

## DISAIN KONSEP RANCANG BANGUN IRADIATOR GAMMA (ISG-500) UNTUK PENGAWETAN HASIL PERTANIAN

S. Budihardjo<sup>1</sup>, Dian F. Atmoko<sup>1</sup>, Syamsurijjal Ramja<sup>1</sup>, Sutomo<sup>1</sup>,  
Pudjijanto MS<sup>2</sup> dan Nada Marnada<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PRPN-BATAN, PUSPIPTEK SERPONG, Tangerang Selatan, 15530

<sup>2</sup> PTRKN\_BATAN, PUSPIPTEK SERPONG, Tangerang Selatan, 15530

<sup>3</sup> PATIR-BATAN, PPTN Pasar Jumat, Jakarta Selatan, 15530

### ABSTRAK

**DISAIN KONSEP RANCANG BANGUN IRADIATOR GAMMA (ISG-500) UNTUK PENGAWETAN HASIL PERTANIAN.** Telah dilaksanakan pembuatan disain konsep irradiator gamma ISG-500 yang akan digunakan untuk pengawetan hasil pertanian. Irradiator gamma yang dirancang adalah irradiator gamma serbaguna dengan aktivitas sumber radiasi yang digunakan sebesar 2x250 kCi Cobalt-60 (Co60). Irradiator gamma ini diusahakan menggunakan bahan-bahan lokal seperti dalam konstruksi struktur bangunan, sistim mekanik dan elektrik serta sistim kontrol pengendalian dalam pengoperasian irradiator. Sumber radiasi Co60 yang digunakan adalah Co60 tipe pensil (C-188 Nordion), bahan struktur bangunan beton mengikuti aturan BAPETEN serta jumlah carier sebanyak 15 buah. Hasil disain konsep ini diharapkan dapat dilanjutkan menjadi disain dasar pada kegiatan yang akan datang

*Kata kunci: disain konsep, rancang bangun, ISG-500, hasil pertanian*

### ABSTRACT

**A CONCEPTUAL DESIGN OF GAMMA IRRADIATOR (ISG-500) FOR PRESERVATION OF FARMING PRODUCT.** A conceptual design of gamma irradiator ISG-500 for a prevention of farming product has beendone. The design of gamma irradiator is multi purpose with the activity of radiation source used at 2x250 kCi cobalt-60. This gamma irradiator will be built by using local materials, such as the building structure construction, the mechanical and electrical systems and for the instrumentation & control syatems. The sources of radiation that will be used is Co60 pencil types (C 188 – Nordion), concrete structured building according to BAPETEN rule and the numbers of carriers that will be used are 15 carriers.

*Keywords: Conseptual disign, engineering, ISG-500, farming product*

### 1. PENDAHULUAN

Irradiator adalah suatu instalasi nuklir yang digunakan dalam proses pengawetan suatu produk seperti hasil pertanian dan hasil olahannya, sterilisasi alat-alat kedokteran dan lain-lain[1]. Ada beberapa jenis atau tipe irradiator yang dipakai untuk pengawetan produk berdasarkan sumber radiasi yang digunakan yaitu irradiator gamma, irradiator sinar-x (bremstrahlung) dan dengan pemercepat electron<sup>[1]</sup>. Pada instalasi irradiator gamma juga dikenal 4 kategori iradiator gamma, yaitu kategori I, II, III dan IV yang dikategorikan berdasarkan batasan volume iradiasi,

tipe basah dan atau tipe kering, besarnya skala<sup>[2,3,4]</sup>.

Beberapa tahun yang lalu ada data dari FAO (Food and Agriculture Organization), ada sekitar 25 % pangan/ hasil-hasil pertanian rusak akibat serangga, bakteri dan binatang lainnya setelah panen, serta 40 % buah-buahan dan sayur mayur di negara China rusak sebelum sampai ke tempat penjualan (pasar). Dan saat ini, di Indonesiapun kita sering mendengar masalah yang sama, yaitu munculnya masalah setelah pasca panen, baik dalam distribusi antar pulau ataupun untuk keperluan ekspor. Salah satu untuk mengatasi masalah tersebut di atas dengan memanfaatkan

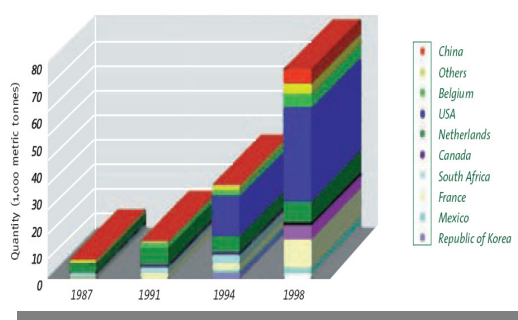
teknik nuklir dalam pengelolaan hasil pertanian/perikanan dan pangan adalah penggunaan sinar gamma untuk meradiasi bahan pangan dan produk-produk pertanian lainnya untuk tujuan pengawetan makanan, atau membunuh hama dan penyakit yang mungkin masih terkandung dalam tanaman untuk tujuan karantina.

Dari data sejarah, pada tahun 1986 Food & Drug Administration (FDA) USA pada tahun 1986 mengizinkan penggunaan iradiator sebagai alat proses pengawet buah-buahan dan sayuran<sup>[5]</sup>. Pada tahun 1987, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, pada tanggal 29 Desember 1987, telah memberikan izin melalui PERMENKES No. : 826/MENKES/PER/XII/1987 untuk beberapa jenis produk bahan pangan iradiasi, yang diperbaharui pada tahun 1995 yaitu PERMENKES No. : 152/MENKES/SK/II/1995 untuk dosis maksimum 10 kGy. Pada tahun 1997, WHO menyatakan iradiator gamma aman untuk digunakan sebagai alat pengawet<sup>[6]</sup> serta pada tahun 2009, MENKES mengeluarkan peraturan No. 701/MENKES/PER/VIII/2009 tentang Pangan Iradiasi<sup>[7]</sup>.

Data lain menyebutkan, lebih 40 negara di dunia dengan jumlah 170 fasilitas iradiasi serta 60 fasilitas digunakan untuk pengawetan makanan, memanfaatkan teknologi iradiator gamma untuk keperluan tersebut dengan jumlah produksi yang diiradiasi semakin meningkat tiap tahun seperti diperlihatkan pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar. 1. Jumlah Negara-negara yang menggunakan/ mempunyai iradiator gamma<sup>[6]</sup>



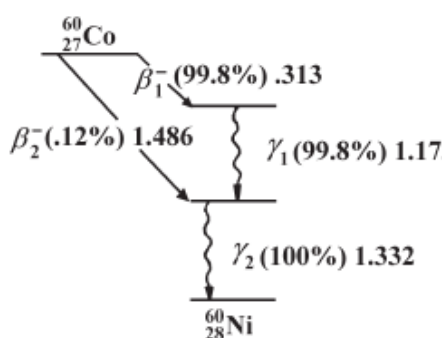
Gambar.2. Jumlah produksi yang diiradiasi di beberapa negara<sup>[10]</sup>.

Fakta-fakta tersebut telah membuka prospek masa depan penggunaan iradiator gamma sebagai alat pengawet pangan/hasil-pertanian / sterilisasi alat kesehatan menjadi lebih besar apalagi di Indonesia baru ada 1 fasilitas iradiasi gamma milik swasta Rel-ion, Cikarang, Bekasi yang dibangun pada tahun 1991. BATAN sendiri juga mempunyai fasilitas iradiasi gamma, yang dimanfaatkan untuk penelitian, yaitu Iradiator IRKA, dan saat ini permintaan layanan iradiasi oleh industri cukup tinggi namun volume produk yang dapat dilayani sangat kecil karena keterbatasan fasilitas yang dimiliki IRKA. Melihat permasalahan ini, ada permintaan dari manajemen dalam hal ini pimpinan BATAN untuk membuat rancang bangun iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian yang multi purpose (selain untuk pengawetan produk pertanian, juga dapat dipakai untuk sterilisasi peralatan kesehatan), tetapi berbiaya murah dalam pembangunan fasilitasnya(dengan meningkatkan kandungan lokal). Untuk itu pimpinan BATAN membentuk sebuah tim lintas satker setingkat eselon II, untuk keperluan merancang suatu iradiator yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan memberikan keuntungan bagi para industri dan sebagai langkah pertama dibuatlah disain konsep ini.

## 2. TEORI

Penggunaan teknologi nuklir yaitu dengan menggunakan iradiasi

sinar gamma sudah banyak digunakan untuk pengawetan hasil pertanian dan hasil olahannya dalam hal, membunuh bakteri pembusuk atau mikroba patogen, membunuh serangga serta dapat menghambat pematangan. Kemampuan sinar gamma berenergi tinggi untuk menerobos masuk ke dalam materi memungkinkan dapat dimanfaatkan untuk tujuan pengawetan hasil pertanian, pasteurisasi dan sterilisasi melalui proses ionisasi atom-atom materi. Karena itu, radiasi sinar- $\gamma$  disebut juga radiasi pengion. Ion-ion bermuatan hasil proses ionisasi dapat merusak molekul-molekul sel, memutus ikatan DNA, dan membunuh atau membuat ketidakmampuan bakteri patogen dan serangga untuk bereplikasi. Pada Irradiator gammadigunakan sumber radiasi Cobalt 60 ( $^{60}\text{Co}$ ) karena mempunyai karakter pancaran energi yang relative besar 1,17 Mev dan 1,33 Mev sehingga daya tembus pada material yang diiradiasi juga lebih besar, skema peluruhannya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar. 3. Skema peluruhan sumber radioaktif Cobalt-60

Material radioaktif Co-60 tidak terdapat di alam namun diproduksi oleh reaktor nuklir sebagai hasil dari reaksi inti nuklir dari Co-59 yang dipasang di target reaktor. Proses untuk menjadi Co-60 relative panjang antara 18 – 24 bulan tergantung besaran aktivitas yang akan dihasilkan.

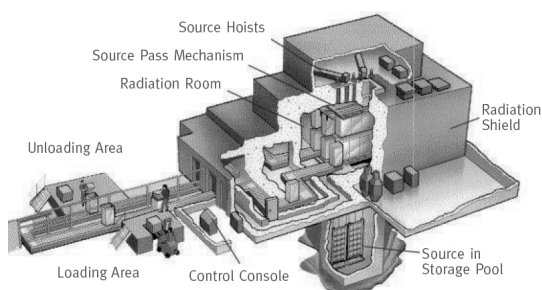
Secara teori, dibandingkan dengan teknologi konvensional yang sudah mulai ditinggalkan di negara maju (Amerika, Jepang), teknologi iradiasi menggunakan sinar gamma memiliki beberapa keunggulan yang antara lain adalah :

1. Prosesnya efektif, yaitu memiliki daya tembus tinggi untuk mencapai target penyinaran;
2. Tidak menimbulkan residu apa pun pada produk yang diiradiasi sehingga aman untuk dikonsumsi;
3. Dapat menggantikan proses fumigasi menggunakan bahan kimia beracun, seperti ethylene oxide;
4. Dapat menggantikan methyl bromide yaitu bahan kimia pencemar lingkungan dan merusak ozone dalam kendali infestasi serangga pada biji-bijian; dan
5. Merupakan proses dingin sehingga tidak mengurangi nutrisi makanan yang diiradiasi.

Sesuai fungsinya, selain produk/hasil pertanian, produk-produk lain yang diiradiasi adalah piranti medik, baik untuk tujuan pasteurisasi maupun sterilisasi. Contoh lain produk-produk yang diiradiasi menggunakan irradiator gamma adalah piranti medis (jarum suntik, kateter), produk pangan (udang, cumi-cumi, ikan, dan bumbu siap pakai), produk farmasi (obat-obatan), produk kosmetik dan rempah-rempah (lada / merica, pala, kemiri, ketumbar, cabe / lombok, brambang / bawang, jahe / kencur / lengkuas), produk herbal (teh herbal, jamu herbal), obat-obatan tradisional (daun kejobeling, ekstrak daun jambu), farmasi (alat kontrasepsi), dan bahan minuman suplemen (amylum).<sup>[8, 9]</sup> Skema atau gambar salah satu irradiator gamma yang digunakan untuk pengawetan hasil pertanian dapat dilihat pada gambar 4. Gambar 4 adalah suatu gambar skema irradiator gamma yang digunakan untuk pengawetan hasil pertanian dan produk olahannya/ makanan yang ada di Viena, Austria<sup>[10]</sup>.

Secara umum proses radiasi suatu produk tergantung pada dosis serap yang diterima produk yang bersangkutan dan atau laju radiasi yang dihasilkan sumber radiasi yang digunakan. Parameter yang mempengaruhi besar kecilnya radiasi yang diterima produk ada faktor, yaitu :

1. faktor besar kecilnya aktivitas sumber radiasi yang dipakai
2. faktor jarak sumber dengan produk yang diiradiasi
3. faktor lama produk di dalam medan radiasi di ruang iradiasi



Gambar.4. Gambar skema instalasi iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian atau produk olahannya/ makanan<sup>[11]</sup>

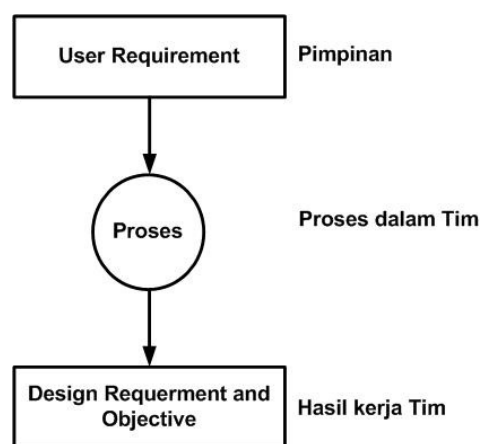
### 3. TATAKERJA (BAHAN DAN METODE) RANCANGAN

Filosofi disain yang diterapkan dalam rancang bangun instalasi iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian ini adalah : hasil pertanian yang di iradiasi menjadi awet dan optimal secara ekonomi, serta jaminan keselamatan dan keamanan ketika proses iradiasi dan instalasi iradiator gamma sedang berlangsung maupun ketika instalasi sedang tidak digunakan (istirahat/maintenance/perbaikan) bagi publik dan operator/pengguna perangkat iradiator gamma tersebut. Dua sasaran utama tersebut, yaitu hasil iradiasi dan keselamatan, merupakan hal yang umum harus dijalankan pada sebuah instalasi nuklir<sup>[11]</sup>.

Pembuatan disain Konsep dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan requirement dari instalasi iradiator yang akan dibuat sebagai user requirement yang berasal dari pimpinan BATAN. User Requirement berisi perihal spesifikasi iradiator gamma yang akan dibuat disesuaikan dengan tujuan serta sasaran akhir dibuatnya perangkat iradiator gamma ini.
2. Dari dokumen requirement tersebut dibuat konsep bekerjanya instalasi iradiator gamma, yang bekerja direncanakan menggunakan aktifitas 2x250 kCi, diungkapkan secara teoritis (Design Requirement and Objective-DRO).
3. Keberadaan disain konsep ini akan membuktikan bahwa requirement yang diinginkan secara teoritis bisa dilaksanakan. Namun demikian, tidak selalu semua yang secara teoritis dapat dilakukan maka secara praktis (praktek) dan atau engineering juga akan dapat diwujudkan.

Secara garis besar pembuatan disain konsep dapat digambarkan pada gambar 5.



Gambar. 5. Skema kerja pembuatan disain konsep

User requirement pimpinan adalah dibuat suatu instalasi iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian yang serbaguna artinya juga dapat dimanfaatkan untuk produk selain

pertanian serta dalam pembangunan konstruksinya dapat lebih murah dibanding dengan iradiator gamma sejenis yang ada di pasaran. Untuk pelaksanaan kegiatan ini dibuat tim pelaksana lintas satker setingkat eselon II di BATAN antara lain PRPN (Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir), PATIR (Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, PTRKN (Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir, PKTN (Pusat Kemitraan Teknologi Nuklir) dan PSJMN (Pusat Standardisasi dan Jaminan Mutu Nuklir)

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari berbagai pertemuan, diskusi, presentasi anggota Tim Rancang bangun iradiator gamma ISG-500 dihasilkan suatu konsep iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian. ISG-500 (Iradiator gamma Serba Guna) adalah iradiator gamma dengan aktivitas sumber Co60 sebesar 2x250 kCi sebagai jawaban untuk instalasi iradiator serbaguna. Sedangkan proses iradiasi suatu barang produk dalam iradiator gamma ISG-500 dapat dilihat pada gambar 6. Dari gambar 6 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Proses iradiasi suatu produk dimulai dari bagian loading – unloading yang merupakan bagian tempat pertama kali barang produk dimasukkan kedalam carrier (IN) yang siap dimasukkan ke ruang iradiasi.
2. Dengan menggunakan conveyor (sistem penggerak target) barang produk tadi dibawa ke ruang iradiasi
3. Jalur conveyor didalam ruang iradiasi dibuat sedemikian sehingga setiap sisi barang produk terkena paparan yang sama.
4. Setelah barang produk diiradiasi akan keluar ke bagian unloading (OUT) sebagai barang produk yang telah diiradiasi.
5. Pergerakan barang produk dari bagian loading (IN), masuk ke ruang

iradiasi sampai ke bagian unloading (OUT), pengaturan lama barang produk berada di dalam ruang iradiasi dikendalikan oleh sistem instrumentasi dan kendali (SIK).

6. Sumber radiasi dimasukan kedalam rak sumber (ada 2 buah) dipasang sejajar, diangkat dari kolam penyimpan sumber saat operasional dan dimasukan ke kolam penyimpan sumber saat tidak dimanfaatkan/ tidak operasional.

Komponen-komponen terbesar dan terpenting dalam instalasi iradiator gamma ISG-500 adalah komponen-komponen yang dipakai dalam sistem mekanik, sistem elektrik, SIK, sistem keselamatan dan konstruksi bangunan dan jenisnya dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1. Komponen-komponen utama iradiator gamma ISG-500

NO	KOMPONEN	JENIS
1.	Sistem Mekanik	sistem penggerak Carrier (konveyor), Sistem Penggerak Rak Sumber, Sistem pemasukan sumber radiasi dan alat lainnya, Sistem Sirkulasi Udara, Sistem Sirkulasi Air (Kolam sumber radiasi), TOTE, CARRIER, RAK SUMBER.
2.	Sistem Elektrik	sistem <i>Power Supply</i> Normal, Sistem <i>Power Supply</i> Darurat, Sistem Distribusi, Sistem Penerangan, Sistem Pentanahan dan Penangkal Petir
3.	Sistem Instrumentasi & Kendali	Sistem <i>Interlock</i> , Sistem Uji Diri Peralatan, Sistem Aktuasi, Sistem Monitoring, Sistem kendali pewartuan dan gerakan carrier,

		Konsul Kendali, Sistem Keamanan
4.	Sistim Keselamatan Radiasi	Hasil perhitungan-perhitungan keselamatan radiasi seperti dipersyaratkan oleh BAPETEN yang berupa Kolam Sumber radiasi Co60, Ruang Iradiasi, Ruang Kontrol
5.	Sistim Bangunan Sipil	bangunan utama dan bangunan penunjang

		atas lantai)
7.	Dimensi Kolam	(5x2x7) m
8.	Kecepatan	7 m / menit (maksimum)
9.	Berat / carrier	1 ton (kurang lebih)
10.	Diameter putaran rel	1,5 m
11.	Jarak antar sumber (as)	1,2 m
12.	Lebar labirin	1,25 m
13.	Sistem Ventilasi	20 kali pertukaran udara per jam atau 0,1 ppm (BAPETEN)
14.	Kerapatan beton shelding	2,4 gr/cm <sup>3</sup>

Hasil disain konsep yang lain adalah spesifikasi teknis (garis besar) irradiator gamma ISG-500 untuk pengawetan hasil pertanian seperti terlihat pada tabel 1. Dari tabel 1 sudah terlihat komponen-komponen mana saja yang dapat diperoleh di pasar local dan dirancang sendiri serta komponen yang memang Sangay tergantung dari produk luar negeri

Tahap berikut yaitu kegiatan setelah terwujudnya disain konsep adalah pembuatan Disain dasar akan membuktikan bahwa konsep teoritis yang dibuat akan dapat dikerjakan (secara praktek/praktis) menggunakan komponen-komponen yang secara prinsip telah ada teknologinya.

Tabel 2. Spesifikasi teknis disain konsep irradiator ISG-500

NO.	SPESIFIKSI	REMARK
1.	Sumber	2x250 kCi (tipe C188-Nordion Canada)
2.	Dimensi rack sumber	(150x100) cm {double rack → (50x50) cm 1 baris 2 tingkat}
3.	Bangunan (didesign)	2 x 250 kCi (multi purpose)
4.	Data sipil yang diperlukan	Lokasi, Data Tanah, Bahan Bangunan, Beton, Karakteristik, dan struktur bangunan (tahan gempa atau tidak)
5.	Dimensi Carrier	(100x70x180) cm (tote 90x60x80) double rack
6.	Dimensi ruang iradiasi	(10,5x13x4) m (untuk posisi 90 cm sumber di

## 5. KESIMPULAN.

Dari kegiatan disain konsep rancang bangun irradiator gamma ISG-500 untuk pengawetan hasil pertanian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Disain konsep irradiator "multipurpose", diwujudkan dalam disain irradiator dengan menggunakan aktivitas sumber Co60 2x250 kCi
- Biaya pembangunan lebih murah dapat terwujud dengan salah satunya adalah diusahakan muatan lokal yang lebih banyak dalam pembangunannya
- Sebagian komponen utama ada yang bisa didapatkan pada pasar dalam negeri
- Sistim Instrumentasi & kendali (khususnya pada perangkat lunak) dapat dibuat sendiri

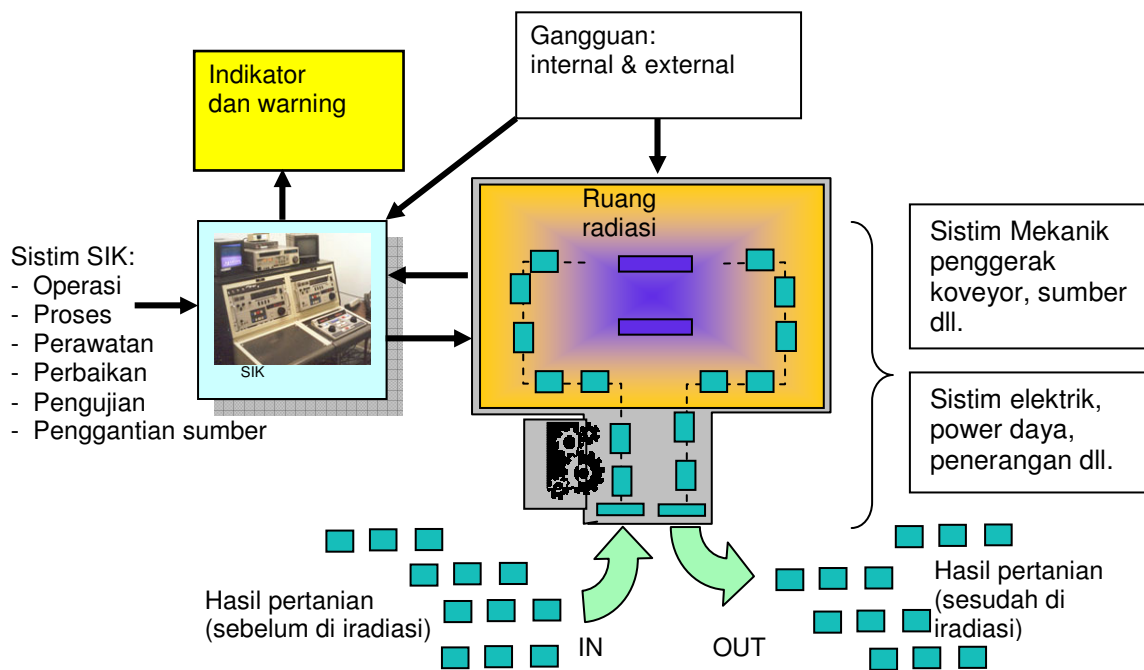
## 6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih pertama kami tujukan ke program blockgrant diknas/program insentif RISTEK Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa sesuai dengan Keputusan Menteri Riset dan Teknologi Republik Indonesia No. 053/M/Kp/II/2010 tanggal 09 Pebruari 2010. Tidak lupa juga kami ucapkan terima kasih untuk semua anggota tim disain radiator gamma untuk pengawet hasil pertanian. Karena terbentuknya laporan teknis ini tidak lepas dari hasil dikskusi semua divisi di dalam tim.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. MAHA M., Prospek Penggunaan Tenaga Kerja Nuklir dalam Bidang Teknologi Pangan, Buletin, Batan, P. 19-28, Jakarta, 1985.
- [2]. ANSI N433.1-1978, "Safe Design and Use of Self-Contained, Dry Storage Gamma Irradiators" American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York (1978).
- [3]. ANSI N43.15-2001 American National Standards, "Safe Design and Use of Self-Contained Wet Source Storage Gamma Irradiators (Category III)" American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York (2001).
- [4]. ANSI N43.10-2001 American National Standards, "Safe Design and Use of Panoramic, Wet Source Storage Gamma Irradiators (Category IV) and Dry Source Storage Gamma Irradiators (Category II)" American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York (2001).
- [5]. Health Physics Society., Food Irradiation., [www.hps.org/documents/foodirradiation.pdf](http://www.hps.org/documents/foodirradiation.pdf)., di-access tanggal 19 Februari 2009.
- [6]. WHO. "Food Irradiation – Skay's the limit. Press Release WHO/68", P. 2, 19 September 1972.
- [7]. PERMENKES No. 701/MENKES/PER/VIII/2009 tentang Pangan Iradiasi, Jakarta, 2009
- [8]. Situs-antarjaring dari Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) BATAN, Jl. Cinere Pasar Jumat, Kotak Pos 7002 JKSKL Jakarta 12070, Telp. 062-021-7690709, <http://www.batan.go.id/patir/> + komunikasi pribadi.
- [9]. Situs-antarjaring dari PT "Rel-Ion Sterilization Services", Zona Industri Ganda Mekar, Cibitung, Bekasi 17520, Telp. 62-21-8836 3788 (hunting), Fax.: 62-21 8836 3729; 62-21-8832 1246, <http://www.rel-ion.com> + komunikasi pribadi.
- [10]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Food\\_irradiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Food_irradiation), di-access tanggal 19 Februari 2009.
- [11]. ICGFI., Fact about Food Irradiation., Vienna, Austria 1999., [www.iaea.org/programmes/nafa/d5/public/foodirradiation.pdf](http://www.iaea.org/programmes/nafa/d5/public/foodirradiation.pdf). di-access tgl 19 Februari 2009.
- [12]. IAEA., Nuclear Power Plant Instrumentation and Control: A Guide Book., Technical Reports Series No. 239., Vienna, 1984.
- [13]. Suntoro A, Rancang Bangun Sistem Mekanik, Elektrik, Instrumentasi & Kendali Irradiator Gamma Untuk Pengawetan Hasil Pertanian, Proposal Blokgrand Diknas (unpublished) , PRPN, Serpong, 2009.

7. LAMPIRAN



Gambar 6. Disain konsep instalasi irradiator gamma ISG-500<sup>[13]</sup>.