

Pengoperasian Reaktor

Argo Satrio Wicaksono

Anggota Tim Pengelolaan Instalasi Reaktor TRIGA Kartini

Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran (DPFK)

Profil Personal

- Argo Satrio Wicaksono
- 33 Tahun



Riwayat Pendidikan

- Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN, Yogyakarta - Indonesia (2009-2013) Diploma IV, Teknofisika Nuklir.
- Osaka University, Japan (2017-2019) Master Degree, Precision Science & Technology and Applied Physics.

Riwayat Pekerjaan

- Pengurus Inventory Bahan Nuklir MBA RI-B (2016 – sekarang)
- Operator Reaktor Kartini (2016 - 2018)
- Supervisor Reaktor Kartini (2020 - sekarang)
- Subkoordinator Operasi dan Perawatan Reaktor Kartini (2021 - 2024)
- Anggota Tim Pengelolaan Instalasi Reaktor TRIGA KARTINI (2025 ~)

Kantor


- Fasilitas Reaktor Kartini, Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran-BRIN,
- Kawasan Sains dan Teknologi Babarsari BRIN, Sleman – Tambak Bayan
- Jl. Babarsari, Po. Box 6101 ykbb, Yogyakarta Zip Code 55281, INDONESIA

Contact Information

- Email: argo002@brin.go.id / argo.satrio@gmail.com
- Phone No. +62 813 4767 8286

Latar Belakang

Pengetahuan terkait dengan karakteristik reaktor Kartini dan prosedur pengoperasiannya .



Pengetahuan mengenai kondisi mode-mode pengoperasian reaktor serta penanggulangan kejadian.

Manfaat

Memahami pengoperasian reaktor pada operasi normal (start-up/shutdown) dan kondisi jika ada penyimpangan sesuai dengan prosedur pada fasilitas reaktor.

Indikator Keberhasilan

Menjelaskan karakteristik operasi dan kendali reaktivitas dalam berbagai kondisi pengoperasian;

Menjelaskan pemeriksaan kelengkapan sarana operasi sesuai prosedur;

Menjelaskan pengamatan parameter operasi dan pengisian rekaman operasi;

Menjelaskan pengamatan parameter saat *shutdown* dan pengisian lembar data (*checklist*) pasca operasi;

Indikator Keberhasilan (2)

Menjelaskan pengoperasian reaktor sesuai prosedur;

Menjelaskan pengoperasian sistem keselamatan reaktor;

Menjelaskan tindakan koreksi kejadian operasi terantisipasi pada reaktor sesuai prosedur;

Menjelaskan kegiatan yang berkaitan dengan manajemen teras.

Pokok Bahasan

Karakteristik operasi dan kendali reaktivitas dalam berbagai kondisi pengoperasian;

Pengoperasian reaktor sesuai prosedur;

Tindakan koreksi kejadian operasi terantisipasi pada reaktor sesuai prosedur;

Pengoperasian sistem keselamatan reaktor;

Penanganan bahan bakar nuklir, bahan fisil lainnya, target iradiasi, dan eksperimen.

Karakteristik Operasi

Desain: **TRIGA Mark II** Daya 100 KWth

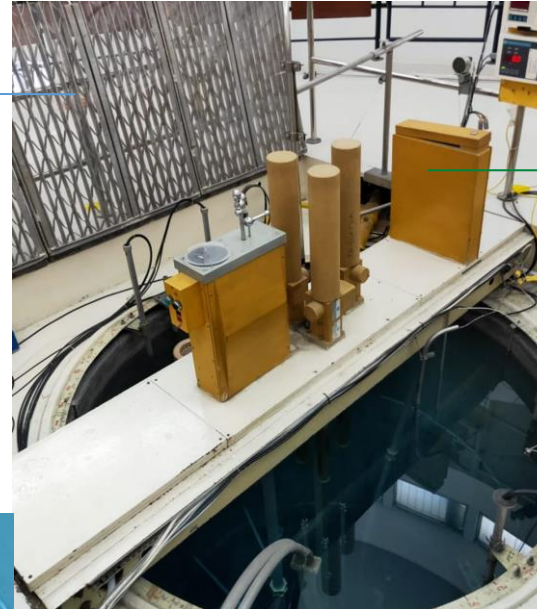
Dimensi, silinder
tinggi 6 m, diameter 2 m

Utilisasi : *Internet Reactor Laboratory (IRL),
Analisa Aktivasi Neutron,
Litbang: BNCT dan SAMOP.*

Tipe: **Kolam Terbuka**

Bahan Bakar : Batang Silinder
U-ZrH, 19,75 %,

Moderator *zirconium hydride,
Pendingin air bebas mineral*



- **Kendali** : 3 buah batang kendali B4C.

- **Fasilitas iradiasi (max. 1E+12)** :
2 in core, 40 reflektor,
4 tabung berkas, dan
1 termal kolom.

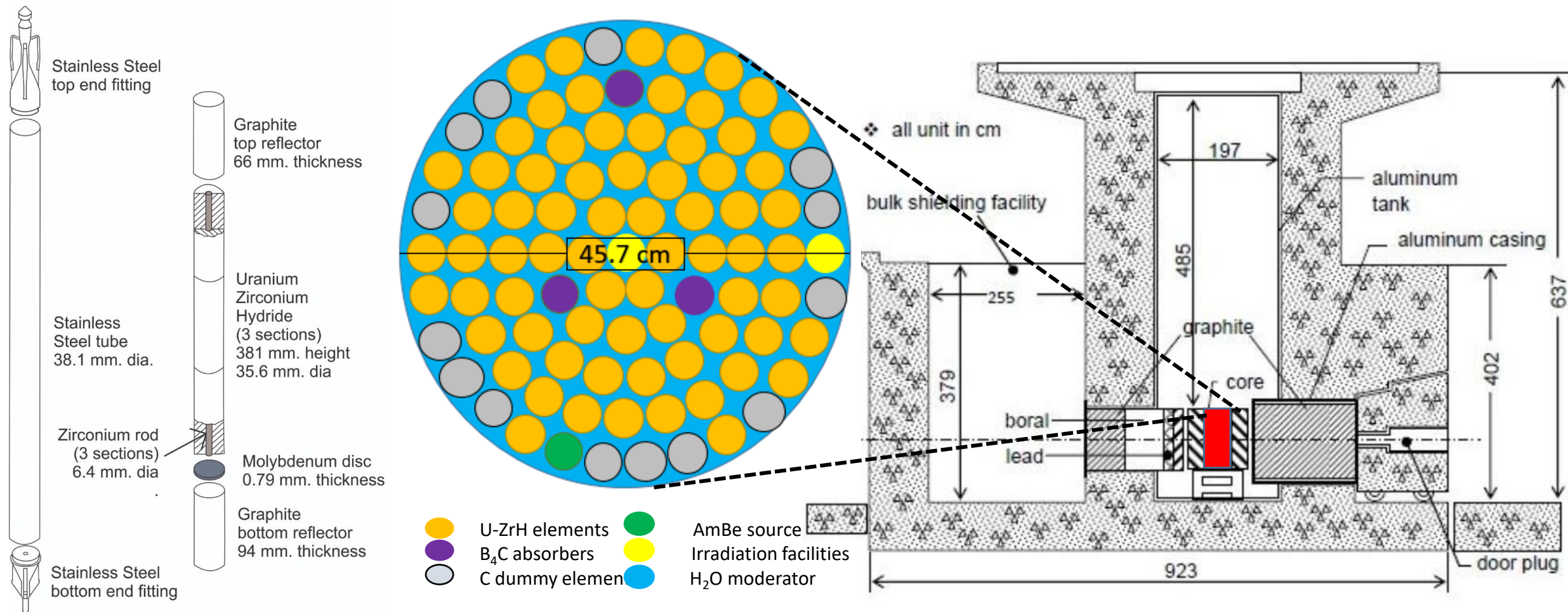
Mode Operasi:

Berdasarkan Permohonan:

Harian 1* 7 jam / 24 – 48 -100 jam non stop

- Evaluasi rutin Burn Up setiap triwulan;
Pengukuran Core Excess and Shutdown Margin rutin per semester atau perubahan Konfigurasi Teras Reaktor.

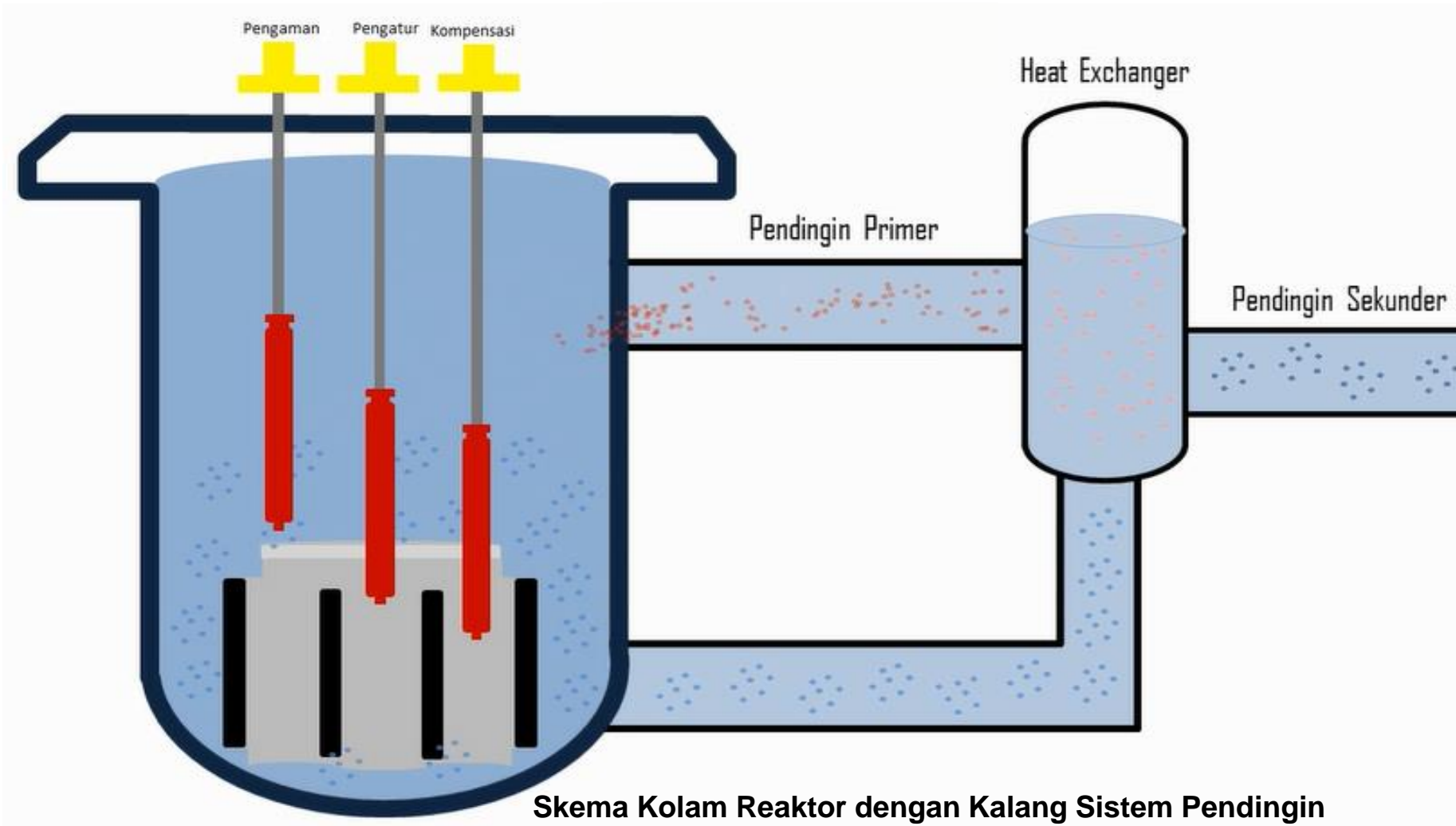
Karakteristik Operasi (2)



Bahan Bakar Standar TRIGA 104

Konfigurasi Teras Saat ini dan Tampang Lintang Vertikal Reaktor Kartini

Karakteristik Operasi (3)



Karakteristik Operasi (4)



Pipa Sistem Pendingin dengan Penukar Panas

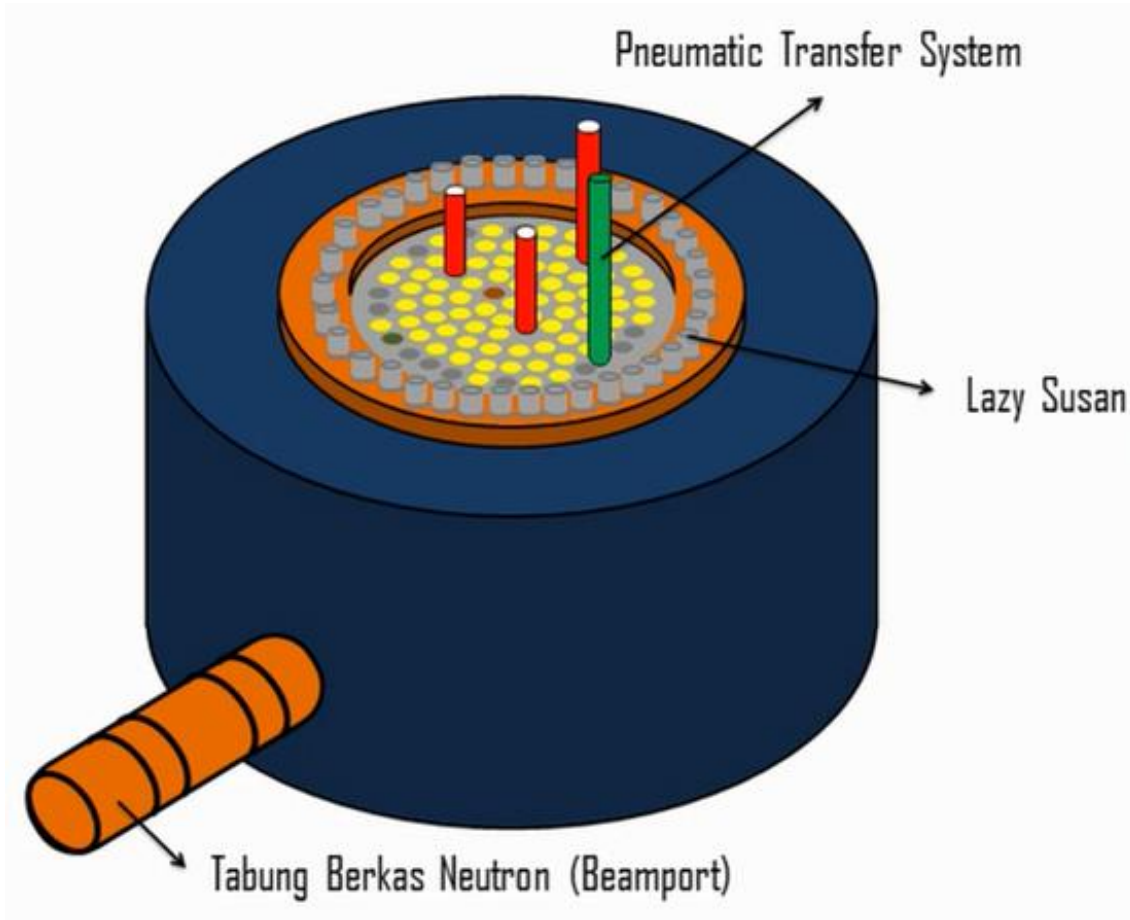


Sistem Demineralizer untuk Proses Pemurnian Air

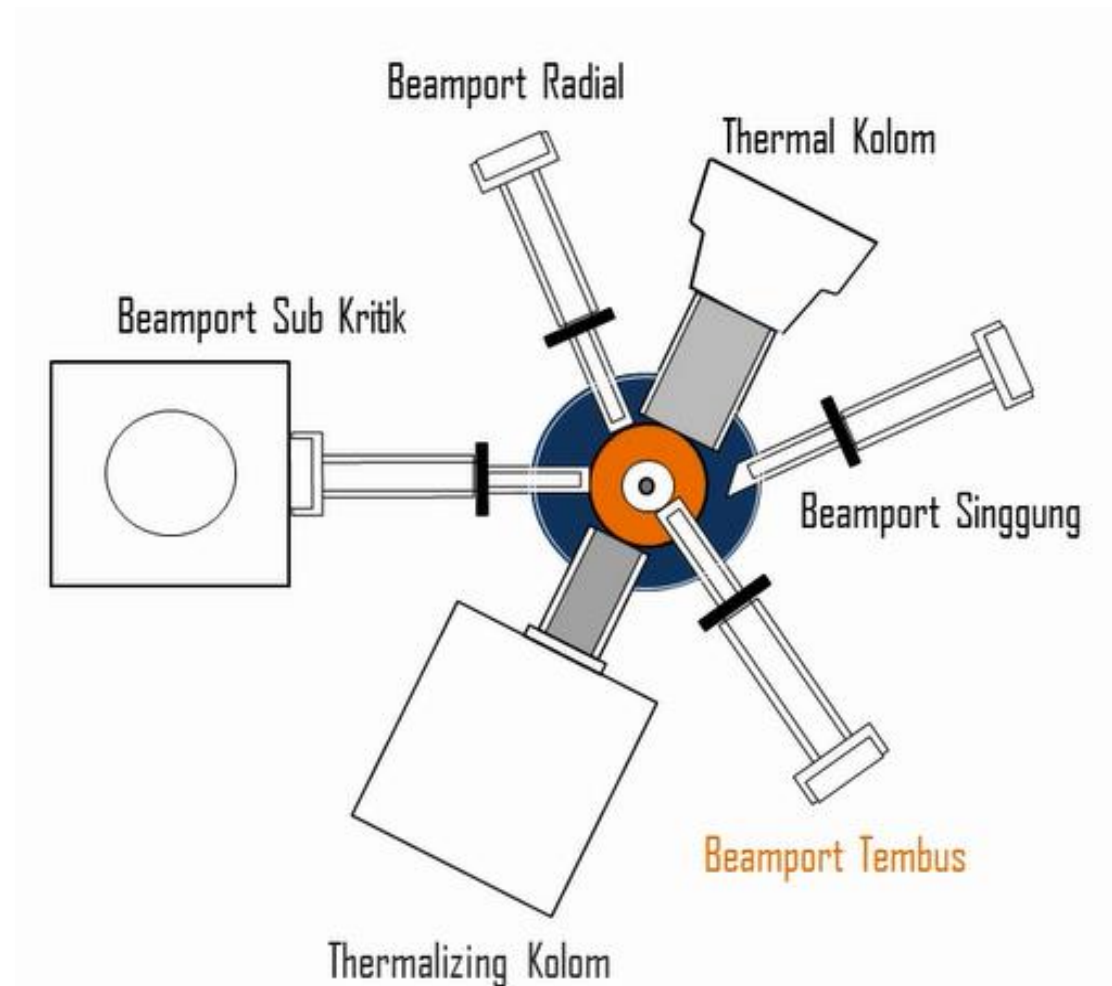


Menara Pendingin dan Pompa pada Sistem Pendingin

Karakteristik Operasi (5)



Fasilitas Iradiasi In-core



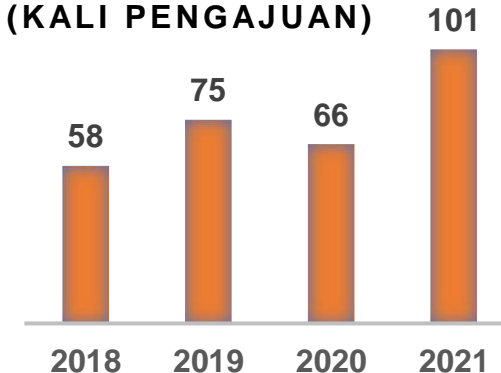
Fasilitas Iradisi Ex-core berupa Tabung Berkas



Mode Operasi

3 Langkah
(Startup, Power Level, Shutdown)
Maximum 7 jam /hari (based on request)
**135.05 jam (2018); 204.37 jam (2019);
200.96 jam (2020); 129.33 jam (2021);**

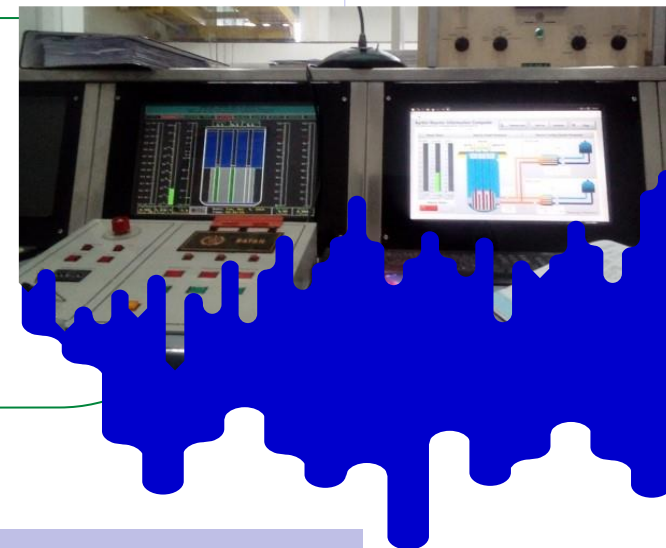
JUMLAH PERMOHONAN OPERASI REAKTOR (KALI PENGAJUAN)



Anugerah **BAPETEN 2020** untuk
Pengoperasian Reaktor Nondaya
Aspek Perawatan

Aktivitas Perawatan

Terdiri dari rutin)
dan non rutin



Utilisasi Reaktor

*Neutron Activation Analysis,
R&D: BNCT and SAMOP.
Study Tour
Internet Reactor Laboratory (IRL),*



Pengoperasian Reaktor

Perka BAPETEN 8 tahun 2019 tentang
Keselamatan Operasi Reaktor Non Daya.

Sistem Manajemen Reaktor Kartini SMRK

Standar Operasional Prosedur Operasi
Reaktor

Laporan Analisis Keselamatan Revisi 2
Terbitan 2

Pengoperasian Reaktor (2)

Operasi Normal

- Personil
- Persiapan
- Start-up
- Shutdown Normal
- Shutdown darurat

Operasi Terantisipasi

- Kehilangan daya listrik
- Pemasukan reaktivitas lebih
- Kehilangan aliran primer atau sekunder

Operasi Kecelakaan Dasar Desain

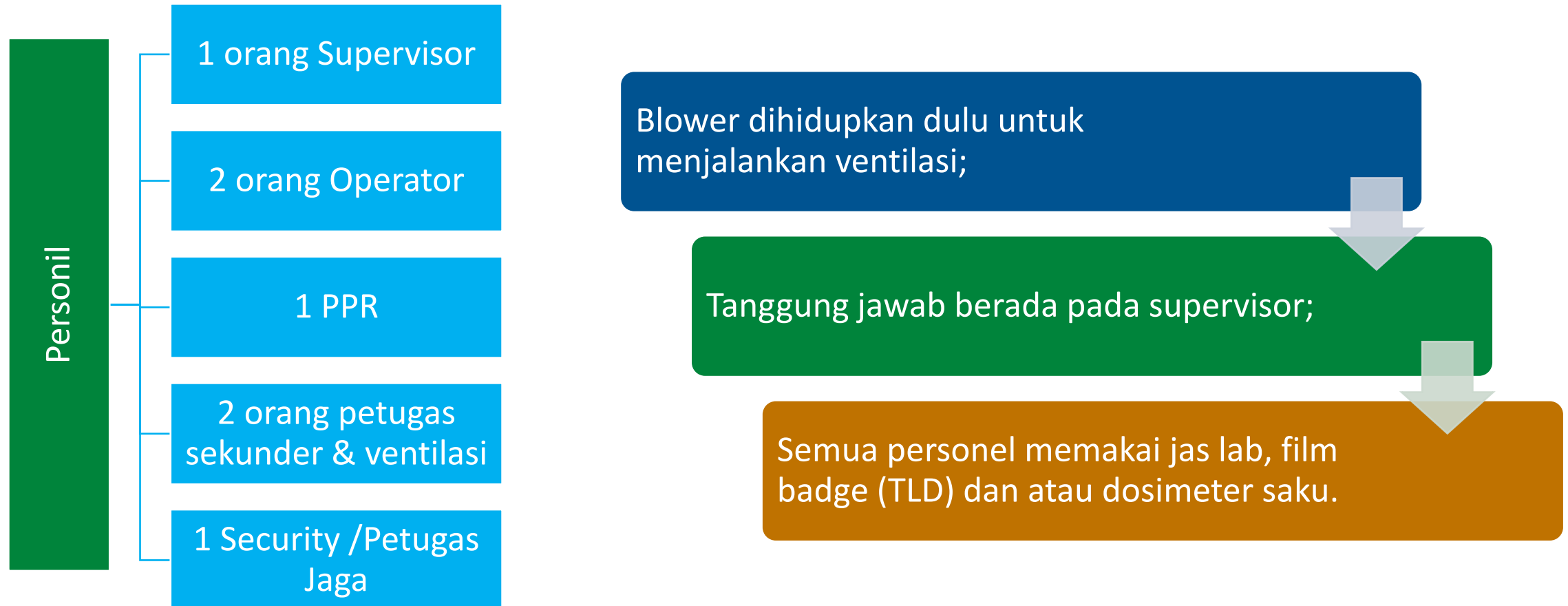
- Kehilangan pendingin kolam
- Kejadian Luar: Gempa Bumi, Letusan Gunung Berapi, Tumbukan Akibat Pesawat

Kecelakaan Melampaui Batas Desain

- Pesawat crane dalam proses unloading

Operasi Normal

Operasi daya: Operasi Reaktor Kartini pada tingkat daya minimal 10 W



Personil

Operator Reaktor

- Menghidupkan & mencatat pendingin primer dan demineralizer;
- Check list instrument;
- Start up dan menaikkan daya;
- Mengamati dan mencatat per jam;
- Shut down.

Petugas Proteksi Radiasi

- Mengamati radiasi selama start-up operasi dan shutdown;
- Melaporkan semua kejadian kepada Supervisor.

Petugas Sekunder dan Blower

- Menghidupkan dan mencatat pesawat blower, filter dan sekunder;
- Mengamati secara kontinu cooling tower;
- Mematikan dan mencatat pesawat blower dan sekunder.

Petugas Sekuriti

- Menjaga pintu masuk/keluar Gedung reaktor;
- Mendata dan mencatat setiap personil yang masuk serta tujuannya.

Persiapan

Dokumen

- Logbook operasi
- Check list
- Sertifikat/juklak (bila ada eksperimen)
- Lembar operasi primer, sekunder, blower
- Logbook Sekuriti

Pemeriksaan Keadaan

- Ruang Reaktor
- Tangki Reaktor
- .Permukaan ATR
- Alat-alat percobaan
- Pintu kolom termal dan beamport

Pemeriksaan Pengamatan Parameter Operasi

- Suhu air pendingin primer sebelum masuk ke tangki Reaktor
- Debit air pendingin primer
- Debit purifikasi dari demineralizer sekitar 10 GPM
- Tahanan jenis inlet $\geq 2 \text{ M}\Omega \text{ cm}$ dan outlet demineralizer $> 5 \text{ M}\Omega \text{ cm}$
- PH ATR

Persiapan (2)

Penyedia Daya Instrumen

- Menghidupkan penyedia daya instrumen
- Sistem instrumentasi harus menunjukkan bahwa reaktor dalam keadaan shut down.

Check list

- Kalibrasi Meter: Daya Jangkau Lebar, persen daya linear, DPM.
- Uji trip (scram): Uji trip sumber neutron dan uji trip sediaan tegangan tinggi.
- Uji trip level daya tinggi detektor.
- Uji DPM
- Manual Scram
- Melengkapi data dalam logbook
- Supervisor menyimpulkan.
- Pengamatan Parameter Operasi

Start-Up Secara Manual

- Naikkan batang pengaman secara perlahan sambil mengamati DPM agar tidak melewati angka 3 atau mengamati monitor penampil periode digital agar tidak < 7 detik, sampai kedudukan teratas (full up) untuk safety dan sampai terjadi perubahan tingkat daya (pada meter jangkau lebar).
- Naikkan batang kendali batang pengatur (regulating) dan harus perlahan-lahan serta mengamati perubahan tingkat daya (% daya linear).

Operasi Pada Daya Stasioner

- Naikkan/turunkan batang kendali (kompensasi dan atau pengatur) sehingga daya reaktor sesuai.
- Catat dalam log book semua parameter operasi reaktor secara periodik setiap jam.
- Bila reaktor operasi kontinu: tiap pergantian shift memeriksa lagi alat-alat keselamatan dan meyakinkan bahwa alat-alat berjalan baik

Shutdown Normal

Turunkan semua batang kendali sampai posisi terbawah

Lakukan inspeksi posisi batang kendali tersebut.

Kunci pada kontrol OFF, penyedia daya OFF

Amati suhu air tangki reaktor. Jika suhu sudah = suhu sebelum, primer dimatikan.

Sekunder dan ventilasi dimatikan

Shutdown Darurat

Bila terjadi keadaan luar biasa seperti tingkat radiasi tinggi, kebocoran pendingin dan sebagainya, Supervisor mematikan reaktor dengan tombol SCRAM.

Operasi Terantisipasi

Kehilangan Daya Listrik

Kemagnitan hilang, gravitasi-> BK jatuh

Panas sisa didinginkan oleh ATR

Panas sisa tidak mampu menaikkan suhu

Menghidupkan genset, jika memerlukan pendinginan lanjutan

Operasi Terantisipasi (2)

Pemasukan Reaktivitas

Saat Start up Reaktor

- Reaktivitas BK pengatur $\approx 1,6$ \$ dalam waktu ± 1 menit;
- Umur prompt neutron sangat cepat ($10E-5$), daya akan naik sangat cepat, dan memberikan reaktivitas negatif;
- Respon operator: menurunkan BK secara serentak, mempertahankan proses pendinginan dalam teras.
- Jika tirp daya 110% gagal, lakukan trip manual.
- Laporan Supervisor ke atasan.

Saat Kalibrasi Daya

- Sesaat setelah aliran pendingin primer kembali dihidupkan, berdampak pada reaktivitas positif karena penurunan suhu Bahan bakar;
- Respon operator: Memasukkan batang kendali pengatur.
- Jika BK pengatur tidak dapat diturunkan, dan SCRAM gagal fungsi -> transien daya reaktor akibat negative feedback temperatur.
- Dihentikan dengan SCRAM manual
- Laporan Supervisor ke atasan.

Operasi Terantisipasi (3)

Kehilangan Aliran Pendingin

Daya turun karena pengaruh *negative feedback temperature*.

Kenaikan suhu bahan bakar mengakibatkan kenaikan suhu ATR-> dapat melampaui KBO.

Menghentikan operasi reaktor melalui pemadaman manual.

Laporan Supervisor ke atasan

Kehilangan Pendingin Kolam

Saat Operasi Reaktor

- Menghentikan operasi reaktor dengan pemadaman reaktor (shut down),
- Mematikan sistem pendingin primer melalui jalur yang aman dari air bocoran sistem primer,
- Menghentikan semua kegiatan di hall reaktor
- Evakuasi personil dari hall reaktor,
- Laporkan kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor,
- Diikuti respon dan tindakan keadaan darurat nuklir.

Saat Reaktor Tidak Operasi

- Menghentikan semua kegiatan yang ada di dalam *hall* reaktor
- Evakuasi personil dari hall reaktor
- Laporkan kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor
- Diikuti respon dan tindakan keadaan darurat nuklir.

Operasi Kecelakaan Dasar Desain (2)

Kejadian Luar

Gempa Bumi (1)

Saat Operasi Reaktor.

- Shut down reaktor
- Mematikan pendingin primer
- Menghentikan semua kegiatan
- Evakuasi personil dari hall reaktor
- Laport kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor
- Diikuti respon dan tindakan keadaan darurat nuklir karena gempa bumi.

Gempa Bumi (2)

Saat Tidak Operasi Reaktor.

- Menghentikan semua kegiatan.
- Evakuasi personil dari hall reaktor.
- Laport kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor.
- Diikuti respon dan tindakan keadaan darurat nuklir karena gempa bumi.

Letusan Gunung Berapi (1)

Saat Operasi Reaktor.

- Menghentikan operasi reaktor dengan pemadaman reaktor (shut down)
- Menutup dek reaktor menggunakan penutup yang sudah dipersiapkan dan melaksanakan prosedur respon kejadian letusan gunung berapi
- Laport kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor

Letusan Gunung Berapi (2)

Saat Tidak Operasi Reaktor.

- Menutup dek reaktor menggunakan penutup yang sudah dipersiapkan dan melaksanakan prosedur respon kejadian letusan gunung berapi
- Laport kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor

Kejadian Luar (2)

Tumbukan Pesawat Jatuh (1)

Saat Operasi Reaktor.

- Menghentikan operasi reaktor dengan pemadaman reaktor (shut down)
- Mematikan sistem pendingin primer melalui jalur yang aman
- Menghentikan semua kegiatan di hall reaktor
- Evakuasi personil dari hall reaktor
- Laporkan kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor
- Diikuti respon dan tindakan keadaan darurat nuklir karena tumbukan pesawat pada gedung reaktor

Tumbukan Pesawat Jatuh (2)

Saat Tidak Operasi Reaktor.

- Menghentikan semua kegiatan di hall reaktor
- Evakuasi personil dari hall reaktor
- Laporkan kepada atasan langsung melalui supervisor operasi reaktor
- Diikuti respon dan tindakan keadaan darurat nuklir karena tumbukan pesawat pada gedung reaktor

Kecelakaan yang Melampaui Batas Desain

Sistem *Crane Loss Handle*

Transfer cask berisi bahan bakar jatuh ke lantai dan pecah

Pelepasan produk fisi dari kelongsong, keluar terlepas di hall dan terlepas melalui cerobong

Menghentikan semua kegiatan di hall, evakuasi personil dari hall

Laporan Supervisor ke Atasan dan Tunggu Respon Kedaruratan Nuklir

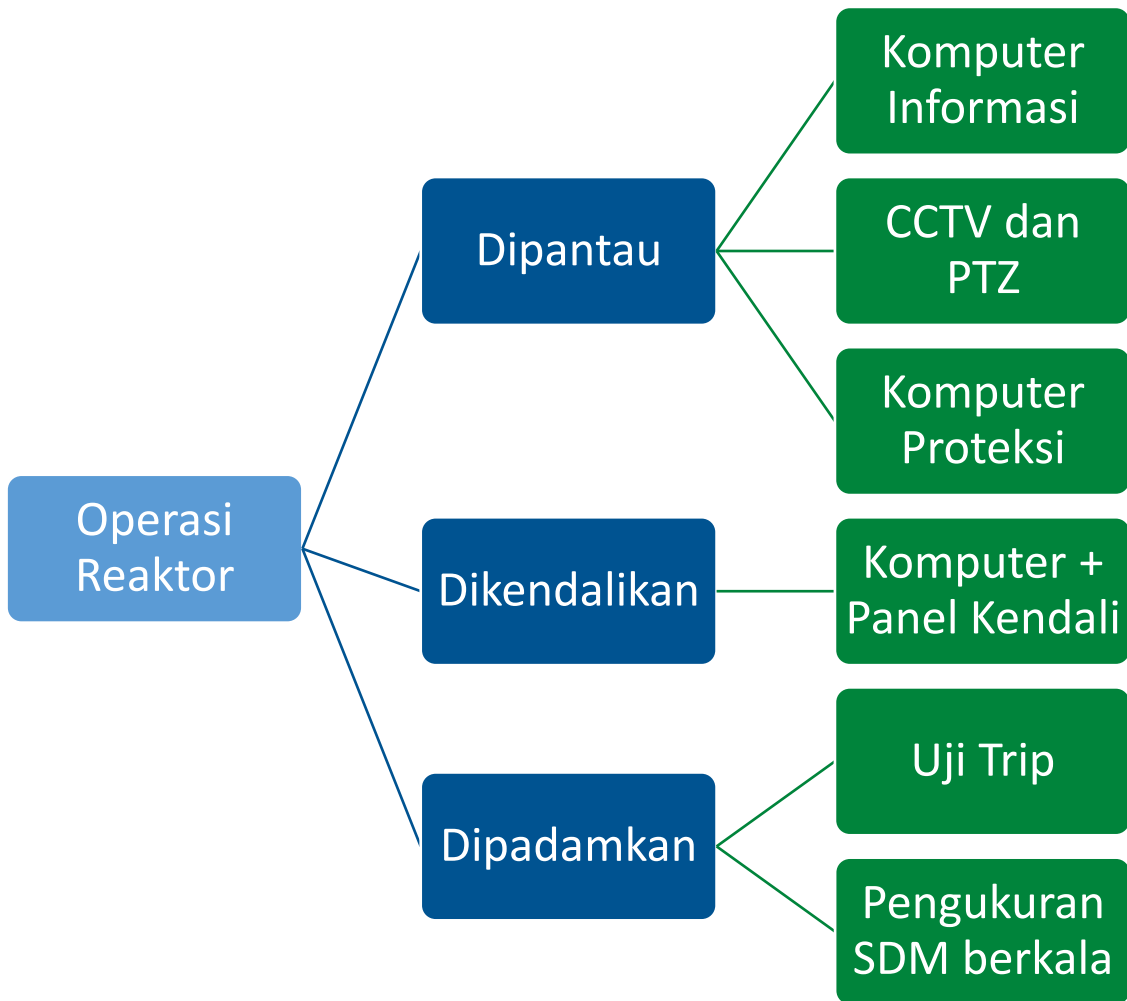
Keselamatan Reaktor

Operasi harus selalu dapat dipantau dan dikendalikan serta dipadamakan setiap saat;

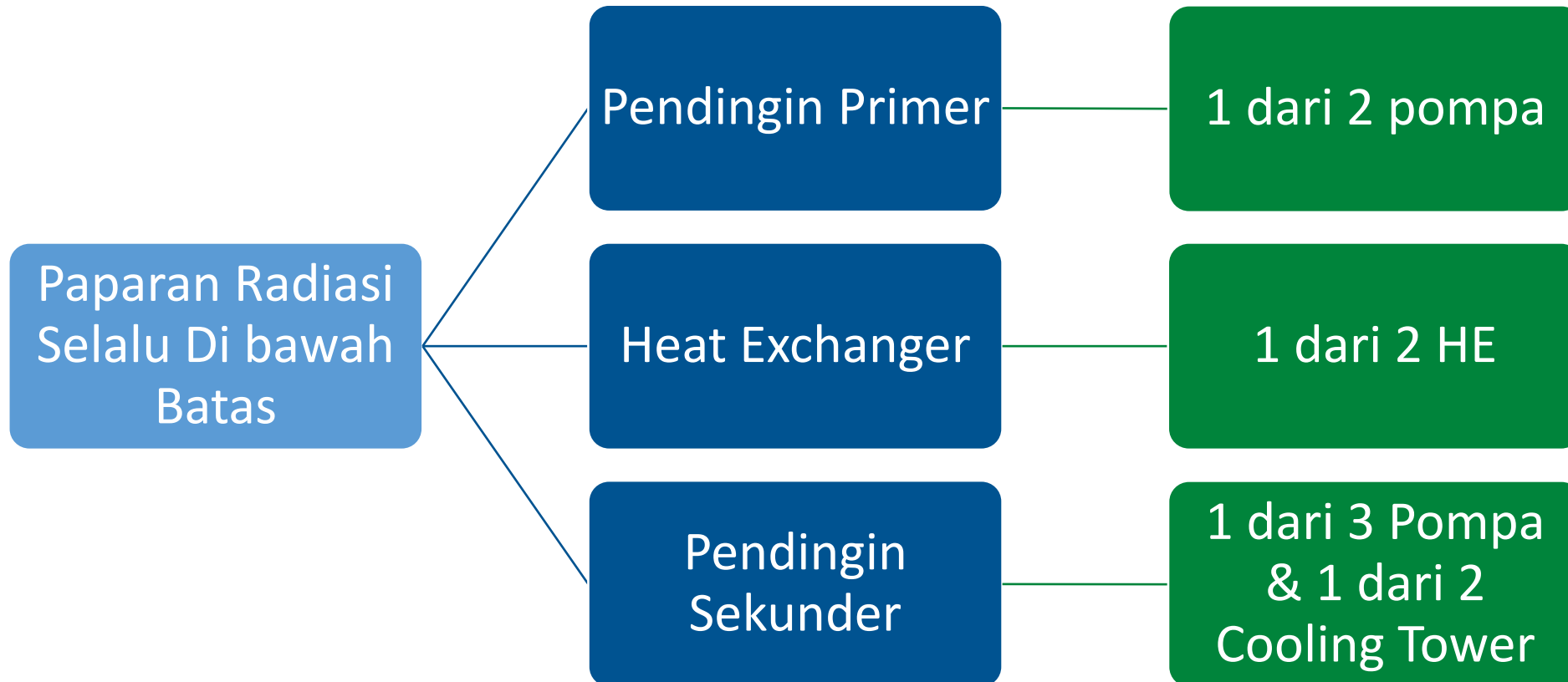
Energi panas yang timbul baik pada operasi normal maupun kecelakaan harus dapat dibuang secara selamat.

Paparan radiasi terhadap personil dan lingkungan harus selalu di bawah batas yang diizinkan dan diusahakan sekecil mungkin.

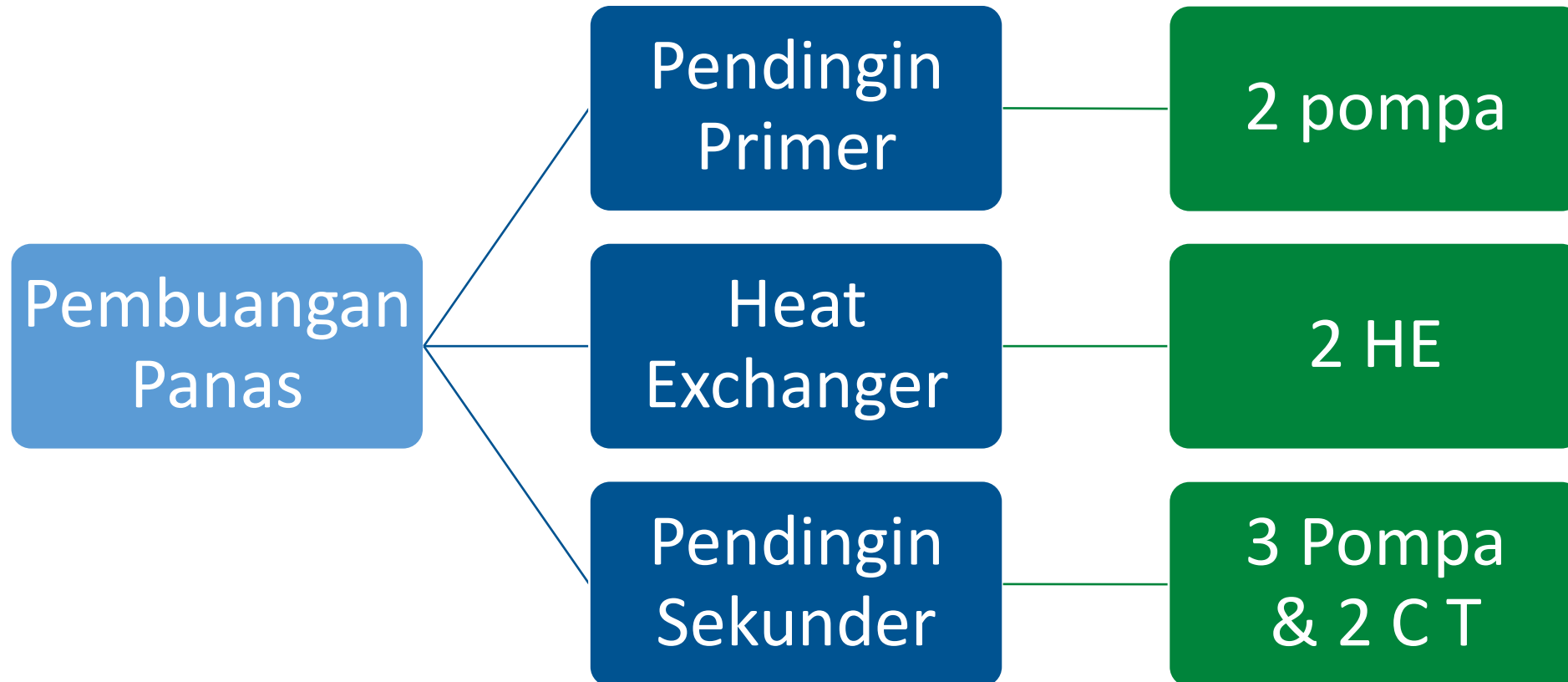
Pengoperasian Sistem Keselamatan Reaktor



Pengoperasian Sistem Keselamatan Reaktor (2)

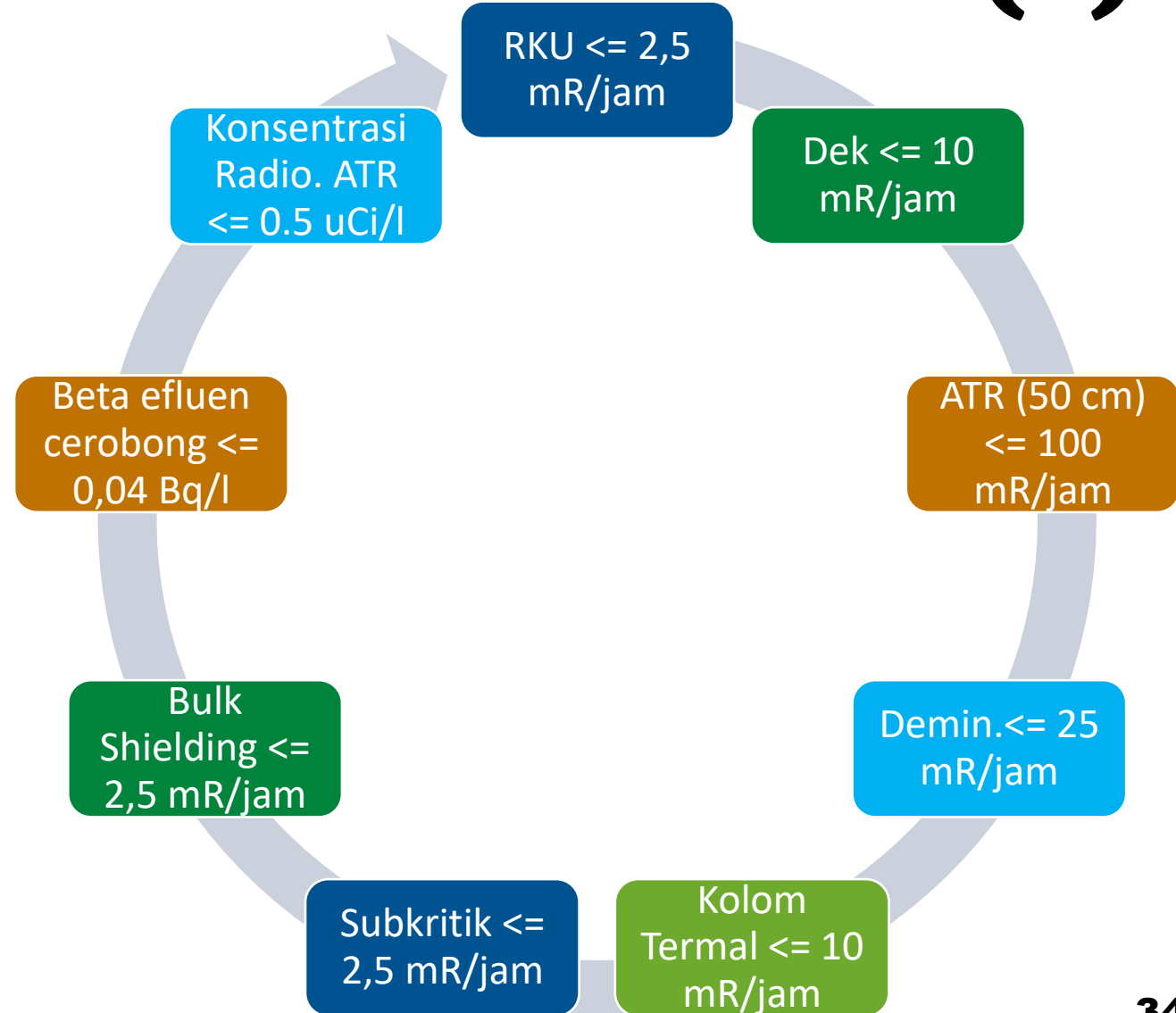


Sistem Keselamatan Reaktor (3)



Sistem Keselamatan Reaktor (3)

- Setiap operasi reaktor 5 GAM, 1 surveimeter portable, sistem pemantai radioaktivitas udara berfungsi.
- Alarm akan bekerja saat hasil pengukuran mencapai batas maksimal pada masing-masing parameter.



Penanganan BN, Target Iradiasi dan Eksperimen

BN berupa Bahan Bakar (BB)

- BB teriradiasi harus selalu berada di kolam reaktor, bulk shielding (BS), *transfer cask* (proses transport), fasilitas eksperimen (gamma scanning).
- Proses loading-unloading BB dilakukan oleh operator.
- Transfer BB dari dan ke *bulk shielding* menggunakan *transfer cask* dan *crane (tersertifikasi)* dengan operator (ber SIB).
- Setiap pemindahan antar KMP diinfokan ke pengurus BN.

BN berupa target Iradiasi

- Pengajuan form operasi dilampirkan analisis/kajian keselamatan yang akan di verifikasi oleh PPR (aspek radiasi) dan P2KIN (aspek keselamatan reaktor).
- Setiap pemindahan antar KMP diinfokan ke pengurus BN.
- Dampak dari segi reaktivitas: dilakukan sesuai prosedur operasi terantisipasi.
- Dampak dari segi radiasi: berkoordinasi dengan PPR.

Eksperimen

- Pengajuan form operasi dilampirkan analisis/kajian keselamatan yang akan di verifikasi oleh PPR (aspek radiasi) dan P2KIN (aspek keselamatan reaktor).
- Penanganan sampel pasca iradiasi selalu didampingi oleh PPR.

THANK YOU FOR YOUR
ATTENTION



**DIREKTORAT PENGELOLAAN FASILITAS KETENAGANUKLIRAN
BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL**



Jl. Babarsari, Kotak Pos 6101 ykbb Yogyakarta, 55281, Indonesia



(+62) 813 47678286



argo002@brin.go.id / argo.satrio@gmail.com