

# APLIKASI IRADIASI

**Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si.**

farah.nurlidar@brin.go.id

08119116681

**Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi,  
Organisasi Riset Tenaga Nuklir  
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia**

**Jakarta, 26 Februari 2026**

# BIODATA



**Nama : Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si**

**Jabatan : Peneliti Ahli Madya**

**Pendidikan : S3-Materials Science, NAIST, Jepang**

**Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi, ORTN, BRIN**

# Radiasi Pengion

Radiasi yang dapat menyebabkan ionisasi

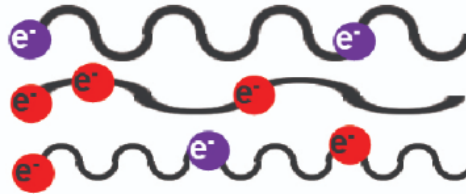
## Sumber Radioaktif



Sinar gamma  
(Co 60 dan Cs 137)

- Penetrasi tinggi
- Mudah dikontrol

## Akselerator berkas elektron



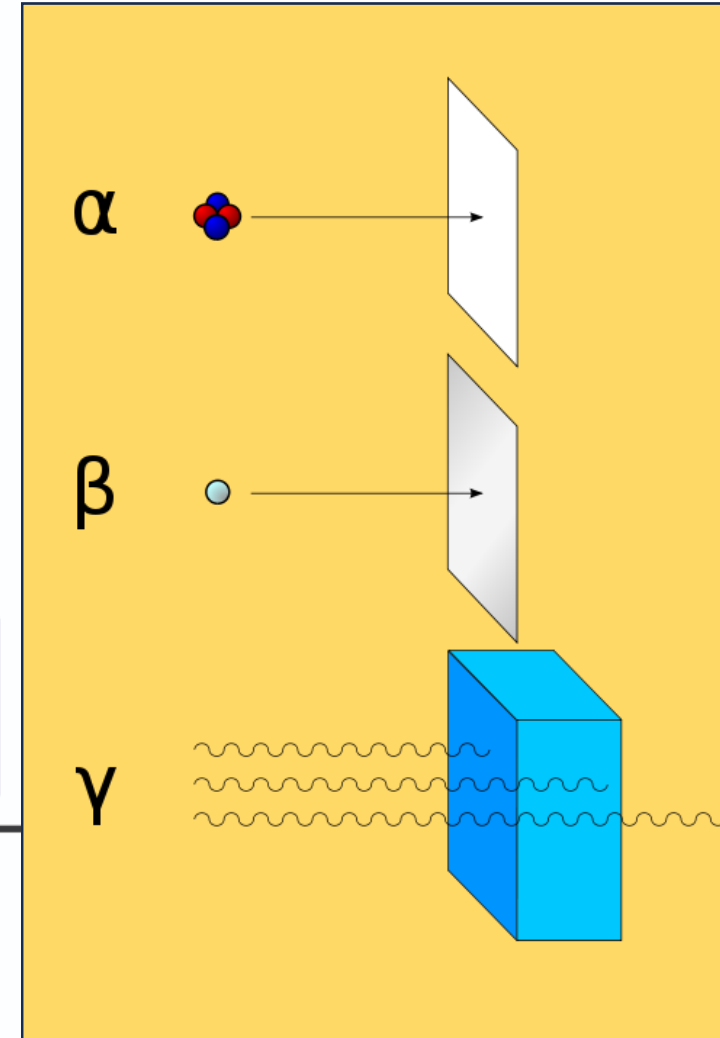
Berkas Elektron

- Proses cepat (menit)
- Dosis Radiasi tinggi

Sinar-X

- Penetrasi tinggi
- Keseragaman dosis tinggi

- Tidak menyebabkan kenaikan suhu yang tinggi
- Bisa digunakan untuk kemasan akhir
- Aman



# Aplikasi Radiasi



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

## Aplikasi Radiasi



Kesehatan



Pangan dan Pertanian



Lingkungan dan perubahan iklim



Industri



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

# APLIKASI RADIASI BIDANG KESEHATAN

# Aplikasi Radiasi di Bidang Kesehatan



- ❖ Sterilisasi radiasi
- ❖ Pengembangan biomaterial
- ❖ Terapi radiasi untuk kanker dll.
- ❖ Radiasi untuk diagnostik/imaging
- ❖ Pengendalian vektor penyakit
- ❖ Pengembangan vaksin

# Sterilisasi Radiasi

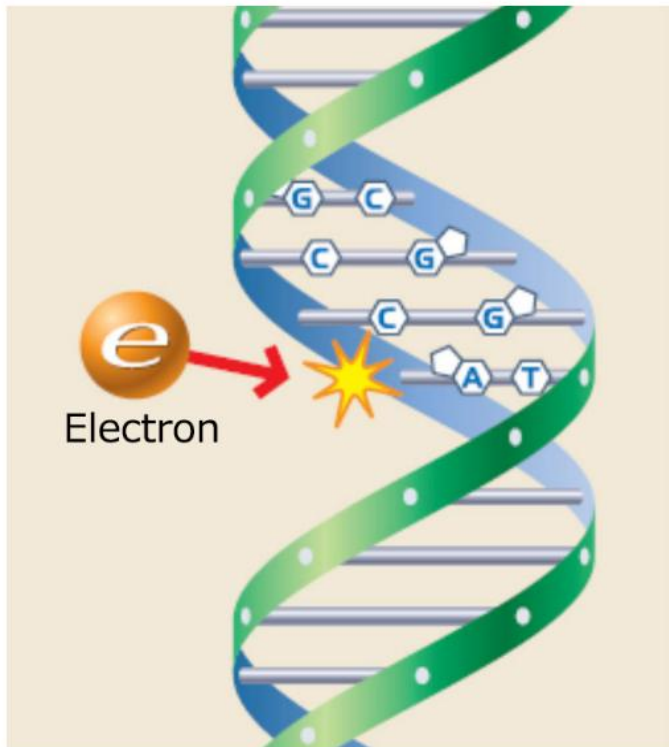
## Membunuh mikroorganisme



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

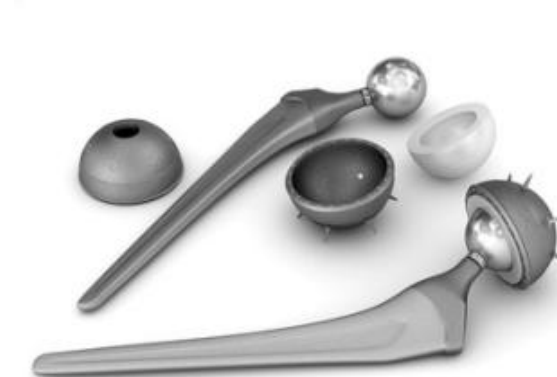
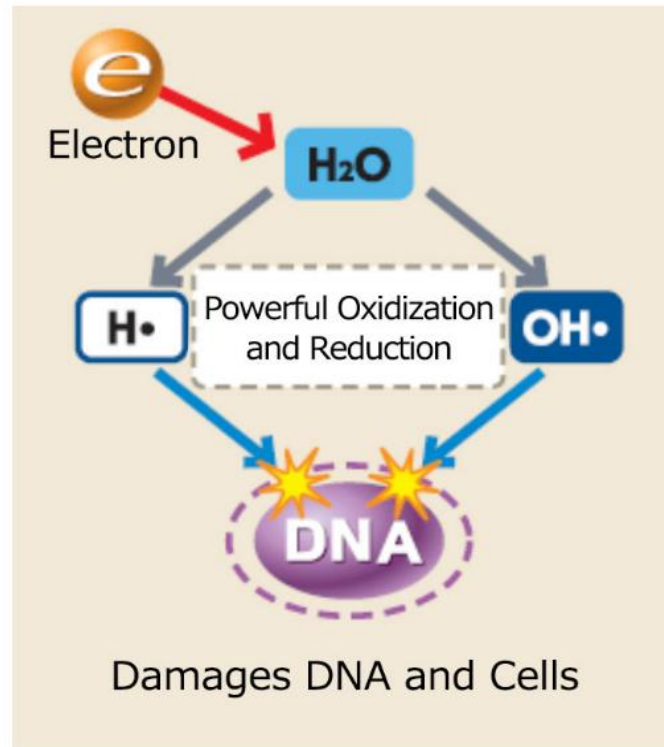
### Efek langsung:

energi radiasi pengion menumbuk langsung molekul sel utama seperti DNA atau RNA



### Efek tidak langsung:

Radikal-radikal hasil radiolisis air berinteraksi dengan molekul sel utama seperti DNA atau RNA



# Keunggulan Sterilisasi Radiasi



Jenis Sterilisasi	Kelebihan	Kekurangan
<b>Radiasi Pengion</b> (sinar gamma, sinar X, dan berkas elektron)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tidak ada kenaikan suhu yang signifikan</li><li>- Teknologi mudah</li><li>- Tidak meninggalkan residu kimia</li><li>- Waktu sterilisasi singkat (menit, jam)</li><li>- Dapat dilakukan dalam box/kemasan akhir</li><li>- Tidak perlu perlakuan pre &amp; paska sterilisasi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Supply sumber radioaktif terbatas</li><li>- Perlu penanganan khusus terhadap sumber radioaktif</li><li>- Isu geopolitik</li></ul>
<b>Sterilisasi panas dan/atau uap bertekanan</b> (oven atau autoklaf)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Efektif membunuh mikroba</li><li>- Tidak meninggalkan residu kimia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Konsumsi Listrik tinggi</li><li>- Tidak bisa untuk material yang tidak tahan panas</li><li>- Membutuhkan kemasan khusus yang tahan panas</li><li>- Perlu perlakuan pengeringan paska sterilisasi</li></ul>
<b>Sterilisasi kimia</b> (etilen oksida, hydrogen peroksida, dll.)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Efektif membunuh mikroba</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Meninggalkan residu kimia</li><li>- Membutuhkan kemasan khusus</li><li>- Waktu sterilisasi relatif lama ~ 1- 7 hari</li><li>- Perlu perlakuan degassing paska sterilisasi</li></ul>

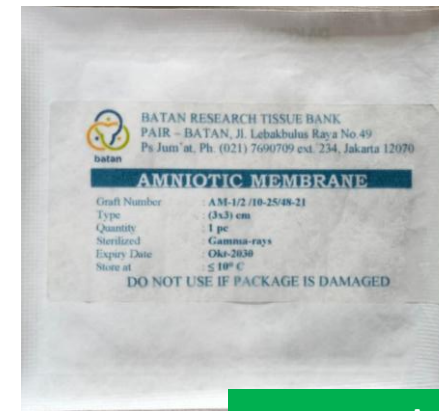
# Pengembangan Biomaterial

❑ **Biomaterial:** bahan yang dirancang untuk berinteraksi dengan sistem biologis dengan tujuan medis, baik untuk mengobati, meningkatkan, atau menggantikan fungsi jaringan

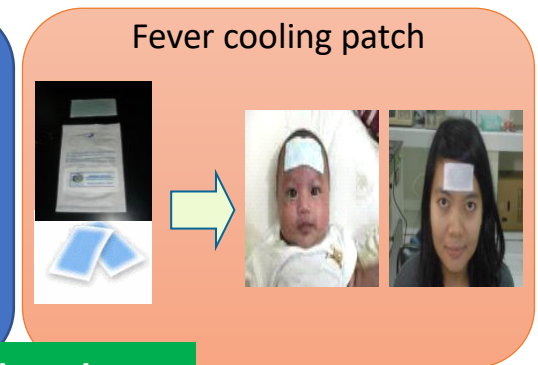
❑ **Syarat Biomaterial:** steril, biokompatibel, tidak toksik

❑ **Contoh:**

- Hidrogel: untuk penghantaran obat, pembalut luka, penurun demam, dll.
- Membran: *guided bone regeneration*, pembalut luka
- Implan: implant tulang (allograf, xenograft, autograf)



Membran amnion



Hidrogel



Membran perikardium



Graf tulang





**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

# APLIKASI RADIASI BIDANG PANGAN DAN PERTANIAN



# Pengawetan Bahan Pangan



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

Mengurangi patogen

Memperpanjang Umur masa simpan

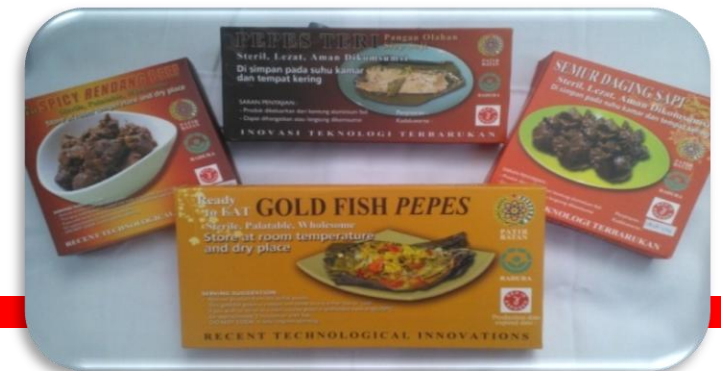
Disinfestasi serangga

Menghambat pertunasan

Karantina buah dan sayur

**Iradiasi pada bahan pangan:**

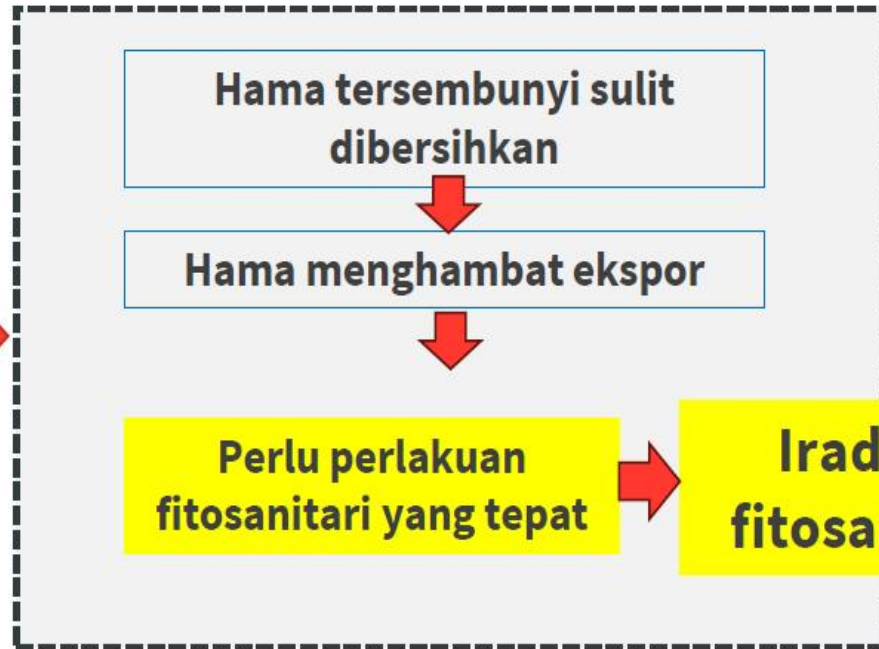
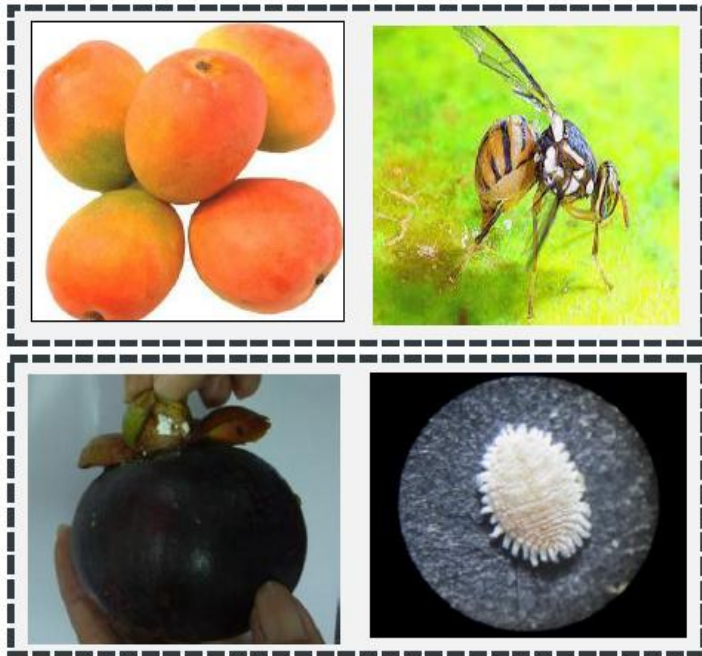
- Memperpanjang umur simpan
- Disinfestasi serangga
- Karantina buah dan sayur
- Menghambat pertunasan
- Menghambat pematangan
- Dekontaminasi mikroba



# Fitosanitari Pangan



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL



## Fungsi Fitosanitari Pangan:

- Memastikan Kualitas dan Keamanan Pangan: jaminan bahwa produk pangan telah memenuhi standar keamanan dan bebas dari hama
- Memperlancar Perdagangan Internasional: syarat wajib untuk izin masuk komoditas pertanian
- Standarisasi Internasional: Standar Internasional untuk Tindakan Fitosanitari (ISPM)

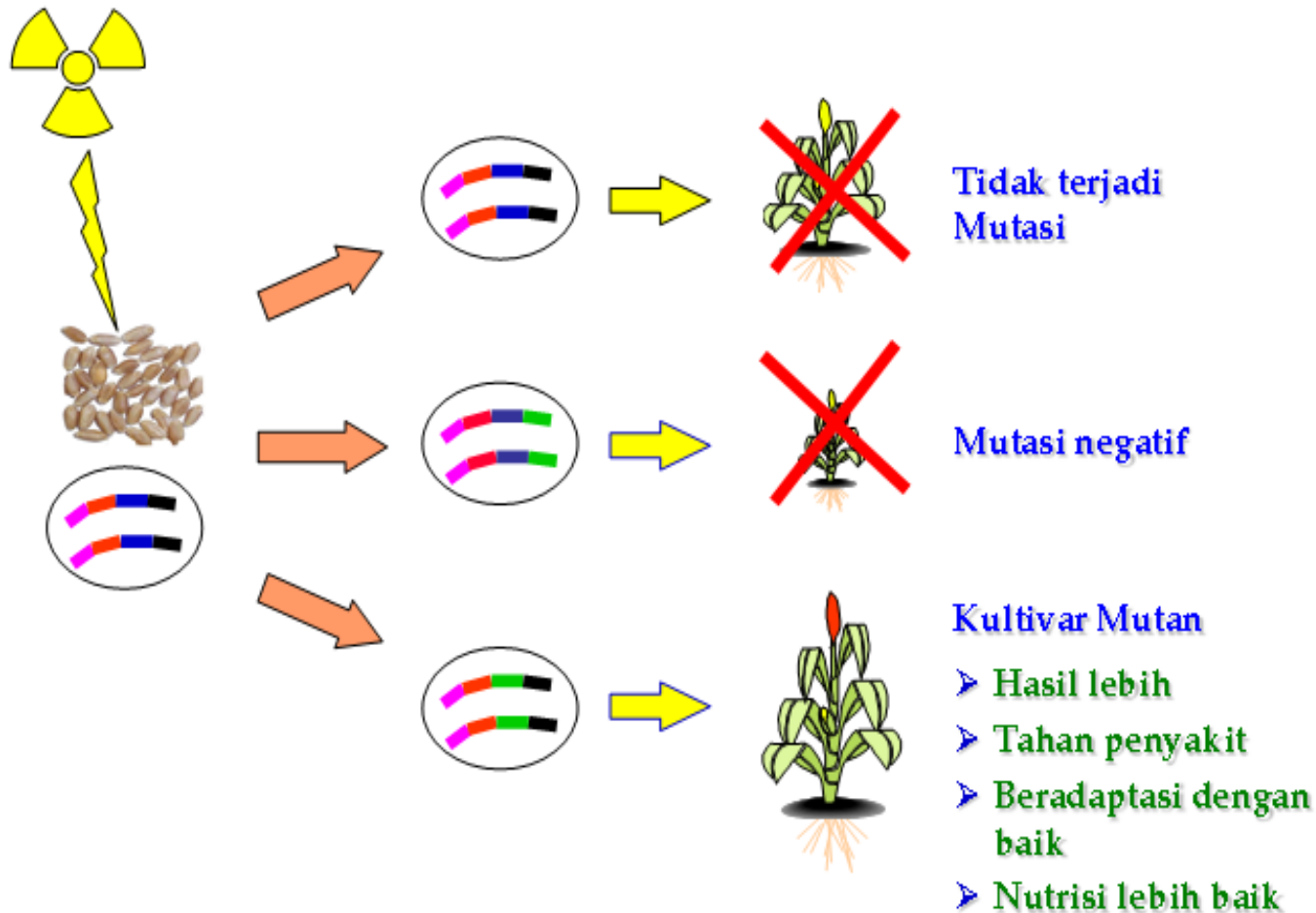
# Peraturan Badan POM No. 3/2018: Pangan Iradiasi



BRIN

Komoditas	Tujuan Iradiasi	Dosis Maksimum
Umbi lapis dan umbi akar	Menghambat pertunasan	0,15 kGy
Sayur dan buah segar	Menunda pematangan, membasmi serangga, karantina	1,0 kGy
Sayur olahan dan buah olahan	Memperpanjang masa simpan	7,0 kGy
Sayur kering, bumbu rempah kering	Mengurangi jumlah mikroba patogen	10,0 kGy
Sereal dan produk hasil penggilingannya, kacang-kacang, buah kering	- Membasmi serangga	1,0 kGy
	- Mengurangi jumlah mikroba	5,0 kGy
Mangga	Memperpanjang umur simpan	0,75 kGy
Manggis	Membasmi serangga dan karantina	1,0 kGy
Ikan, pangan laut ( <i>seafood</i> segar maupun beku)	- Mengurangi jumlah mikroba patogen	5,0 kGy
	- Memperpanjang umur simpan	3,0 kGy
Pangan olahan siap saji (rendang, semur, dll.)	Sterilisasi komersial dan membasmi mikroba patogen	60 kGy

# Iradiasi untuk Pemuliaan Tanaman



ANTARA > Humaniora > Batan hasilkan 44 varietas tanaman unggul

## Batan hasilkan 44 varietas tanaman unggul

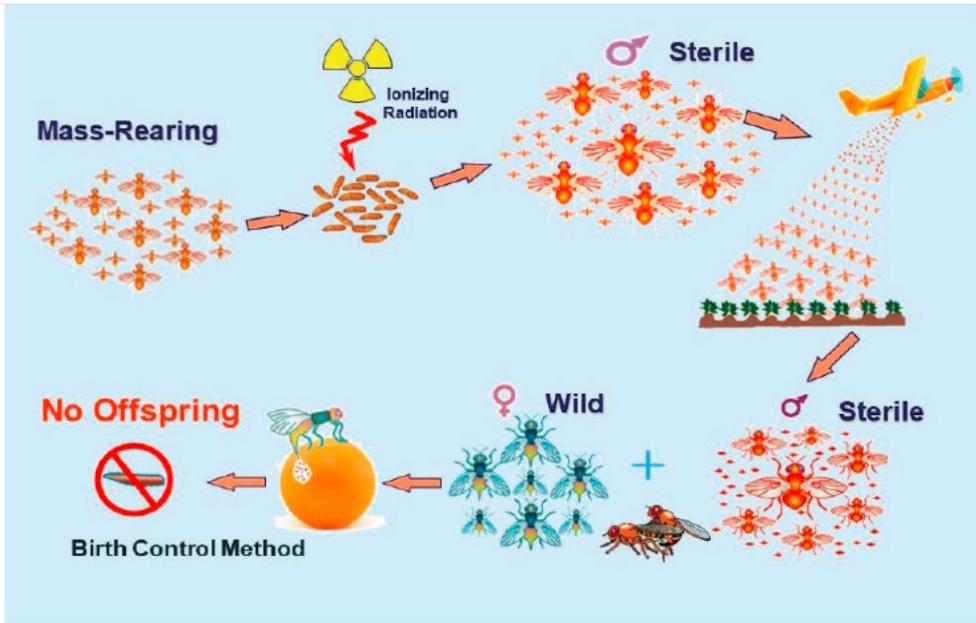
Rabu, 2 Desember 2020 15:06 WIB waktu baca 2 menit



# Teknik Serangga Mandul (TSM)



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL



THE STERILE INSECT TECHNIQUE (S.I.T.)  
FOR MANAGEMENT OF  
MEDITERRANEAN FRUIT FLIES  
IN FRUIT PRODUCTION

~

A TECHNICAL MANUAL  
on the preparation for, and initiation of,  
S.I.T. for integrated management of Medfly

Brian N. Barnes  
ARC Infruitec-Nietvoorbij  
Stellenbosch  
South Africa



- ❖ Serangga Jantan mandul
- ❖ Tidak membawa zat radioaktif
- ❖ Bertugas hanya untuk kawin
- ❖ Tidak dihasilkan keturunan
- ❖ Populasi menurun

SOURCE: Rui Cardoso Pereira, IAEA, presentation to the committee on January 28, 2021.

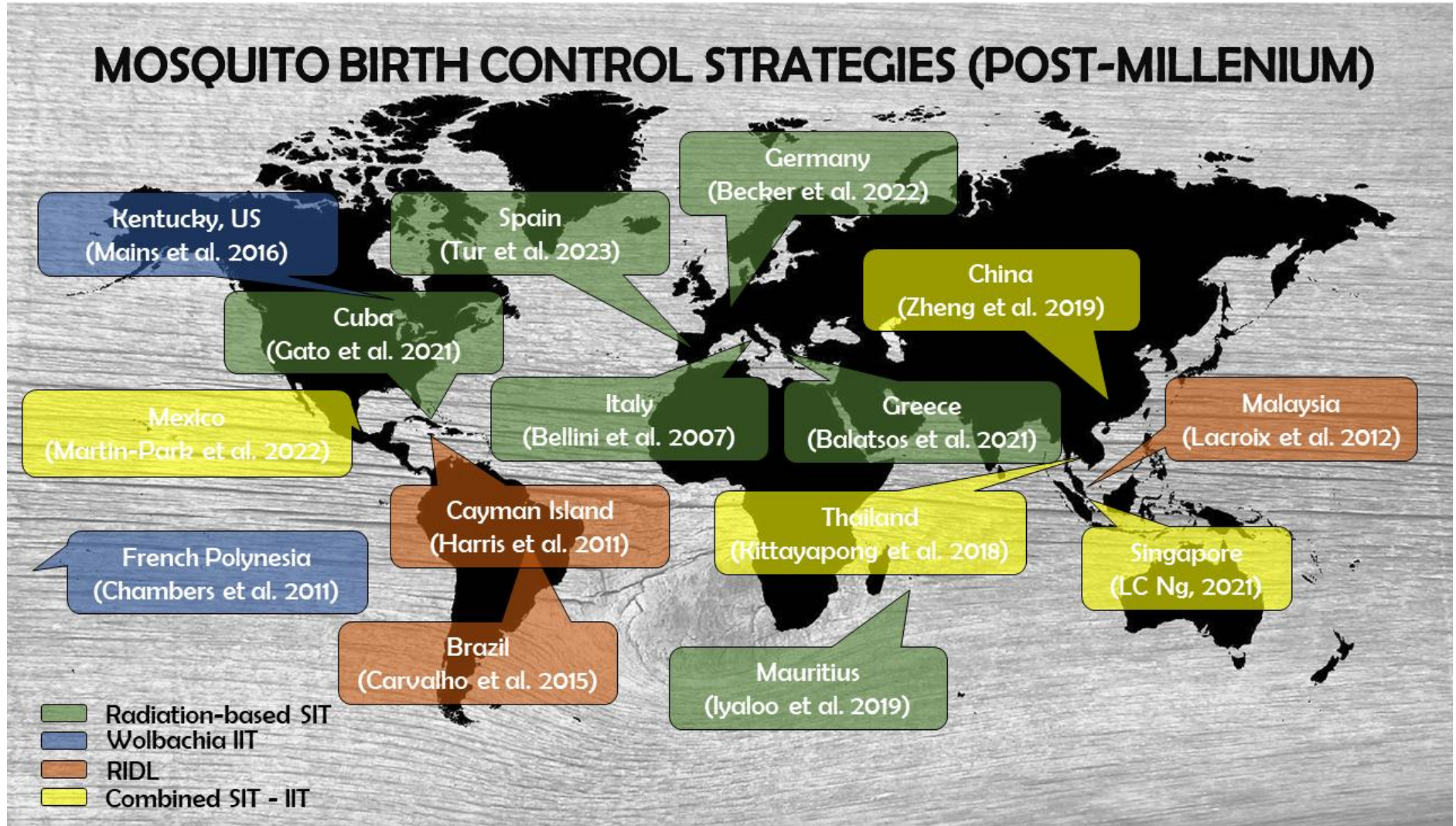
# Teknik serangga mandul (TSM) untuk pengendalian nyamuk



*Aedes aegypti*



*Aedes albopictus*





**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

# APLIKASI RADIASI BIDANG LINGKUNGAN DAN INDUSTRI



# Aplikasi Radiasi di Bidang Lingkungan dan Industri



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

Uji tak rusak



Preservasi



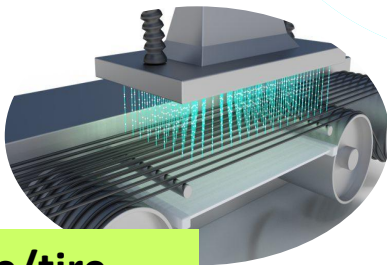
Modifikasi  
Sampah plastik



Pembuatan  
produk



Cable/tire  
crosslinking



Degradasi  
polutan

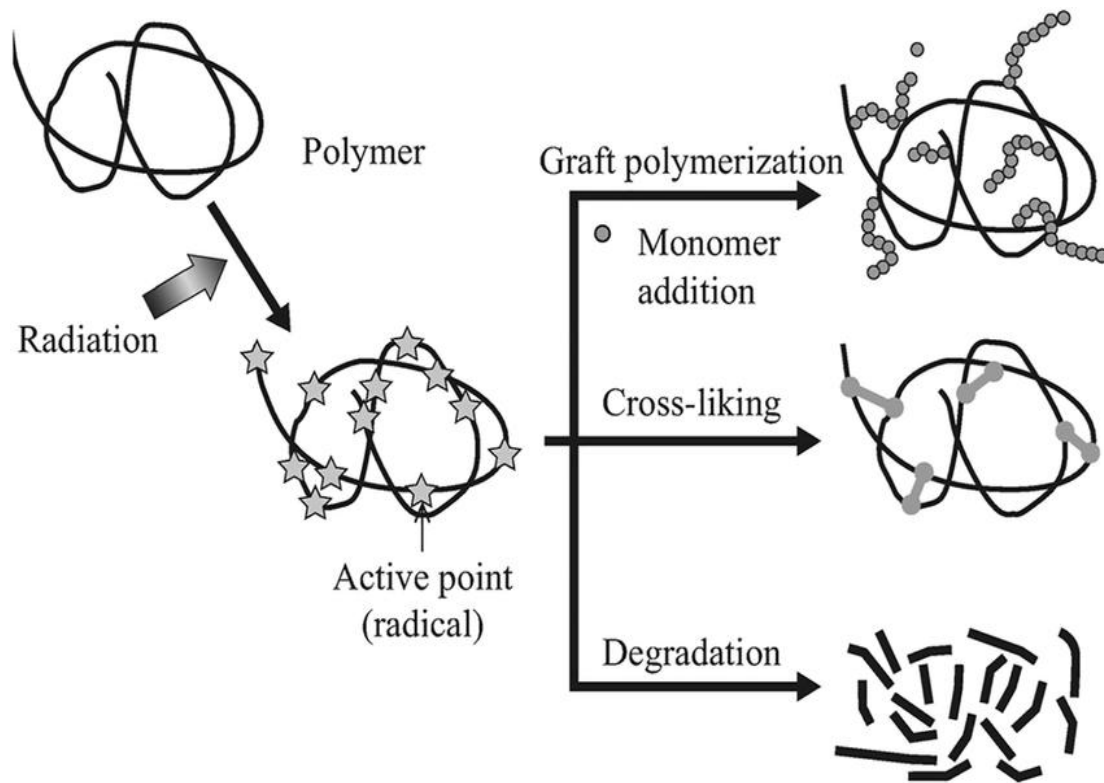


- ❖ Uji tak rusak untuk deteksi kebocoran
- ❖ Modifikasi sampah plastik
- ❖ Pembuatan produk industri: sarung tangan, kabel, dll.
- ❖ Degradasi polutan udara dan air
- ❖ Preservasi benda bersejarah

# Prinsip Radiasi untuk Industri Material



radiasi pengion menyebabkan perubahan sifat pada material yang diiradiasi



Mekanisme	Efek	Contoh Aplikasi
<i>Chain scission/</i> pemutusan rantai	Degradasi, oksidasi	Pembuatan kompatibeliser dari limbah plastik,
<i>Crosslinking/</i> ikatan silang	Pembentukan ikatan silang, kekuatan meningkat	Produksi ban, kabel, sarung tangan
Graft polimerisasi	Perubahan sifat polimer	Membran sel bakar, adsorben logam berat

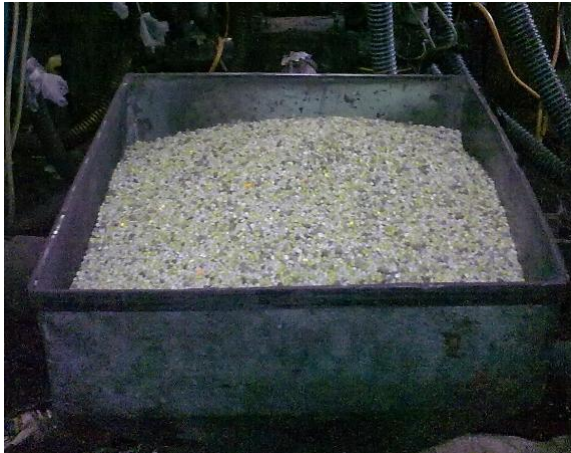


# Pembuatan Plastik Biodegradable

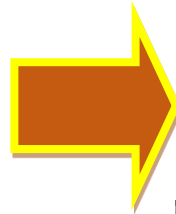


BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

- Bahan baku: Limbah tapioka/*starch* + vinyl monomer

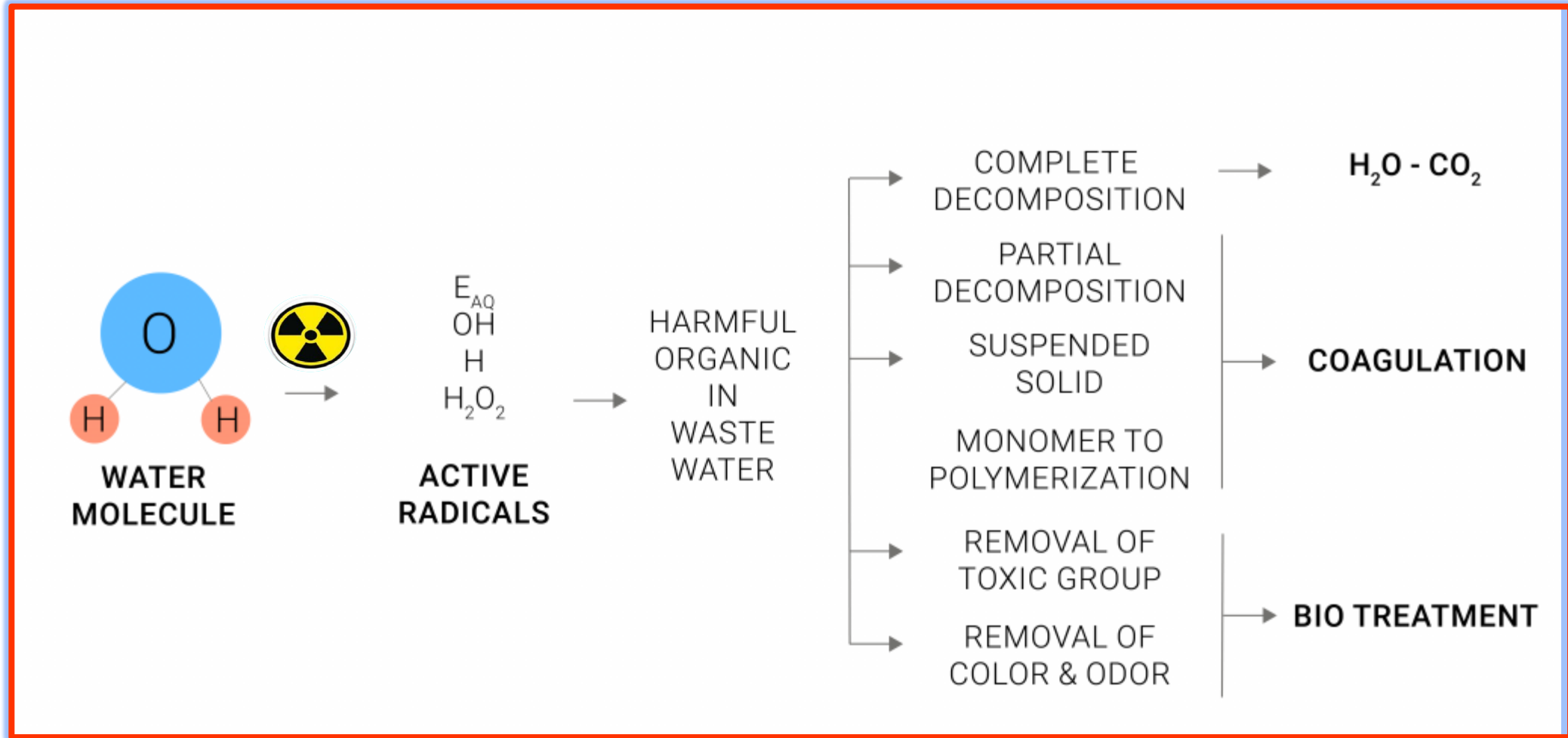


*Patent registered*



Kolaborasi: PT. Tirta Marta and PT. Sarana Tunggal Optima

# Iradiasi untuk Degradasi Limbah Organik



# Aplikasi MBE pada pengolahan air di Korea



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

- Pengolahan air limbah pabrik pewarna di Kota Teju, Korea
- MBE 1 MeV, 500 kW
- Kapasitas pengolahan: 10.000 m<sup>3</sup>/hari



# APLIKASI MBE PADA GAS BUANG INDUSTRI



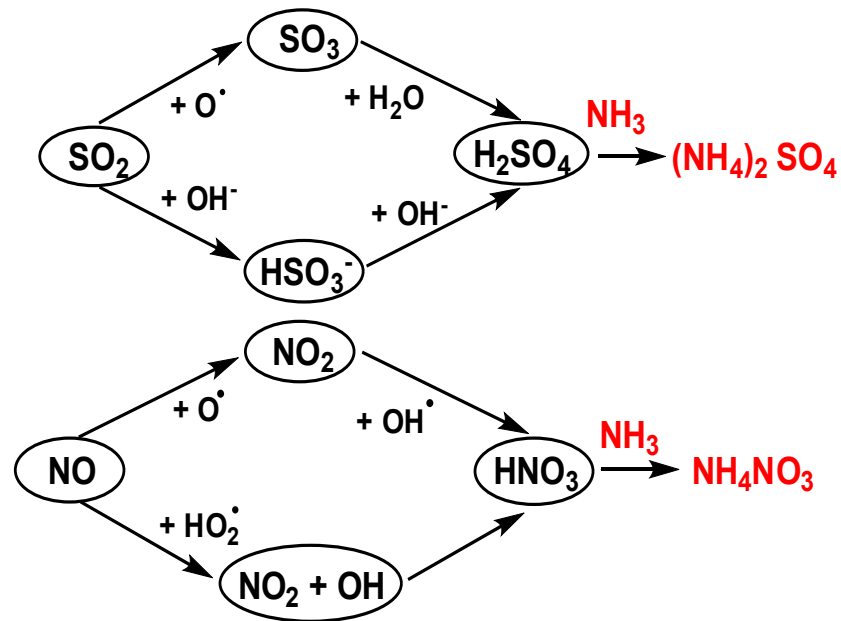
BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

Pembangkit Listrik Batubara 100 MW di Chengdu-CHINA

Kapasitas pengolahan: 300.000 m<sup>3</sup>/jam

SO<sub>2</sub> removal: 80%

NO<sub>x</sub> removal 20%



IAEA Tecdoc-1473, page 14

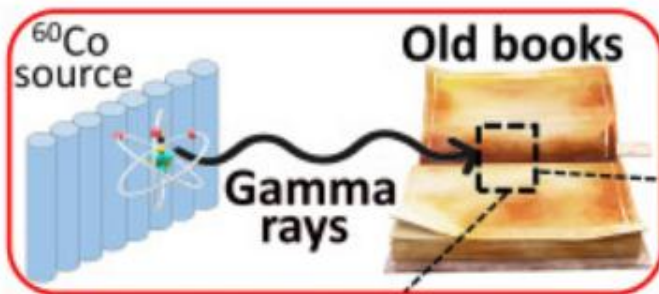
*Flue gas cleaning plant in Chengdu, China.*

# Iradiasi untuk Preservasi Benda Bersejarah



BRIN  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

➤ Iradiasi benda bersejarah untuk dekontaminasi mikroba → memperpanjang umur simpan, mencegah kerusakan



Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation

IAEA  
International Atomic Energy Agency

### Disinfection of Cultural Heritage Objects at a Gamma Irradiation Facility

Restorers use ionizing radiation to remove bacteria, insects and mould from historical artefacts.

- The artefact is packed or not in a container.
- The container is carried to the radiation room.
- Inside the room is a radioactive source, such as cobalt-60, stored in a pool of water.
- The source is extracted from the water to irradiate the artefact. The artefact can be rotated on its axis to achieve uniform irradiation.
- The source is returned to the water pool and the object is taken back outside. The artefact is disinfected and decontaminated.

IAEA

NuclearExplained

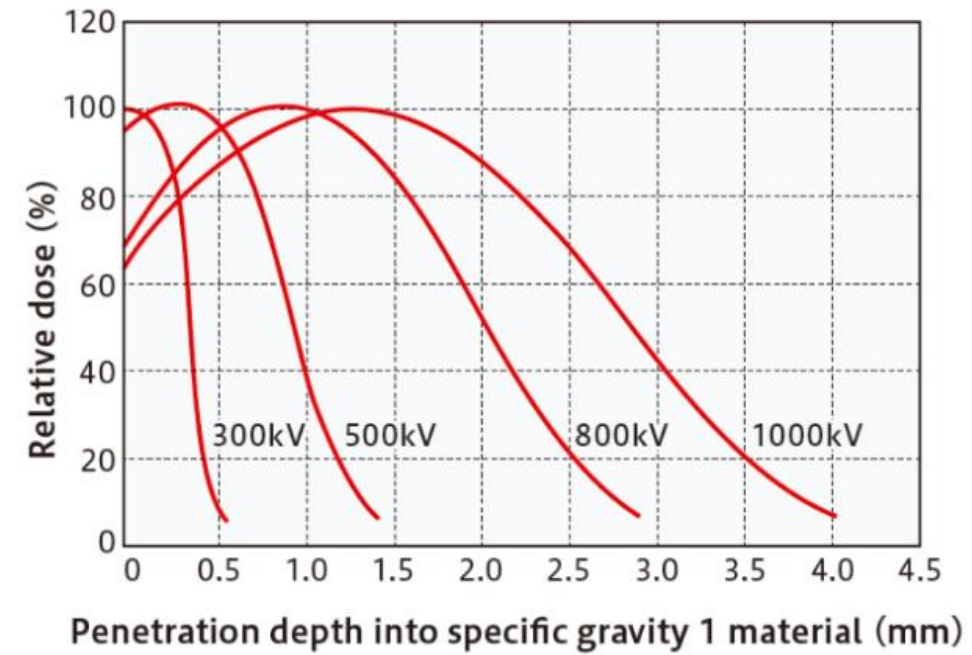


**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

# APLIKASI RADIASI BERKAS ELEKTRON

# Aplikasi Radiasi Berkas Elektron

Energi	Rentang Energi	Aplikasi
Rendah	200 – 800 KeV	Modifikasi permukaan, dekontaminasi permukaan
Sedang	1 - 3 MeV	Modifikasi permukaan
Tinggi	5 - 10 MeV	Sterilisasi, Fitosanitari



Penetration depth into specific gravity 1 material (mm)

Fig. 3) Depth-Dose Curve

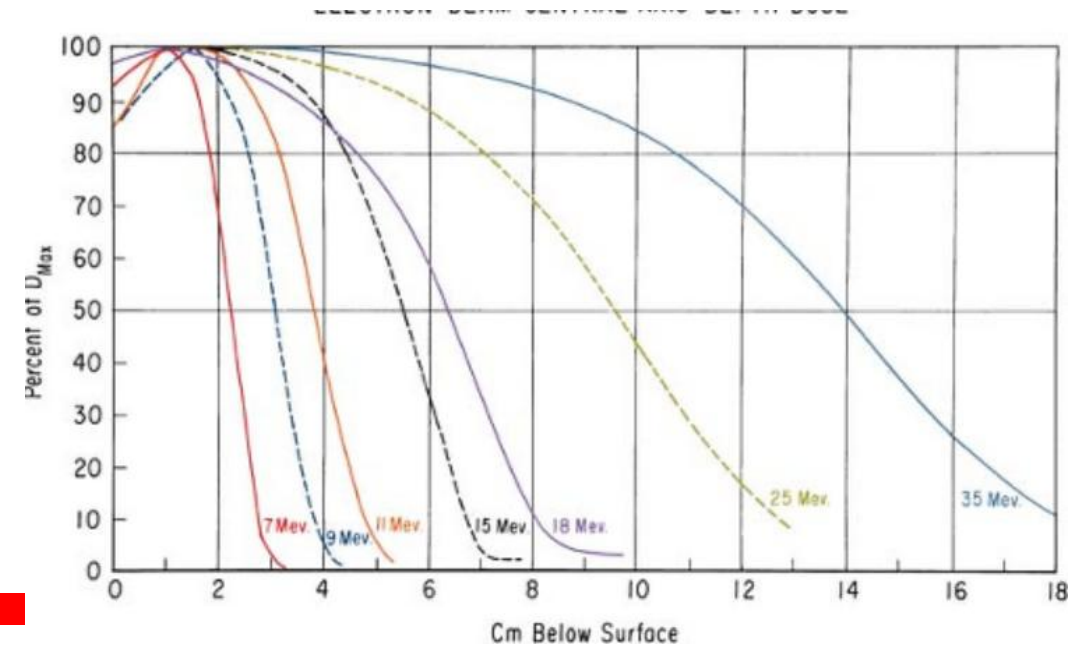
## LOW-TO-MEDIUM DENSITY PRODUCTS

Sampling Products



Labware

Medical Devices and Pharmaceuticals



# Vulkanisasi Radiasi *Natural Rubber Latex*

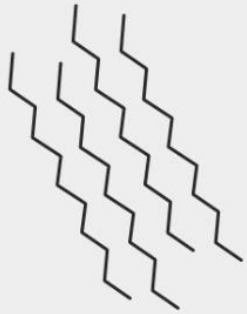
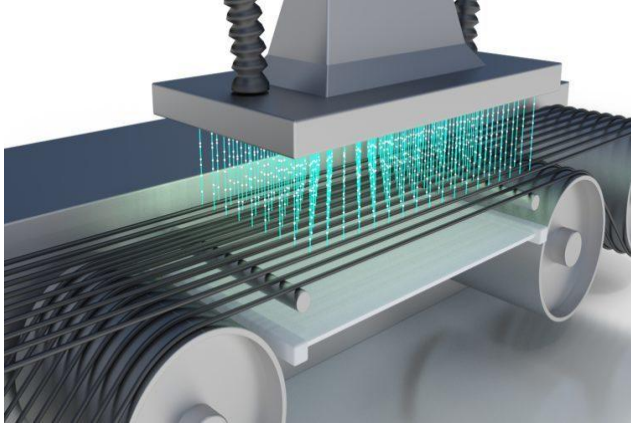
Natural Rubber Latex



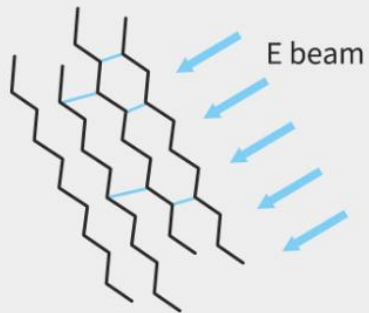
Vulcanisate of Irradiated NRL



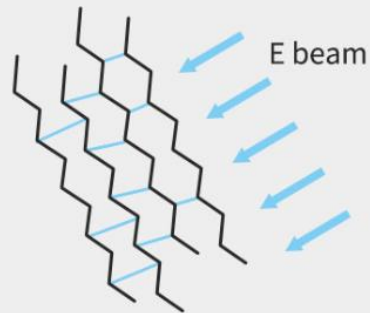
Natural Rubber Product



Before irradiation



50% cross linking



100% cross linking

<https://ebeammachine.com/how-chemical-cross-linking-works-with-e-beams/>

## Natural Rubber Around the World



Tires



Automotive components



Clothing



Flooring



Natural rubber gaskets



Rubber Nozzles



Erasers



Rubber Sheet Products



Ducting



Rubber adhesives & coatings



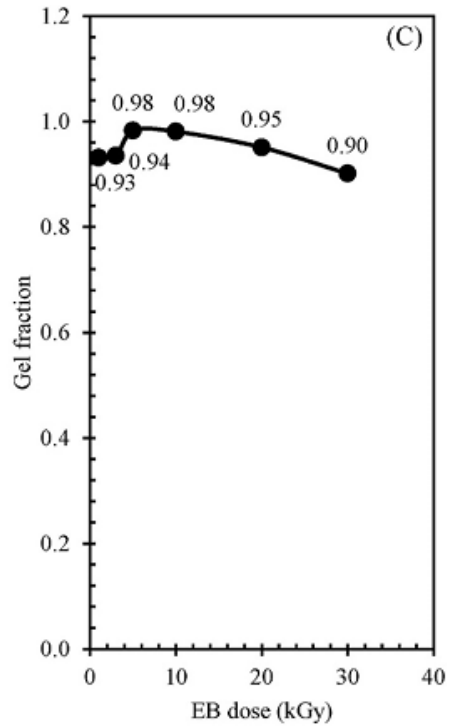
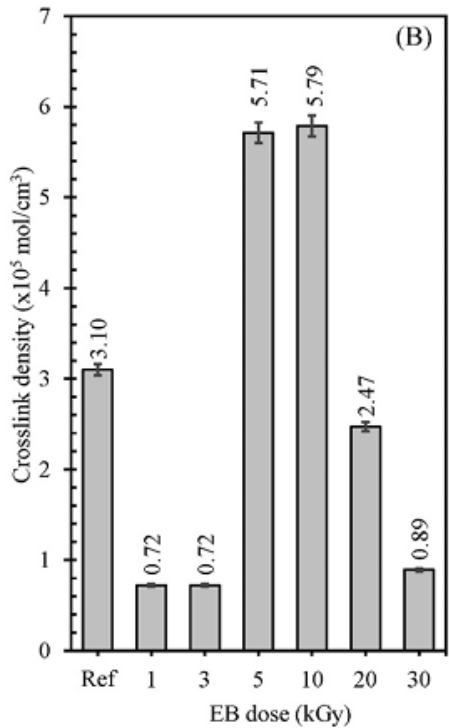
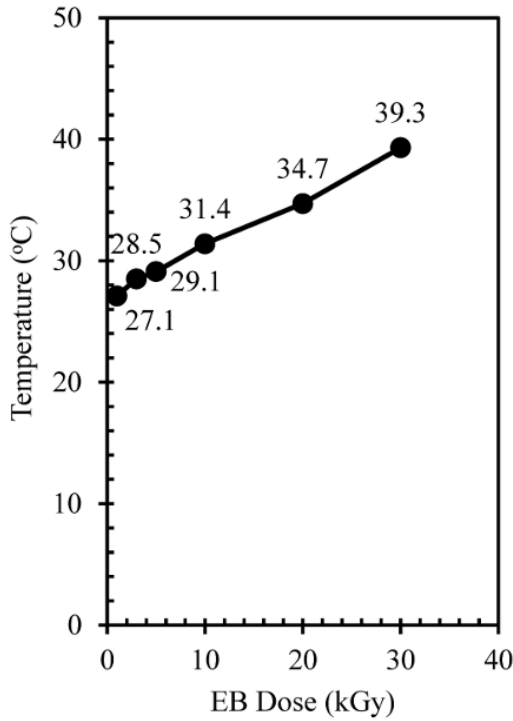
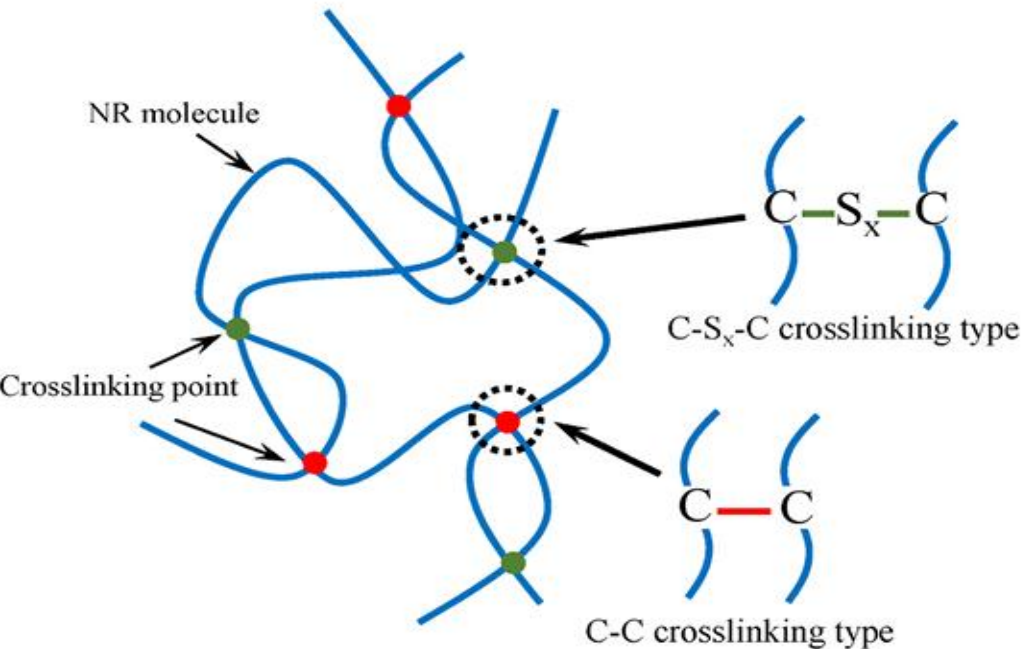
Rubber gloves



Anti-vibration isolation pads

- ❖ Prinsip: pembentukan ikatan silang oleh radiasi
- ❖ Vulkanisasi radiasi tidak memerlukan sulfur untuk mengikat silang lateks
- ❖ bebas dari polutan nitrosamin dan SOx yang bersifat karsinogenik

# Vulkanisasi Radiasi *Natural Rubber Latex*



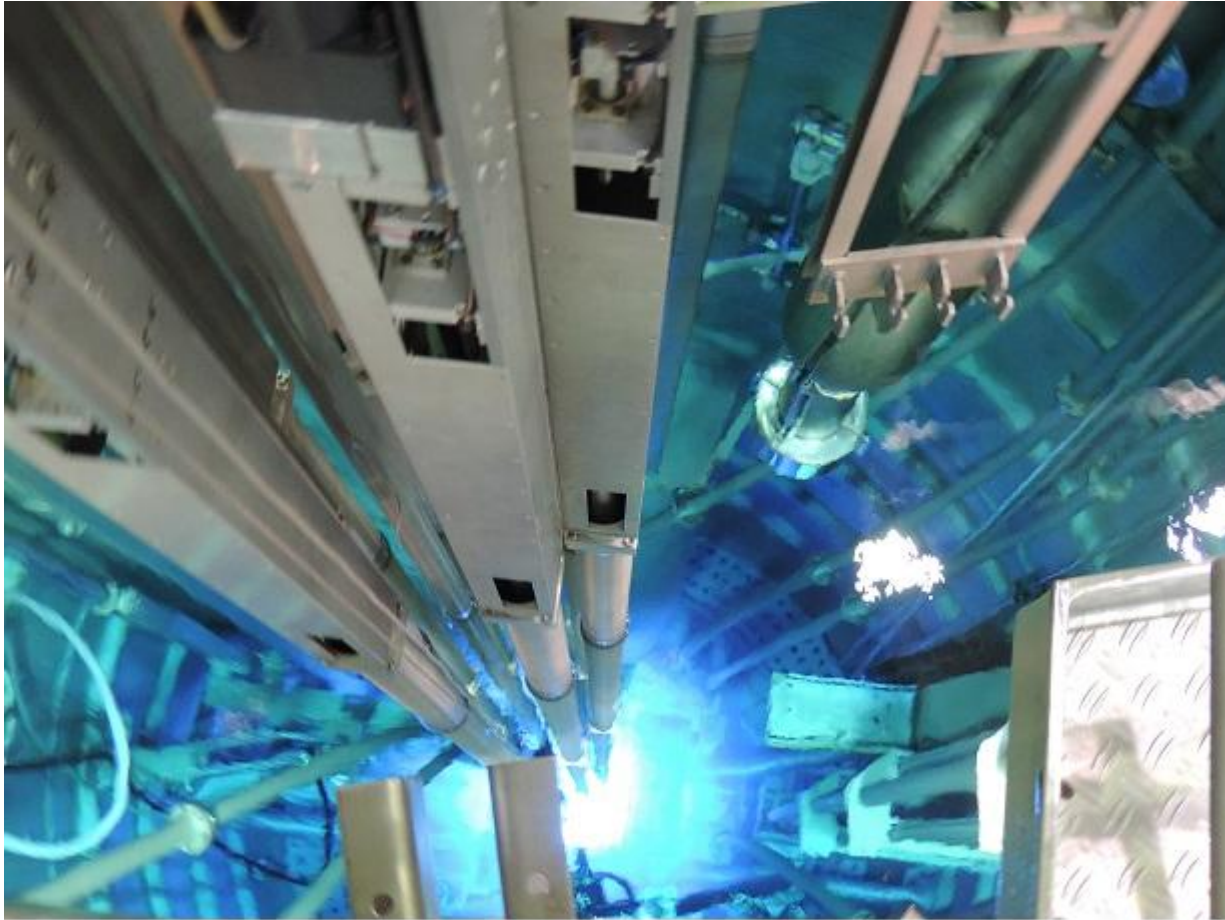
# Kesimpulan



- ❑ **Radiasi Pengion (sinar gamma, sinar X, berkas elektron)** telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang: Pertanian dan pangan, kesehatan dan obat, serta industri dan lingkungan → **Bebas bahan kimia, *environmental friendly***
- ❑ **Aplikasi pada industri pertanian dan pangan:** pengawetan pangan, fitosanitari, pemuliaan tanaman, pengendalian hama serangga
- ❑ **Aplikasi pada bidang kesehatan:** sterilisasi alat kesehatan, pembuatan biomaterial, terapi radiasi, diagnostik/imaging, pembuatan vaksin, dll.
- ❑ **Aplikasi pada bidang Lingkungan dan industri:** pembuatan produk industri (sarung tangan, ban, dll.), degradasi polutan, preservasi benda bersejarah, uji tak rusak, dll.



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL



**TERIMA KASIH**

