

SISTEM REAKTOR NON DAYA

oleh : Sunarko

PELATIHAN TEKNISI DAN SUPERVISOR PERAWATAN REAKTOR NON DAYA
DIREKTORAT PENGEMBANGAN KOMPETENSI
INSTALASI REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY
TAHUN 2025

TUJUAN PEMBELAJARAN :

KOMPETENSI DASAR :

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta dapat memahami tentang Reaktor Non Daya (RND)

INDUKATOR KEBERHASILAN:

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta dapat:

- Menyebutkan jenis-jenis Reaktor Non Daya
- Mengetahui komponen-komponen utama RND
- Menyebutkan fungsi RND

PENDAHULUAN

Reaktor ?

tempat berlangsungnya **reaksi**

Reaktor Nuklir?

tempat berlangsungnya **reaksi**
pembelahan inti (nuklir) yang
terkendali

REAKTOR BERDASARKAN FUNGSI

DPK-BRIN

1. Reaktor Daya

Reaktor nuklir yang dirancang untuk reaksi fisi terkendali di dalam teras reaktor yang menghasilkan panas dalam jumlah besar, proses berikut mengubah panas menjadi energi listrik.

2. Reaktor Non Daya (RND)

Reaktor nuklir yang dirancang untuk reaksi fisi terkendali di dalam teras reaktor yang menghasilkan neutron dalam jumlah besar, dan dimanfaatkan untuk pelatihan dan penelitian bidang fisika, kimia, medis/kedokteran, industri, forensic dst.

JENIS-JENIS RND

1. Reaktor Riset (Research Reactor)

- ▶ Digunakan untuk penelitian ilmiah, produksi radioisotop, dan pelatihan.
- ▶ Biasanya beroperasi pada daya rendah dibandingkan dengan reaktor daya.
- ▶ Contoh: Reaktor TRIGA, Reaktor MPR-30 di Indonesia.

2. Reaktor Produksi Isotop

- ▶ Dirancang khusus untuk menghasilkan isotop yang digunakan dalam bidang medis, industri, dan pertanian.
- ▶ Contoh: Reaktor OPAL (Australia) untuk produksi Mo-99 (digunakan dalam kedokteran nuklir).

3. Reaktor Uji Bahan Bakar (Material Testing Reactor, MTR)

- Digunakan untuk menguji bahan bakar nuklir dan material lain yang digunakan dalam lingkungan radiasi tinggi.
- Contoh: Reaktor ATR (Advanced Test Reactor) di AS.

4. Reaktor Pendidikan dan Pelatihan

- Digunakan oleh universitas atau lembaga pelatihan untuk mendidik mahasiswa dan operator reaktor.
- Biasanya berdaya sangat rendah dan beroperasi dalam kondisi aman.
- Contoh: Reaktor TRIGA di beberapa universitas di dunia.

5. Reaktor Reproduksi Cepat (Fast Breeder Test Reactor, FBTR)

- ▶ Digunakan untuk penelitian reaktor pembiak cepat, yang dapat menghasilkan lebih banyak bahan bakar nuklir daripada yang dikonsumsi.
- ▶ Contoh: FBTR di India.

6. Reaktor Subkritik (Subcritical Reactor)

- ▶ Tidak dapat mempertahankan reaksi berantai sendiri tanpa adanya sumber neutron eksternal.
- ▶ Sering digunakan dalam penelitian dan pendidikan untuk memahami fisi nuklir dengan lebih aman.

RND INDONESIA

**TRIGA Mark II,
bahan bakar
UZrH 19,75%.**

**Daya 100 kW -
250 kW**

**Daya 250 kW –
2 MW**



**Bahan Bakar Oksida (U_3O_8AL), LEU
(19,75%).
1999 diganti bahan bakar Silisida (U_3Si_2AL),
(Silisida penuh tahun 2003)**

KOMPONEN-KOMPONEN RND

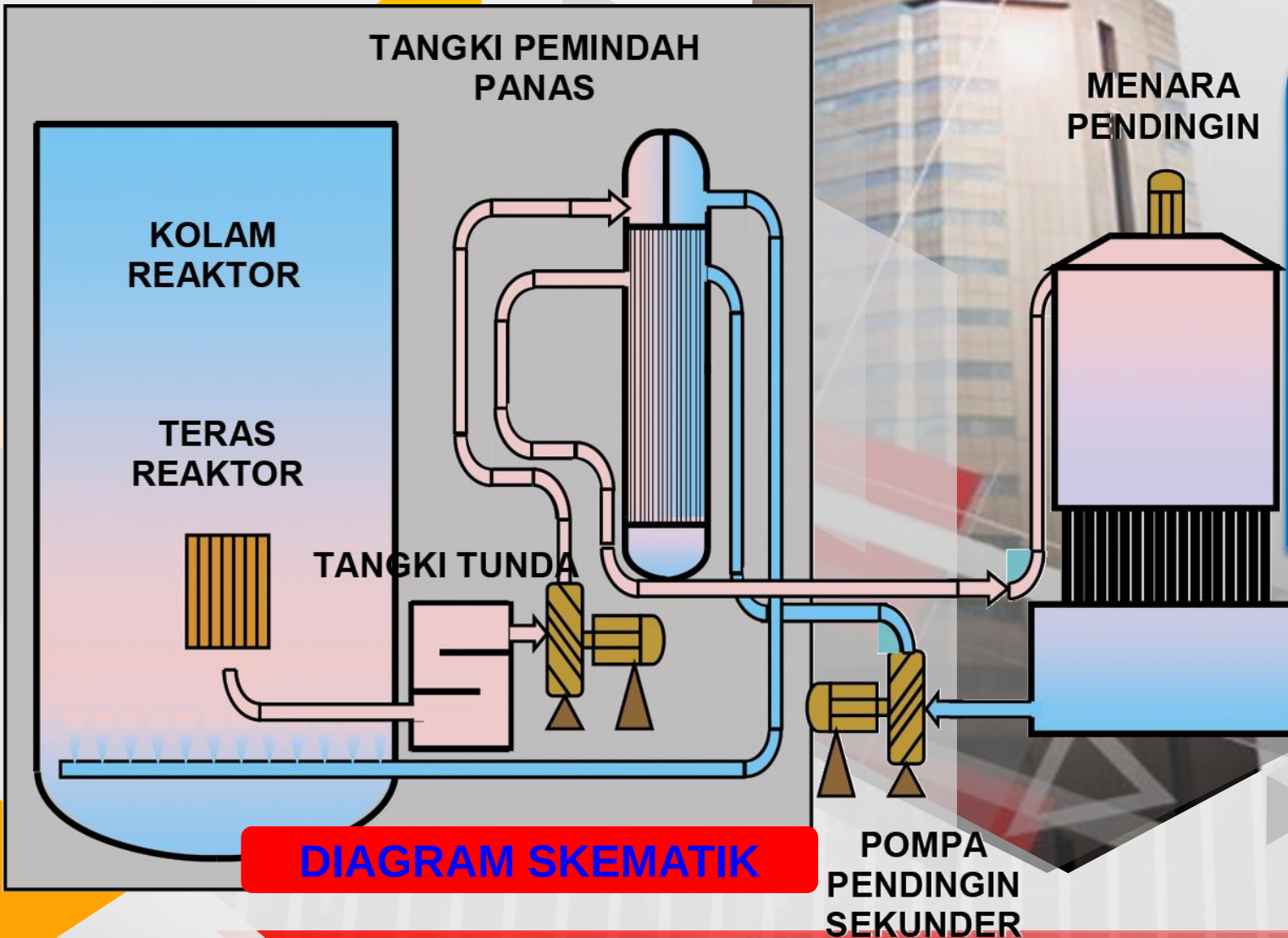


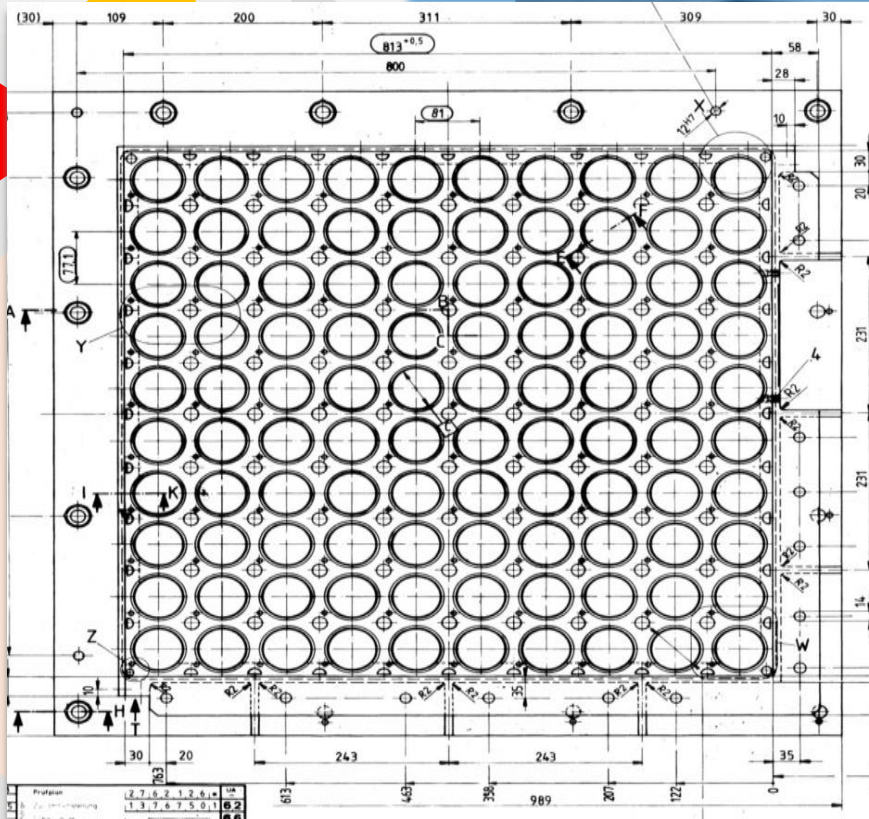
DIAGRAM SKEMATIK

- KOLAM REAKTOR
- TERAS REAKTOR
- TANGKI TUNDA
- TANGKI PEMINDAH PANAS
- SISTEM PENDINGIN PRIMER
- SISTEM PENDINGIN SEKUNDER

KOLAM REAKTOR RSG-GAS

REAKTOR TIPE KOLAM
PENDINGIN H₂O

TERAS REAKTOR



Beryllium Block & 8 Beryllium Element

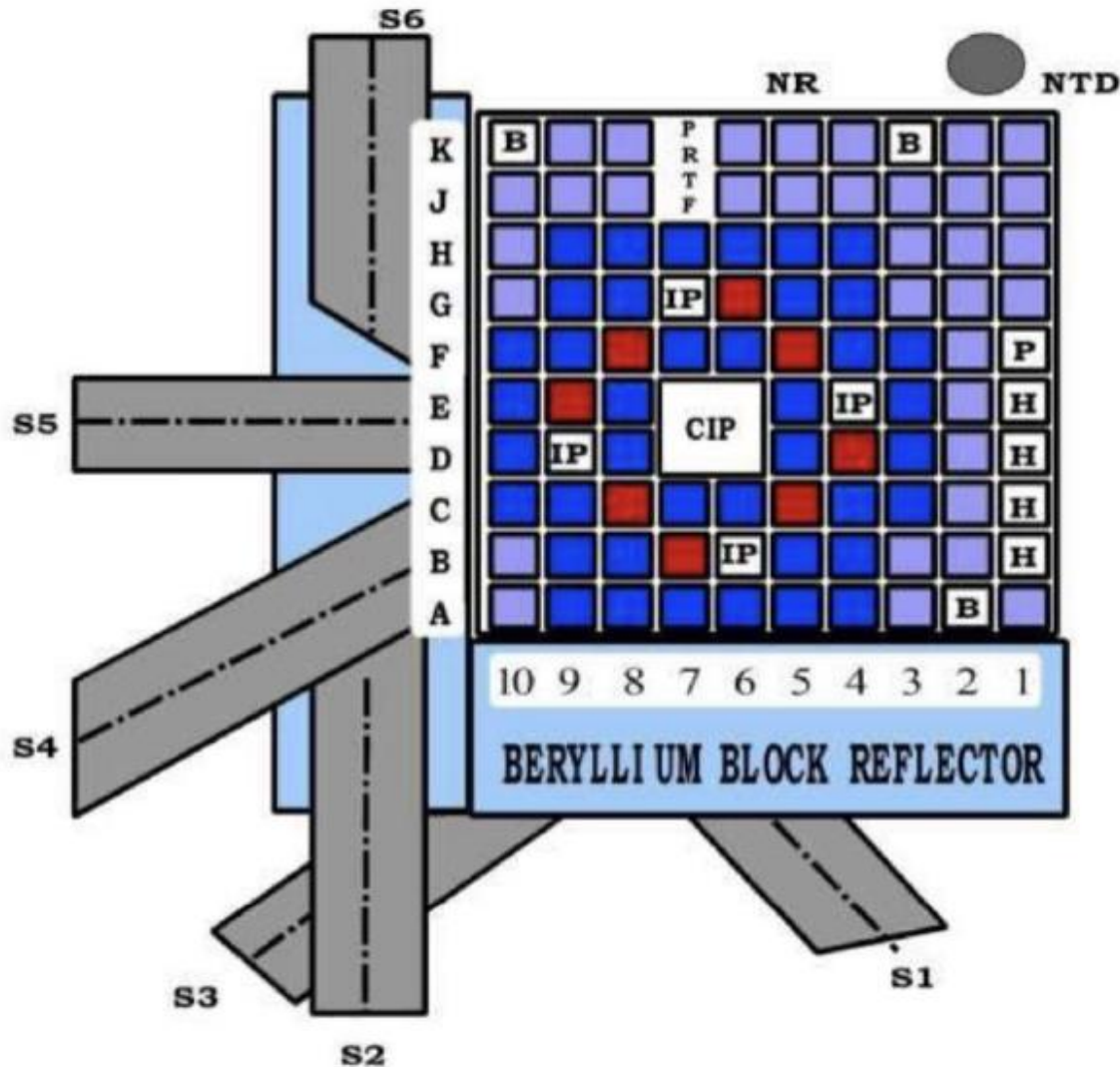
Neutron Beam Tube Berjumlah 6

Berfungsi sebagai Saluran Neutron

Sebagai Dudukan Komponen Teras

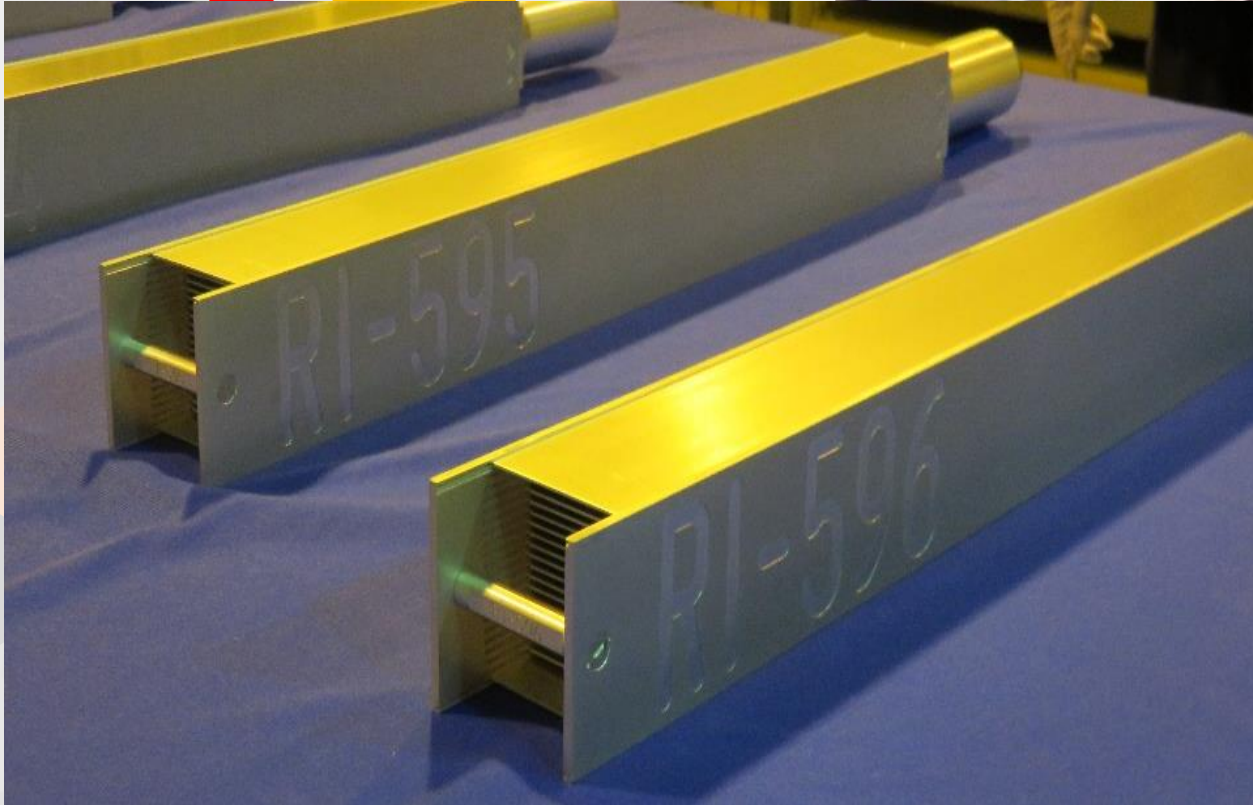
Posisi 10 x 10

KONFIGURASI TERAS RSG-GAS



40 FUEL ELEMENT
8 CONTROL ELEMENT
4 CIP
4 IP
36 B/BS
2 PRTF
5 SISTEM RABBIT
1 NS

FUEL ELEMENT & CONTROL ELEMENT



***Fuel Element* (Elemen Bakar Standar)**

Terdapat 21 Pelat Elemen Bakar

***Fitting* pada Ujung Bawah**

Pegangan di Bagian Atas

***Control Element* (Elemen Bakar Kendali)**

Terdapat 15 Pelat Elemen Bakar

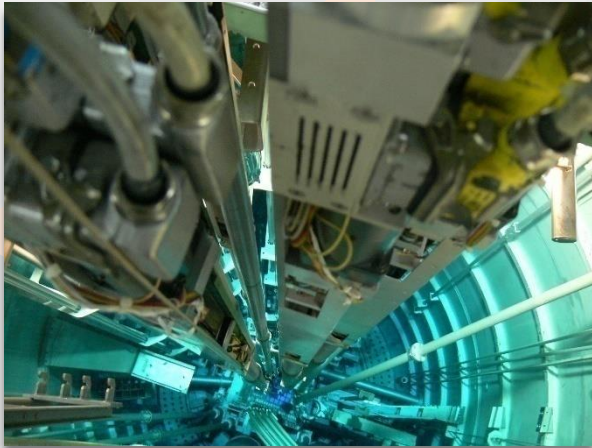
***Space* untuk Garpu Penyerap**

***Fitting* pada Ujung Bawah**

SISTEM KENDALI REAKTIVITAS

Sistem kendali reaktivitas berfungsi:

- Untuk menyediakan kendali mempertahankan daya reaktor;
- Untuk memadamkan reaktor dan mempertahankan kondisi sub-kritis;
- Untuk membatasi masuknya reaktivitas;
- Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada teras reaktor karena efek reaktivitas;
- Untuk mencegah urutan pengoperasian batang kendali yang tidak tepat dengan cara *interlock*; dan
- Untuk mempertahankan daya reaktor secara otomatis pada tingkat daya yang dipilih oleh operator.



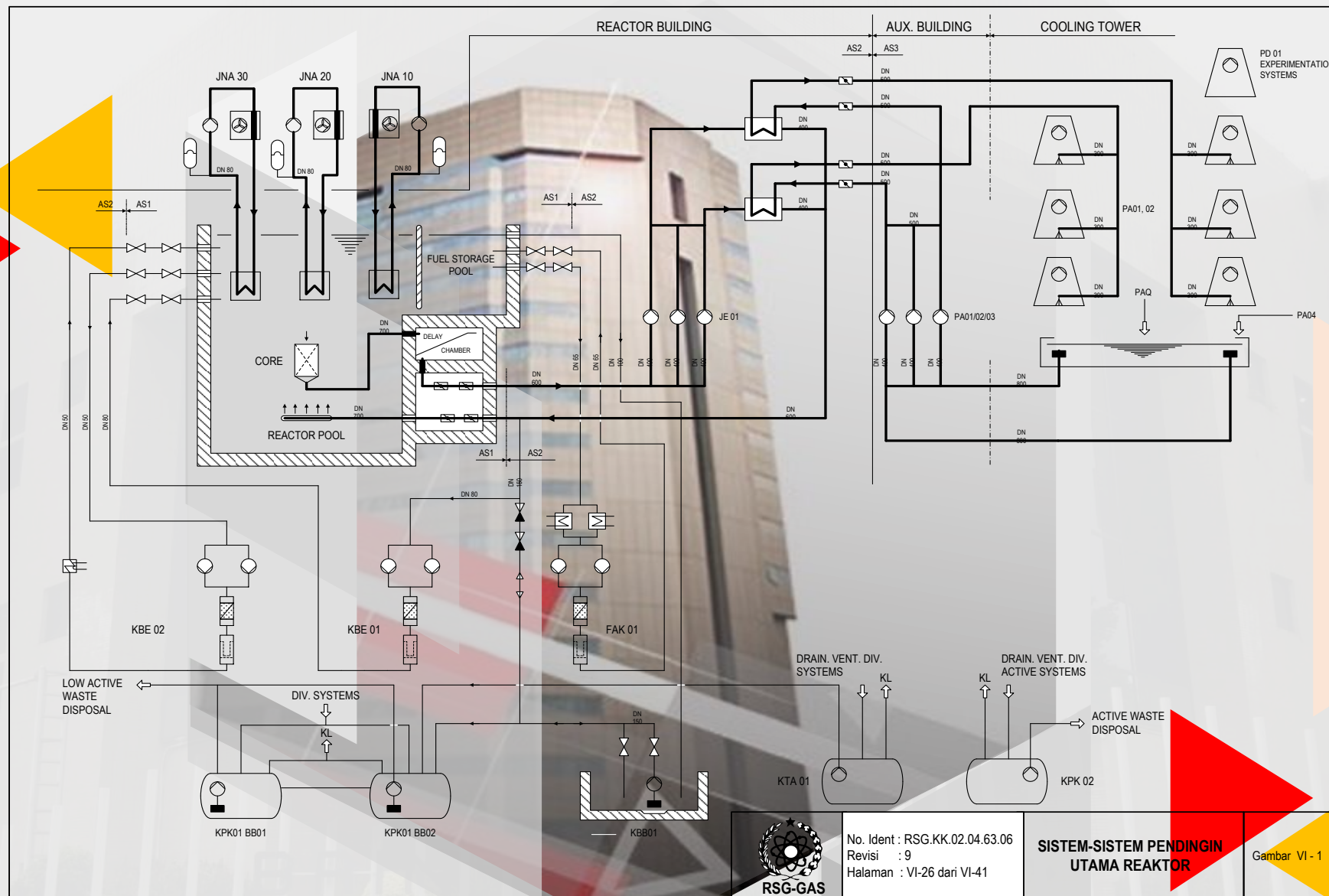


DIAGRAM SKEMA PENDINGIN RND

TANGKI TUNDA/DELAY CHAMBER

Terdiri dari pelat-pelat penghalang untuk memperlambat aliran pendingin (50 detik)

Berfungsi untuk peluruhan isotop N-16 (waktu paroh 7,2 detik)

HEAT EXCHANGER

Jumlah Heat Exchanger 2 x 50%

Kapasitas Penukar Panas 16.200 kW

Tipe Heat Exchanger *Shell and Tube*

Heat Exchanger dipasang pada posisi vertikal

Air pendingin primer mengalir pada sisi *Shell* (di sekeliling pipa-pipa)

SISTEM PENDINGIN PRIMER

- SEBAGAI PENDINGIN TERAS SAAT OPERASI
- PANAS YANG DIPINDAHKAN 32.400 KW
- LAJU ALIR MASA TOTAL 860 kg/detik
- SUHU INLET 40,2 DEG
- SUHU OUTLET 48,9 DEG

POMPA PENDINGIN PRIMER

Jumlah pompa 3 x 50%

Tipe pompa Centrifugal, Single Stage

Laju alir tiap pompa 1.570 m³/jam

Dilengkapi dengan *FlyWhell*

SISTEM PENDINGIN SEKUNDER



- Komponen utama (Pompa, Pipa, Katup-katup, *Heat Exchanger*, Menara Pendingin/*Cooling Tower*, Instalasi pembersih pipa penukar panas);
- Beban pengambilan panas nominal 38.000 kW;
- Laju alir massa masing-masing HE 485kg/detik;
- Suhu desain udara luar 28 °C;
- Suhu *inlet/outlet* 32 °C / 40 °C (daya penuh);

POMPA PENDINGIN SEKUNDER

POMPA PENDINGIN SEKUNDER

Jumlah pompa 3 x 50%

Tipe pompa Sentrifugal, 1 Tingkat

Laju alir tiap pompa 1.950 m³/jam

Air pendingin sekunder mengalir di sisi
Tube pada *Heat Exchanger*

KATUP-KATUP & PIPA

Pipa dan katup yang berada di dalam
gedung reaktor terbuat dari Baja
Tahan Karat

Pipa yang dipasang di luar gedung
reaktor terbuat dari Baja Karbon

MENARA PENDINGIN

MENARA PENDINGIN (*COOLING TOWER*)

Jumlah Unit Paralel 2 x 50%

Kapasitas Desain 33.000 kW

Jumlah modul total 6 (ditambah 1 modul eksperimen)

Kapasitas per modul 5500 kW

Laju alir tiap modul 650 m³/jam

INSTALASI PEMBERSIH PIPA-PIPA PENUKAR PANAS

Berguna untuk membersihkan bagian dalam pipa-pipa (*tube*) HE

Dihubungkan dengan pipa air pendingin sekunder menuju dan kembali dari HE

Pembersihan dilakukan dengan bola-bola spon

SISTEM PENDINGIN KOLAM

Jumlah 3 Jalur (bersifat Independen dan Redundansi)

Terdiri dari Pompa sirkulasi, Sistem pendingin dengan koveksi alam (bagian terendam di dalam kolam) dan Sistem pendingin dengan konveksi paksa (panas dibuang ke atmosfer oleh blower)

Kapasitas panas masing-masing jalur 63 kW

Dioperasikan manual dari RKU dan RKD

Mengambil panas peluruhan sisa apabila pendingin utama reaktor tidak tersedia

Menurunkan panas jangka panjang setelah fase pertama pembungan panas dilakukan oleh pendingin utama (misal selama penanganan elemen bakar)

SISTEM PENUNJANG

SISTEM PENYIMPANAN DAN
PENANGANAN ELEMEN BAKAR

SISTEM AIR

SISTEM BANTU PROSES

SISTEM VENTILASI, PENGKONDISI &
PENDINGIN UDARA

SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN

SISTEM BANTU LAIN

SISTEM CATU DAYA

SISTEM PENYIMPANAN DAN PENANGANAN ELEMEN BAKAR



Penyimpanan Elemen Bakar Segar:

- 160 posisi elemen
- Penempatan diatur sehingga tidak terjadi kekritisasi nuklir

Penyimpanan Elemen Bakar Teriradiasi:

1. Intermediate Rak (18 posisi EB & 2 posisi EK)
2. Rak penyimpanan di kolam penyimpanan EB Teriradiasi:
 - 2 rak masing-masing 150 posisi;
 - Terdapat lembaran cadmium antara EB dan tepi rak agar selalu dalam kondisi sub kritis.

SISTEM PENYIMPANAN DAN PENANGANAN ELEMEN BAKAR

Sistem Purifikasi dan Pendingin Kolam Penyimpanan EB Teriradiasi:

- Guna menjaga mutu air dan mengendalikan suhu air kolam $< 40^{\circ}\text{C}$,
- Mampu memindahkan daya termal maksimum 65 kW,
- Menangkap produk aktivasi (Filter Penukar Ion) dan pengotor mekanik (Filter Mekanik) dari air kolam,
- Mengambil panas peluruhan dari EB Bekas,
- Kapasitas aliran $20 \text{ m}^3/\text{h}$,
- Terdapat 2 Penukar Panas/HE (air dingin dipasok dari chiller sistem ventilasi).



SISTEM PENYIMPANAN DAN PENANGANAN ELEMEN BAKAR



Fasilitas Penanganan Elemen Teras, Peralatan dan Asesori:

- Jembatan Geser,
- Jembatan Tetap,
- Rak Pembawa,
- Pengait Elemen Teras (*Handling Tools*),
- *Hot Cell*,
- *Sel Penanganan Isotop*,

SISTEM AIR



Air Proses:

- Fasilitas reaktor memerlukan 100 m³/h air proses (operasi beban penuh),
- Penambahan sistem pendingin sekunder,
- Penyedia air untuk sistem air bebas mineral,
- Volume kolam air proses 100 m³,
- Terdapat 2 pompa redundan di kolam air proses (kapasitas masing-masing 100 m³/h).

SISTEM AIR



Sistem Air Bebas Mineral:

- Diperlukan untuk pengisian air kolam reaktor dan sistem primer, kolam penyimpan elemen bakar dan sistem lain yang terkait,
- Selama reaktor operasi air bebas mineral ditambahkan untuk mengkompensasi kehilangan oleh penguapan, drainase, venting dll,
- Sistem pengolahan air bebas mineral berada di gedung bantu,
- Sistem pengolahan air bebas mineral terdiri dari 2 jalur paralel,
- Sistem pengolahan terdiri dari pompa air proses, filter awal, penukar cation, penukar anion, penukar mixed-bed, saringan resin, dan tangki penampungan air bebas mineral.

SISTEM BANTU PROSES

Sistem Penyedia dan Distribusi Udara Tekan:

- Kapasitas maksimum 245 Nm³/h,
- Tekanan nominal 6 bar pada sistem distribusi,
- Terdiri dari 2 kompresor, pengering dan penyaring dengan kapasitas masing-masing 50%,
- Udara kering ditampung dalam tangki sebanyak 2 m³,
- Dimanfaatkan untuk mengisi seal sekat pemisah kolam, fasilitas eksperimen (*hot cell*, *rabbit system*, neutron radiografi).

Sistem Penampungan Limbah Cair Radioaktif:

SISTEM BANTU PROSES

Sistem Penampungan Limbah Cair Radioaktif:

- Limbah cair aktivitas rendah (sistem KPK01) dan aktivitas menengah (sistem KPK02),
- Limbah cair aktivitas menengah (sistem beam tube, sistem purifikasi dan sistem pemindah resin),
- Limbah cair aktivitas rendah (Sistem drainase kolam, sistem drainasi komponen primer, drainase lantai gedung, air bekas cucian/dekontaminasi dan sistem ventilasi)

Sistem Penampungan Limbah Cair Radioaktif:

SISTEM BANTU PROSES

Sistem Drainase Kolam (KBB01)

Sistem Drainase Komponen Primer (KTA01)

Sistem Drainase Lantai (KTF01)

Sistem Pengisi Air Tabung Berkas/Beam Tube (KWA)

**SISTEM VENTILASI,
PENGKONDISI DAN
PENDINGIN UDARA**

**Sistem Sirkulasi Udara Ruang Kendali
darurat (KLD 10/20/30)**

**Sistem Air Pendingin yang Tidak
Langsung Berhubungan dengan
Keselamatan (QKJ01-04):**

- Sistem Ventilasi Daerah Radiasi Menengah (KLA),
- KLA 31 Balai Operasi
- KLA 32 Balai eksperimen
- KLA 33 Ruang Bantu
- KLA 34 Primary Cell
- KLA 70 Hot Cell

**Sistem Air Pendingin yang
Berhubungan dengan Keselamatan
(QKJ10/20/30):**

- Sistem Ventilasi Daerah radiasi rendah (KLE31/31/33/34)

SISTEM PROTEKSI KEBARAKAN DAN SISTEM BANTU LAINNYA

Sistem Proteksi Kebarakaran

Sistem Bantu Lainnya:

- Sistem Penerangan,
- Sistem Komunikasi,
- Sistem Kamera (CCTV),
- Sistem Radio/telepon.

CATU DAYA LISTRIK

CATU DAYA AC NORMAL (PLN)

CATU DAYA AC DARURAT:
▪ 3 Buah Diesel BRV10/20/30

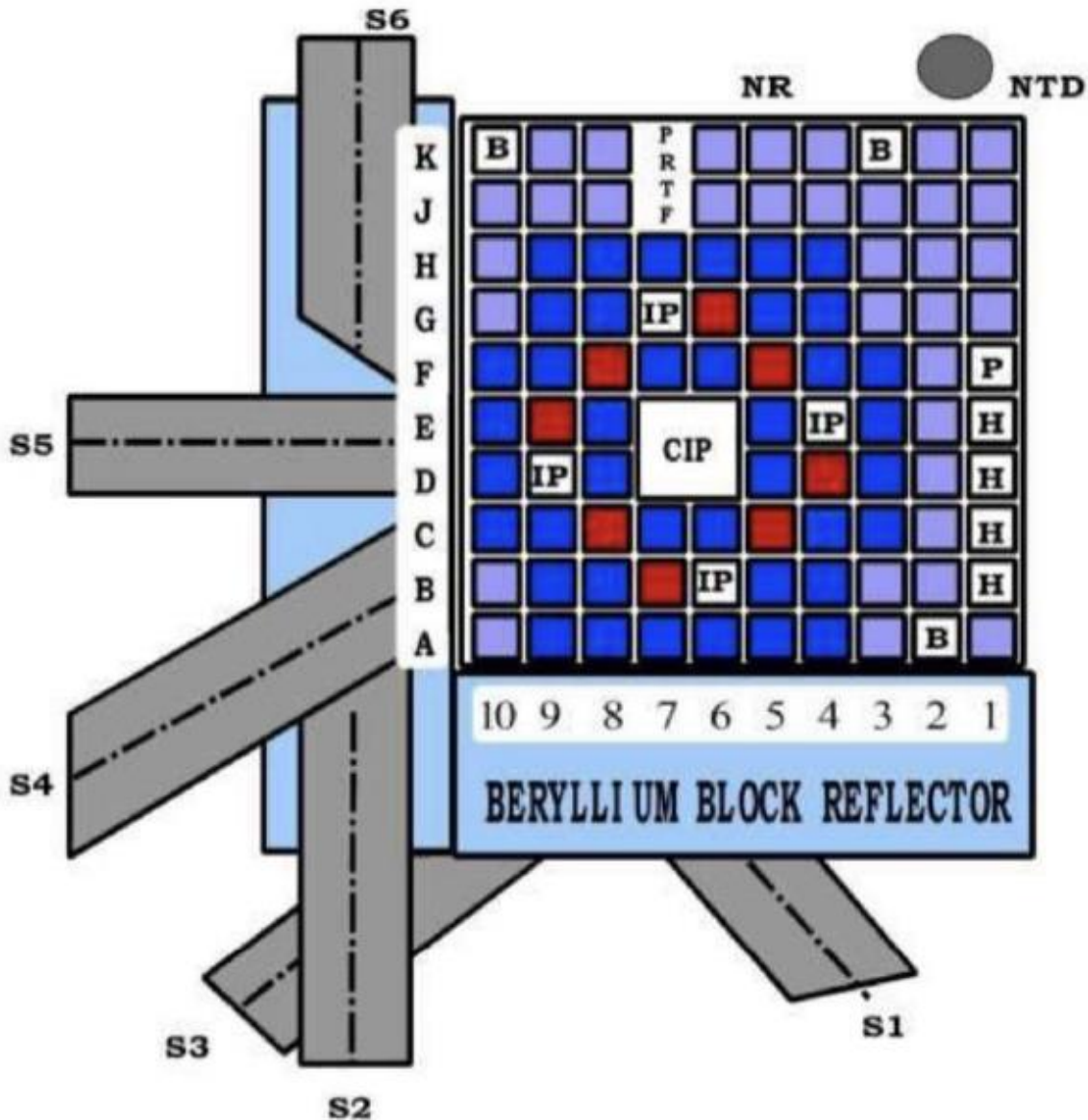
CATU DAYA TAK PUTUS (UPS)

Utilisasi adalah penggunaan instalasi nuklir, penggunaan eksperimen atau penggunaan peralatan eksperimen selama operasi instalasi nuklir.

Fasilitas-Fasilitas RSG-GAS digunakan untuk penelitian dibidang teknologi nuklir, iradiasi target, produksi radioisotop, penelitian material.

Fasilitas untuk iradiasi target yaitu Fasilitas CIP, Fasilitas IP, Fasilitas PRTF, Fasilitas Sistem Rabbit dan Fasilitas Silikon Doping. (*In Core & Out Core*).

Penggunaan dan Pengoperasian fasilitas iradiasi ini dibawah tanggung jawab Manajer Operasi dan Perawatan Reaktor – Ketua Tim IRSG-DPFK.



FLUKS NEUTRON TERMAL
 $2 \times 10^{14} \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{det})$

(CIP), CIP: D6, D7, E6, dan E7

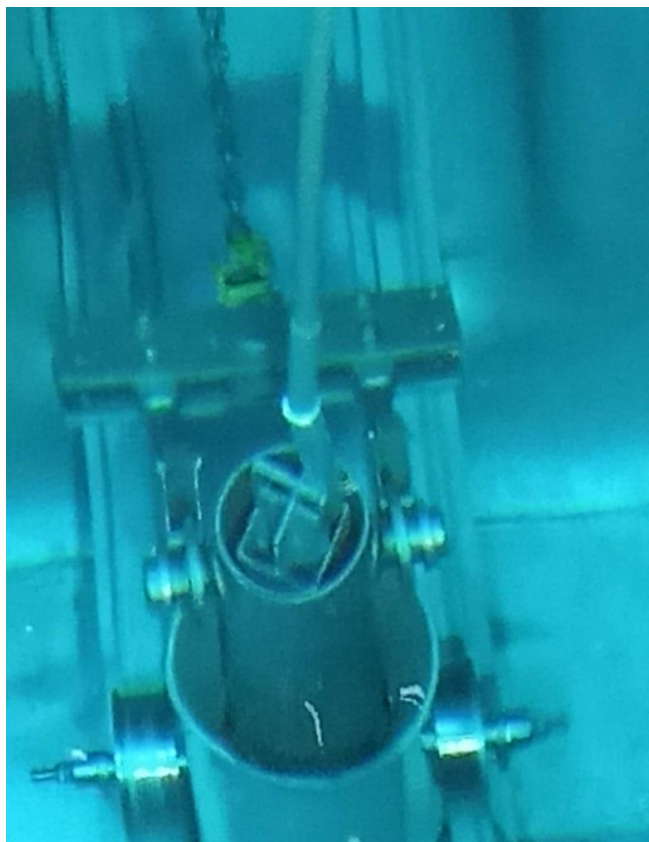
(IP) B6, D9, E4, dan G7

Sistem Rabbit (JBB01-05)

Power Ramp Test Facility (PRTF)

Neutron Transmutation Doping (NTD)

Beam Tube (S1-S6)



*Handling kapsul
target*



Hotcell dan manipulator



Isotope cell



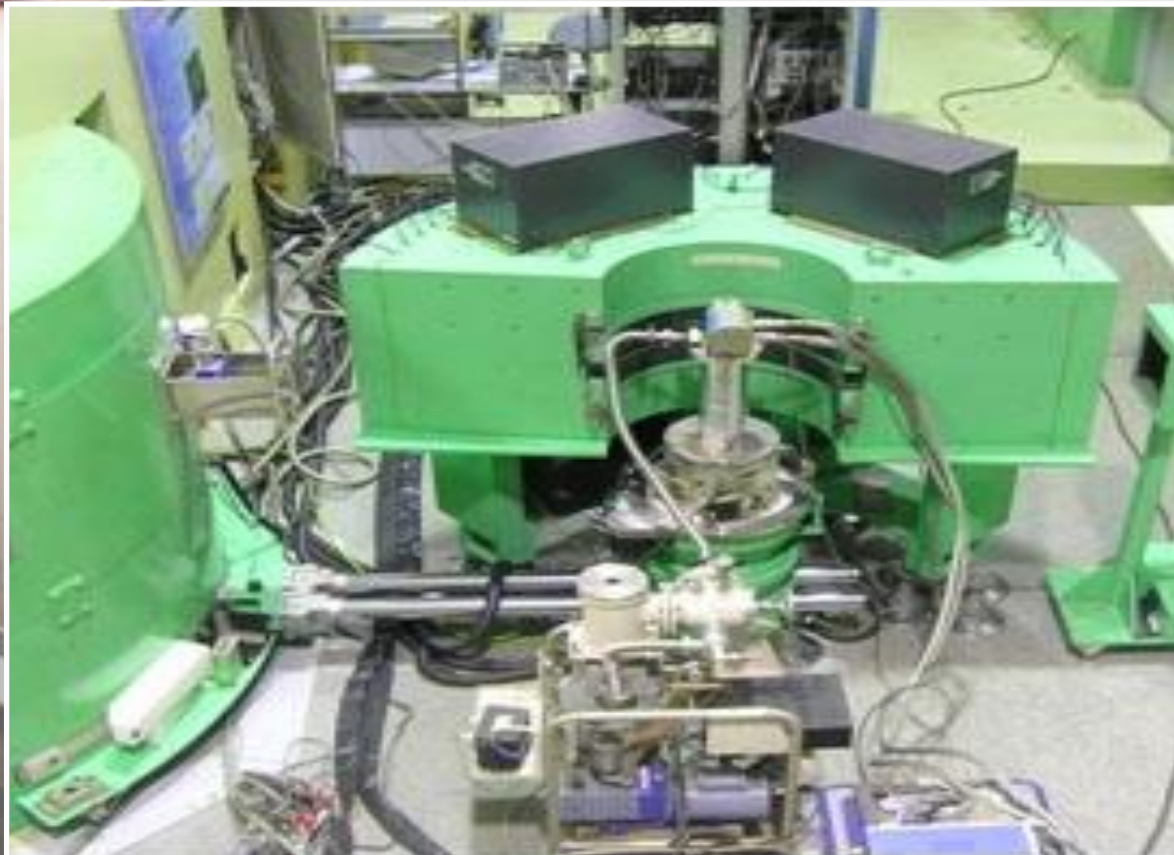
Pintu Isotope cell



Lab. AAN



Panel Kendali PRTF



Difraktometri

PEMANFAATAN UTILISASI



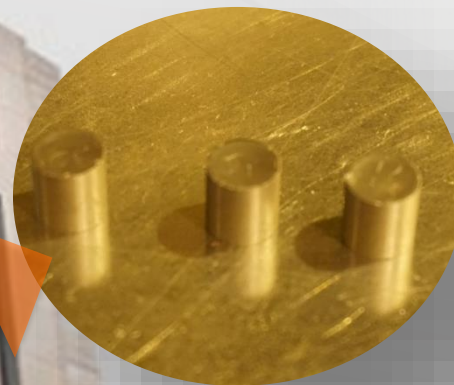
Produksi Isotop medis



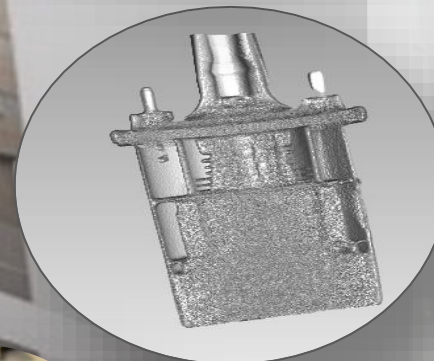
Pendidikan/Pelatihan



Pewarnaan Batu
Mulia/Topaz



Riset Bahan Bakar
PLTN



Analisis Material
defraktometri



AAN/Analisis
nuklida

Analisis Bahan

SYARAT MATERIAL/BAHAN IRADIASI



**Bahan yang tidak
dijijinkan untuk
eksperimen di
RSG-GAS**

Bahan eksplosif

Bahan korosif

Bahan beracun

Gas H₂

Asam kuat

SYARAT MATERIAL/BAHAN IRADIASI



Persyaratan Bahan Konstruksi Untuk Eksperimen di RSG-GAS

Serapan Neutron Rendah

Stabil Dalam Lingkungan Radiasi dan Suhu Tinggi

Kekuatan Mekanis Baik

Tahan Korosi

Daya Hantar panas Baik

Reaktor Non Daya (RND) dibangun berdasarkan fungsi/manfaat yang akan diambil seperti pelatihan/pendidikan, penelitian bidang fisika, kimia, kedokteran, forensic, pengembangan teknologi, uji material, dan produksi isotop.

EVALUASI

1. Sebutkan komponen-komponen utama RND!
2. Sebutkan pemanfaatan yang sudah dilaksanakan pada RND (MPR-30)!

1. Komponen-komponen utama RND :

- Kolam Reaktor
- Teras Reaktor
- Tangki Tunda
- Tangki Pemindah Panas
- Sistem Pendingin Primer
- Sistem Pendingin Sekunder

2. Pemanfaatan yang sudah dilaksanakan pada RND (MPR-30) :

- Pelatihan/Pendidikan
- Uji Material
- Uji pin elemen reaktor daya dan riset
- Iradiasi silicon
- Pewarnaan batu topaz
- Analisis Aktivasi Neutron
- Produksi radioisotop



Terima Kasih