIAGRAM ALIR IRADIASI BUMBU INSTAN





CONTOH BUMBU INSTAN IRADIASI



Gambar 2. Contoh bumbu instan iradiasi



Terima Kasih