

Batasan dan Kondisi Operasi

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

Pemahaman terkait batas parameter operasi reaktor, kemampuan fungsi, dan tingkat kinerja peralatan dan personil.



Sebagai kontrol data pembandingan parameter selama pengelolaan khususnya pelaksanaan operasi reaktor .



Menjelaskan Batasan dan
Kondisi Operasi Reaktor

Indikator Keberhasilan

Menjelaskan nilai batasan dan kondisi batas keselamatan

Menjelaskan Pengesetan Sistem Keselamatan

Menjelaskan Kondisi Batas Operasi Normal

Menjelaskan Persyaratan Surveilans dan Administratif

Menjelaskan Keberlakuan BKO pada Pengoperasian Reaktor

Pokok Bahasan

Batasan dan Kondisi Operasi

Persyaratan Surveilans dan Administratif

Pemberlakuan BKO

Dasar Hukum & Definisi

Perka BAPETEN No 9 Tahun 2013 Batasan dan Kondisi Operasi Reaktor Non Daya

BKO : Seperangkat ketentuan operasi untuk menetapkan batas parameter, kemampuan fungsi, dan tingkat kinerja peralatan dan personil.

Batas Keselamatan (BK) adalah batasan nilai parameter yang di bawah nilai itu instalasi nuklir dapat dioperasikan dengan selamat.

Pengesetan Sistem Keselamatan (PSK/SSK) adalah nilai parameter operasi yang ditetapkan untuk mengaktualisasi sistem keselamatan secara otomatis pada kejadian operasi terantisipasi untuk mencegah terlampauinya batas keselamatan.

Surveilans adalah inspeksi, uji fungsi, dan pengecekan kalibrasi yang dilakukan dalam interval waktu tertentu terhadap nilai-nilai parameter, struktur, sistem, dan komponen untuk menjamin kepatuhan terhadap batasan dan kondisi operasi, dan keselamatan instalasi nuklir.

Batasan & Kondisi Operasi

- Pemegang Izin (PI) harus Menyusun dan menetapkan Kondisi Operasi;
- Dinilai oleh Panitia Penilai Keselamatan (PPK);
- Disampaikan ke Kepala BAPETEN untuk memperoleh izin konstruksi, komisioning dan izin operasi;
- Dilarang untuk merubah tanpa persetujuan Kepala BAPETEN;
- Setiap perubahan berdasarkan analisis keselamatan dan dinilai oleh PPK;
- Setelah perubahan disetujui akan memperoleh izin operasi baru.



Batas Keselamatan

Bertujuan untuk menjamin agar reaktor selalu berada dalam keadaan selamat dalam segala keadaan/tingkat operasi.



1. Daya Reaktor maksimum 115 kW.

Mencegah temperatur maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan (perubahan fasa UZrHx, pelelehan kelongsong, tekanan keseimbangan disosiasi hidrogen).



2. Periode Reaktor minimal 5 detik.

Setara dengan penyesipan 0,52\$.
Menjamin bahwa kenaikan daya reaktor selalu terkendali.



Pencegahan:

1. Pemberian peringatan dini atau alarm.
2. Langkah pengendalian atau pemadaman secara manual atau otomatis.

Batas Keselamatan (2)

Mencegah agar batas Keselamatan dari parameter tersebut tidak terlampaui pada setiap operasi reaktor.

Parameter operasi reaktor akan memberikan sinyal (suara/visual) jika KBO terlampaui.

Peringatan dini memungkinkan operator memadamkan reaktor secara manual untuk melakukan pemeriksaan dan analisa penyebab.

Sistem proteksi reaktor akan bekerja otomatis untuk memadamkan reaktor atau mencegah operasi reaktor.

Reaktor baru bisa dioperasikan kembali, setelah ditemukan penyebab dan tindak lanjutnya.

Nilai parameter operasi yang ditetapkan untuk mengaktivasikan sistem keselamatan secara otomatis pada kejadian operasi terantisipasi.



Sebagai salah satu upaya pengendalian agar Batas Keselamatan tidak terlampaui.



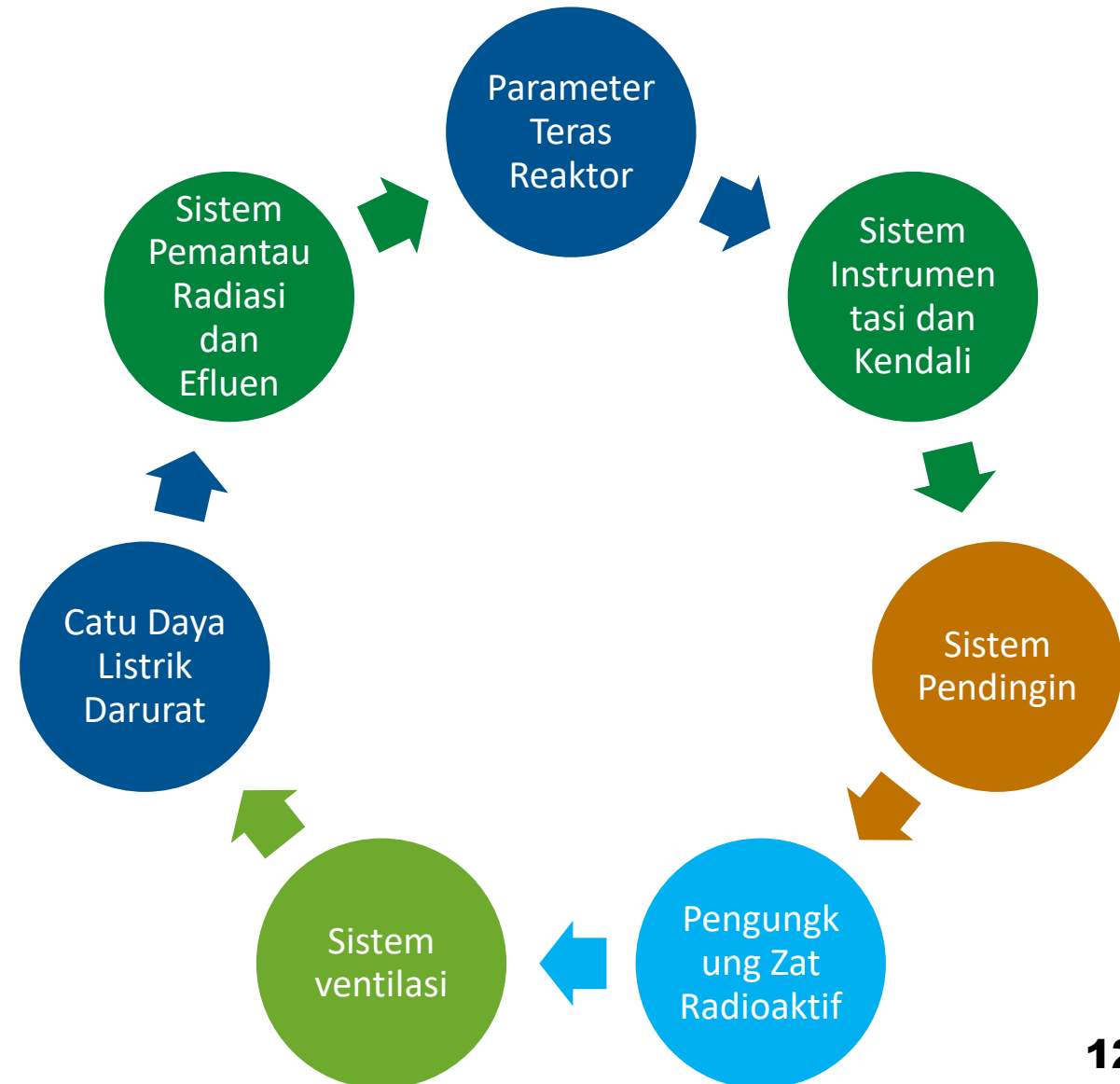
$P \geq 110 \text{ kW}$
agar tidak terjadi temperatur yang berpotensi pengikatan hidrogen oleh kelongsong bahan bakar serta tekanan BB dan ruang gas.



$T \leq 7 \text{ Detik}$
setara penyisipan reaktivitas keteras 0,46 \$

Kondisi Batas Operasi (KBO)

- Bertujuan untuk menyediakan margin yang memadai antara nilai operasi dengan *Setting/Pengsesetan* Sistem Keselamatan sehingga operasi reaktor dapat selalu berlangsung dengan stabil dan lancar.



1. Parameter Teras Reaktor

Daya	Periode	Shutdown Margin	Puncak Daya	Elemen Bakar	Burn Up
<ul style="list-style-type: none">• Daya Maks 105 kW.• Sinyal alarm akan tertampil.	<ul style="list-style-type: none">• Periode minimum 10 detik.	<ul style="list-style-type: none">• SDM min. 0.5\$ (non 1 BK tereaktif) dan Eksperimen dalam kondisi tereaktif.	<ul style="list-style-type: none">• Maks aksial dan radial 1,4050 dan 1,7908	<ul style="list-style-type: none">• Jenis TRIGA (UZrH) maks 20% enrichment dan fraksi berat 8,5-20%.	<ul style="list-style-type: none">• Maks 50% pada masing-masing elemen bakar

NLW-2

- Berfungsi baik.
- Tegangan tinggi FC minimum 300 volt.

NP-1000

- Berfungsi baik.
- Tegangan tinggi CIC 300-750 volt.

Level aras

- Level sumber minimum 0,9E-7% daya.
- Jika kurang sinyal indikator LEVEL-1 menyala.

Kendali Reaktivitas

- Menggunakan 3 batang kendali.
- Waktu jatuh dari posisi tertinggi maks. 0,6 detik.

Sistem Instrumentasi Kendali 2

CRDM

- Berfungsi baik.
- Jika ada satu perangkat trouble, reaktor dipadamkan tidak dioperasikan sebelum perbaikan.

SCRAM

- SCRAM Manual harus dapat berfungsi.

Temperatur Bahan Bakar

- Temperatur terukur maks. 700 C.
- Jumlah alat ukur min. 1 buah.

Sistem Pendingin

Mutu Air

- pH 5,5 -7.
- Tahanan jenis sebelum masuk demin ≥ 2 M Ohm cm.
- Kadar Na, Mg, Ca maks 1 ppm.
- Tingkat radioaktivitas ATR 18500 Bq/l.

Temperatur

- Primer: Suhu Keluar HE ≤ 43 C. Masuk HE ≤ 45 C.
- Alat Ukur temperatur air minimum 2.

Level Air

- $10 \text{ cm} \leq \text{level} \leq 20 \text{ cm}$. Diukur dari bagian atas (bibir) tangki reaktor.
- Alat ukur level air minimum 1.

Laju Alir

- Primer ≥ 140 lpm, kecuali kalibrasi daya.
- Jumlah alat ukur laju alir minimum 1.

Sistem Pendingin (2)

Tekanan Air

- Sekunder > primer.

Temperatur

- Sekunder, masuk HE < 40 C
- Jumlah alat ukur minimum 2.

Laju Alir

- Sekunder minimum 520 lpm (HE plate)
- Sekunder minimum 820 lpm (shell and tube)
- Kecuali kalibrasi daya.
- Jumlah alat ukur minimum 1 buah.

Pengungkungan ZRA

Ruang reaktor harus tertutup, ventilasi harus bekerja selama reaktor operasi.

Elemen bakar bekas yang tidak digunakan berada di bulk shielding atau rak dinding tangki.

Fuel-transfer cask harus siap digunakan saat pemnidahan.

Wadah tersedia untuk sampel teriradiasi yang akan dikeluarkan.

Jika tidak memungkinkan (untuk peralatan) ditempatkan pada bulk shielding.

Sistem Ventilasi

Tekanan

- Tekanan udara di dalam < udara luar.
- Beda tekanan 0,01-0,1 cm H₂O.
- Jumlah minimum pompa hisap 1 buah.

Radioaktivitas

- Konsentrasi yodium ≤ 2 mBq/cc.
- Alarm bekerja saat melampaui.
- Reaktor shut down, untuk dilakukan pengkajian.

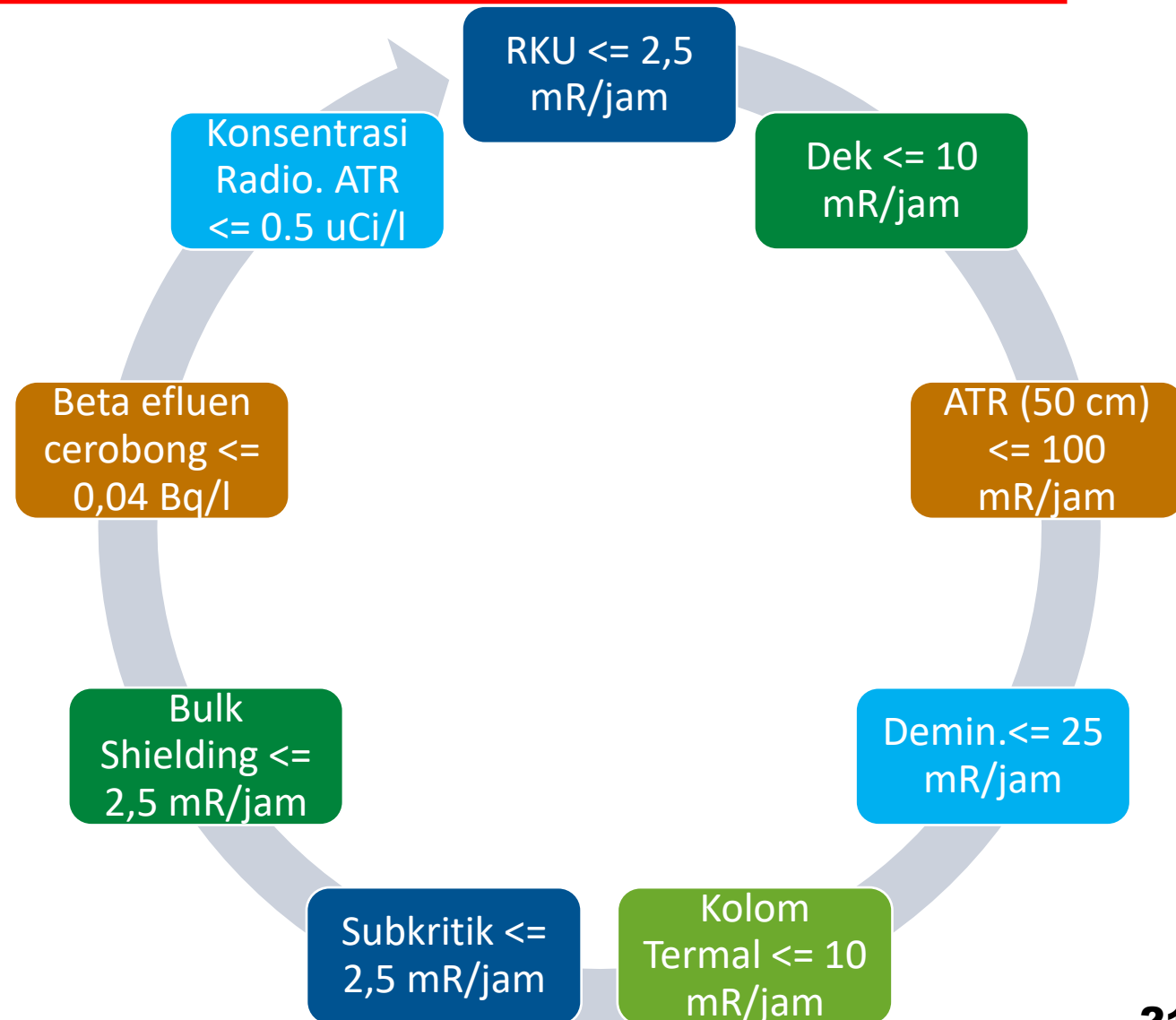
Catu Daya Listrik Darurat



Selama pengoperasian Reaktor, genset dalam keadaan siap berfungsi.

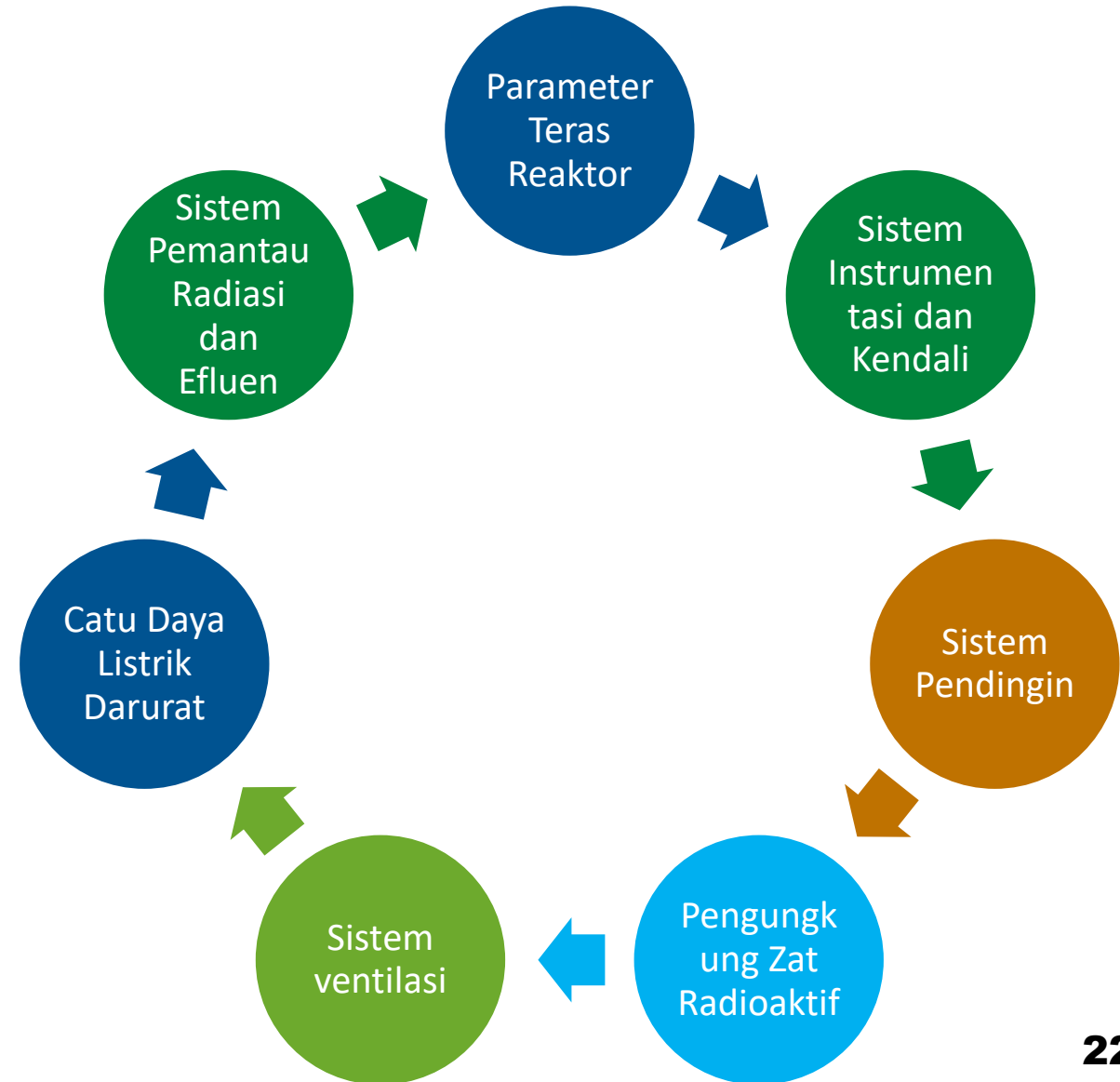
Pemantau Radiasi dan Efluen

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



Persyaratan Surveilans

- Bertujuan untuk menjamin kepatuhan terhadap BKO dan keselamatan instalasi nuklir.
- Kegiatan berupa inspeksi, uji fungsi dan pengecekan kalibrasi dalam interval waktu tertentu.



1. Parameter Teras Reaktor

Kalibrasi Daya

- Minimal 2 kali dalam setahun.
- Saat terjadi rekonfigurasi bahan bakar di teras.

Kalibrasi Batang Kendali

- Minimal 2 kali dalam setahun.
- Saat terjadi rekonfigurasi bahan bakar di teras.

Bahan Bakar

- Inspeksi Visual mimium 1 kali dalam 2 tahun.

Dudukan dan Grid Teras

- Inspeksi Visual mimium 1 kali dalam 2 tahun.

NLW-2

- Kalibrasi minimum 1 kali dalam 2 tahun.

NP-1000

- Kalibrasi minimum 1 kali dalam 2 tahun.

Waktu Jatuh BK

- Diukur minimum 1 kali dalam 1 tahun.

Arus Motor Penggerak

- Diukur minimum 1 kali dalam 2 tahun.

Sistem Instrumentasi Kendali 2

Arus tegangan kemagnetan

- Diukur minimum 1 kali dalam 2 tahun.

SCRAM

- Diuji setiap kali reaktor akan diooperasikan.
- Reaktor tidak boleh diooperasikan selama kegagalan belum teratasi.

DAC & CSC

- Dilakukan minimum 1 kali dalam 2 tahun.

Sistem Pendingin

pH dan Tahan Jenis Air

- Diukur min 1 kali/bulan atau sebelum reaktor operasi.
- Pengukuran kandungan Na, Mg, Ca min 1 kali/ 3 bulan.

Alat Ukur

- Pengujian dilakukan minimum 2 kali/tahun.
- Kalibrasi dilakukan 1 kali/2 tahun.

Tangki

- Pengamatan dilakukan minimum 1 kali/tahun.
- Pembersihan dilakukan minimum 1 kali/2 tahun atau jika sudah kotor.

Filter

- Pembersihan minimum 1 kali/ 2 tahun.
- Penggantian resin jika tahanan jenis air keluar demineralizer < 5 M Ohm cm.

Sistem Pendingin (2)

Pembersihan Sistem

- Sistem primer minimum 1 kali pertahun.
- Sistem sekunder minimum 2 kali pertahun.

Sel pada HE

- Pengamatan dan pembersihan sel-sel dilakukan 1 kali dalam 5 tahun.

Cooling Tower

- Pemeriksaan fan, pembersihan dan uji fungsi dilakukan minimum 2 kali per tahun.

Pipa, Pompa, Katup, Flowmeter

- Pemeriksaan kebocoran dilakukan minimum 2 kali dalam 1 tahun.

Pengungkungan ZRA

Bulk Shielding

- Pembersihan minimum 1 kali per 2 tahun.

Biological Shielding

- Pemeriksaan minimum 1 kali per tahun

Filter

- Pembersihan, pencucian dan atau penggantian prefilter minimum 1 kali per 2 tahun.

Sistem Mekanik

- Uji fungsi motor penggerak, pemeriksaan v-belt dan blower minimum 2 kali per tahun.

Uji Fungsi

- Uji fungsi genset minimum 1 kali dalam 1 bulan.

Pelumas

- Penggantian oli genset minimum 1 kali dalam 1 tahun.

Pemantau Radiasi dan Efluen

GAM

- Uji fungsi alat ukur serta alarm minimum 2 kali/ tahun.

Alat Ukur dan Monitor

- Kalibrasi minimum 1 kali / tahun

Paparan Radiasi

- Pemantauan dilakukan setiap reaktor operasi.

Kontaminasi permukaan

- Pemantauan kontaminasi permukaan minimum 1 kali per bulan.

Radioaktivitas Udara

- Pengambilan cuplikan udara minimum 1 kali per bulan.
- Pemantauan radioaktivitas beta di *stack* dan iodin di dek secara terus menerus.

Radioaktivitas air primer dan bulk shielding

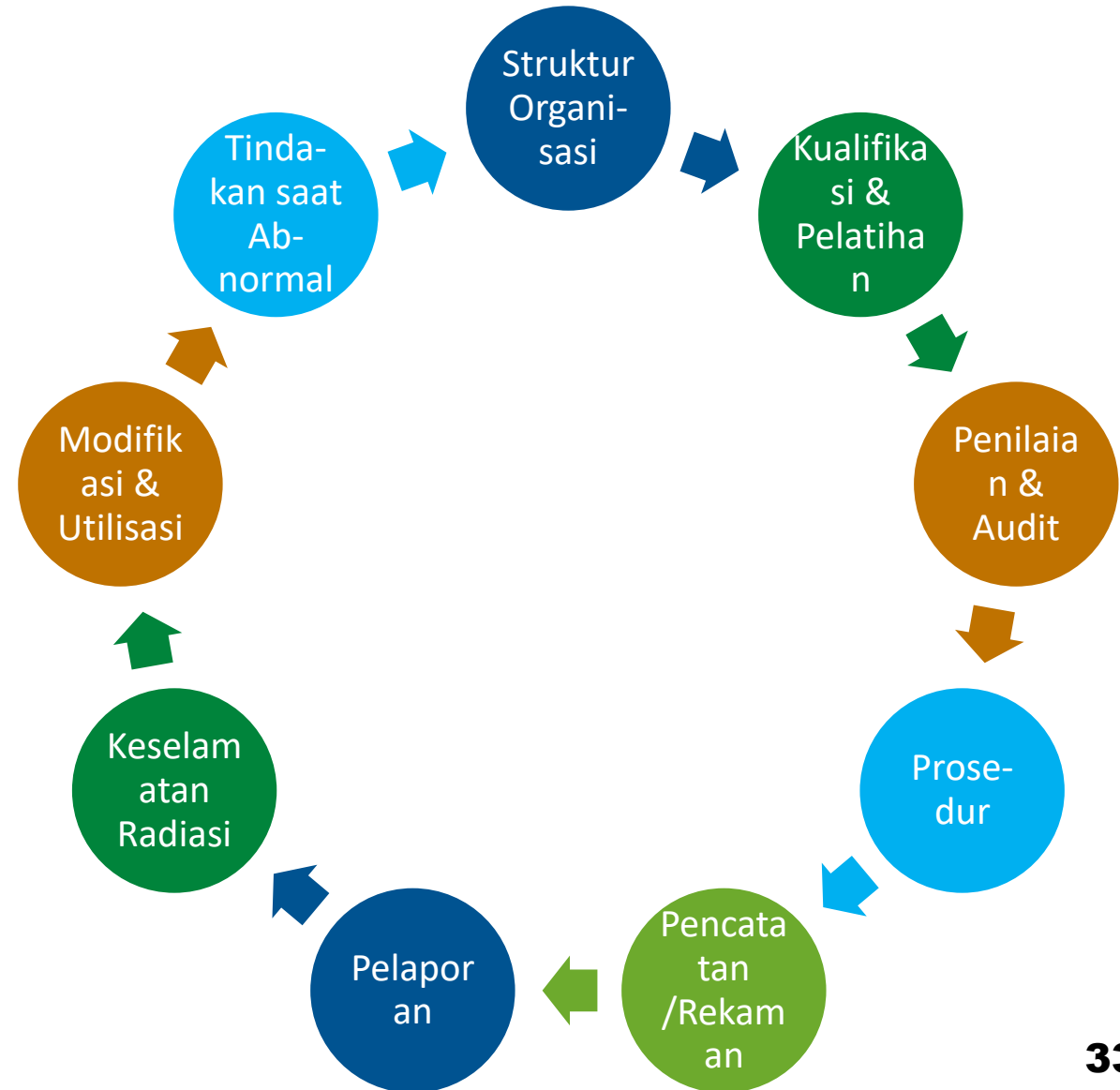
- Diukur minimum 1 kali /bulan.

Radioaktivitas Lingkungan

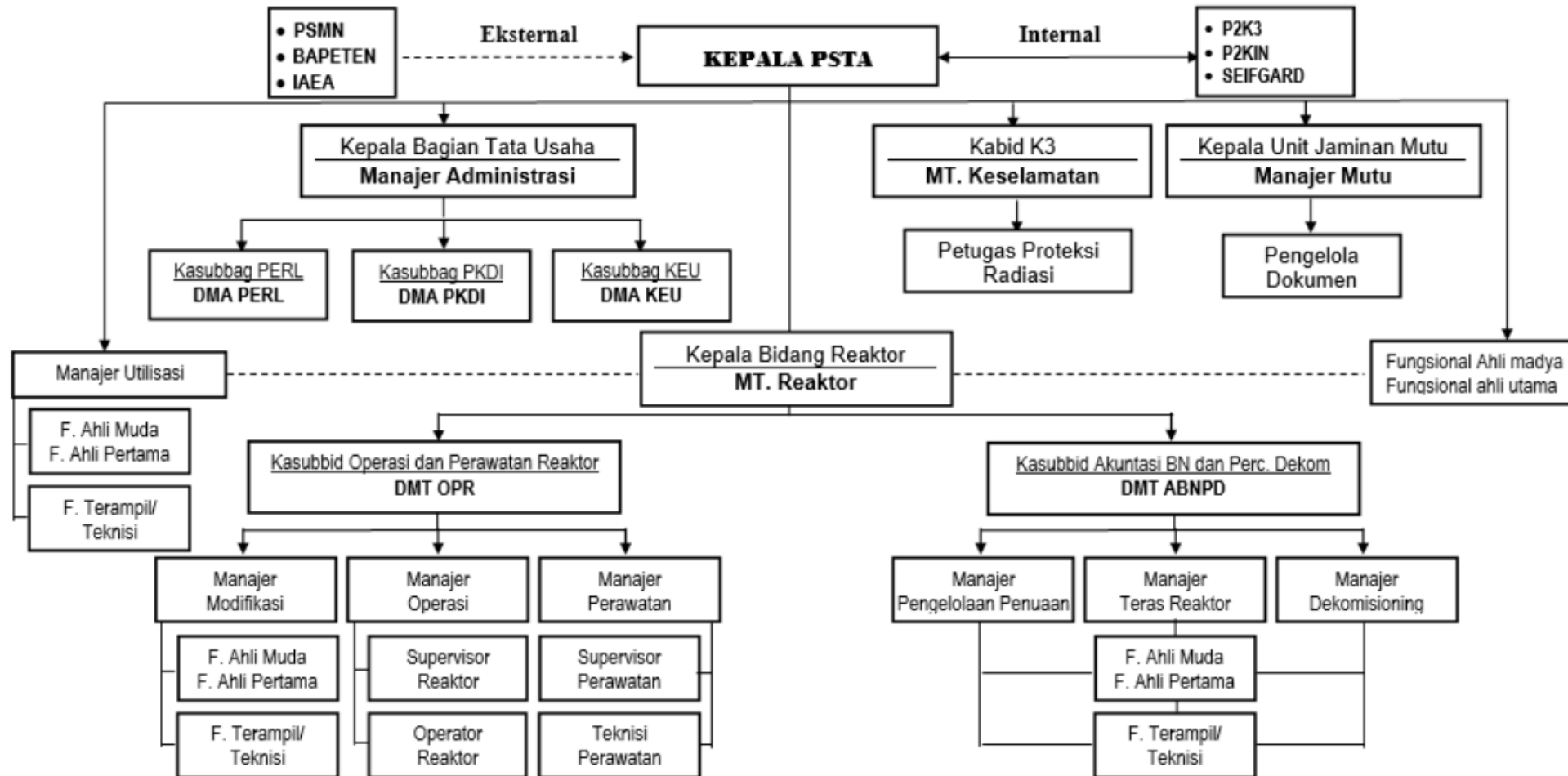
- Sampling tanah, rumput, air dan udara minimum 1 kali / bulan.

Persyaratan Administrasi

- Bertujuan untuk menjamin kepatuhan terhadap BKO dan keselamatan instalasi nuklir.
- Kegiatan berupa inspeksi, uji fungsi dan pengecekan kalibrasi dalam interval waktu tertentu.



Struktur Organisasi



Struktur Organisasi Sistem Manajemen Reaktor Kartini

Lisensi: Badan Pengawas Tenaga Nuklir

Perka BAPETEN No 7 tahun 2019
Izin Bekerja Petugas Instalasi
Nuklir dan Bahan Nuklir



- **Supervisor dan operator** : Mengawasi dan melaksanakan operasi reaktor
- **Petugas Proteksi Radiasi** : Mengawasi paparan dan kontaminasi
- **Supervisor dan Teknisi** : Mengawasi dan melaksanakan kegiatan perawatan
- **Pengurus dan Pengawas** : Membukukan dan melaporkan kegiatan/obyek tersebut

Prasyarat : Min D3 teknik/eksak

Magang :Min 1 tahun

Mengikuti pelatihan, lulus ujian tulis, praktik dan lisan



Masa berlaku : 3-4 tahun, dapat diperpanjang/ rekualifikasi

Penilaian & Audit

Sistem Manajemen Reaktor Kartini

- Penilaian dan audit pada aspek operasi dan perawatan;
- Dilakukan oleh Unit Jaminan Mutu dan PSMN.

Sistem Manajemen Keselamatan Kerja & Kesehatan

- Penilaian dan audit pada aspek keselamatan operasi, radiasi, modifikasi & eksperimen baru;
- Dilakukan oleh P2KIN dan/P2K3;

Prosedur



Disiapkan oleh PJ Kegiatan

Dinilai oleh Eselon IV

Disetujui oleh UJM

Disahkan Eselon III

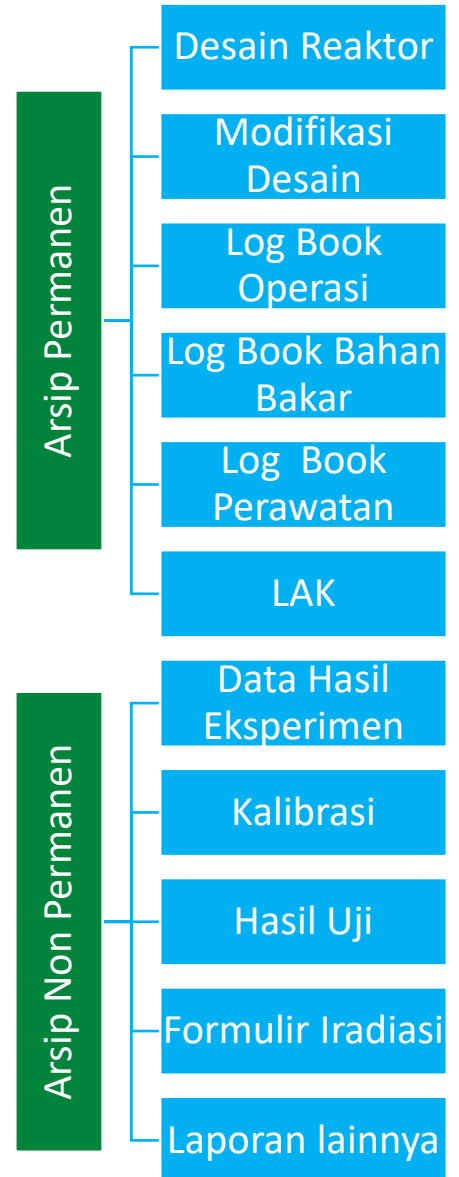
Jika terkait Operasi disahkan juga oleh P2K3 dan atau P2KIN

Pencatatan /Rekaman

Semua kegiatan OPR tercatat dalam logbook, direkam

Rekaman disimpan dalam ruang dokumen

Beberapa dokumen diarsip



Pelaporan

Laporan Operasi Reaktor

- Riwayat operasi, perawatan, kalibrasi, radioaktivitas.
- Dilaporkan 3 bulan sekali.

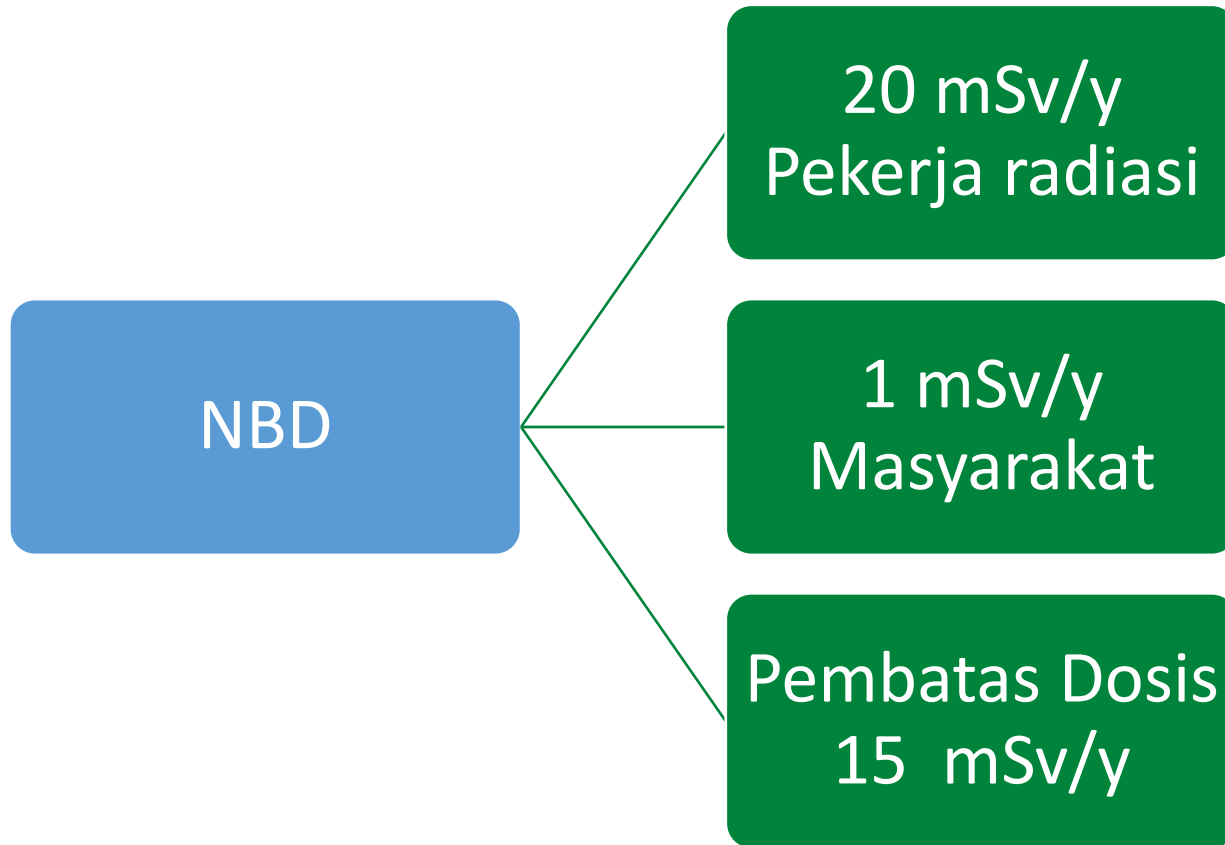
Laporan Penggunaan Bahan Bakar

- Perubahan bahan bakar, posisi termasuk konfigurasinya.
- Penggunaan bahan bakar.

Laporan Kejadian Darurat/Abnormal

- Menelpon/fax 1 kali 24 jam.
- Laporan resmi tertulis maks. 3 hari kerja setelah kejadian berlangsung.

Keselamatan Radiasi



Batas Radioaktivitas Lingkungan

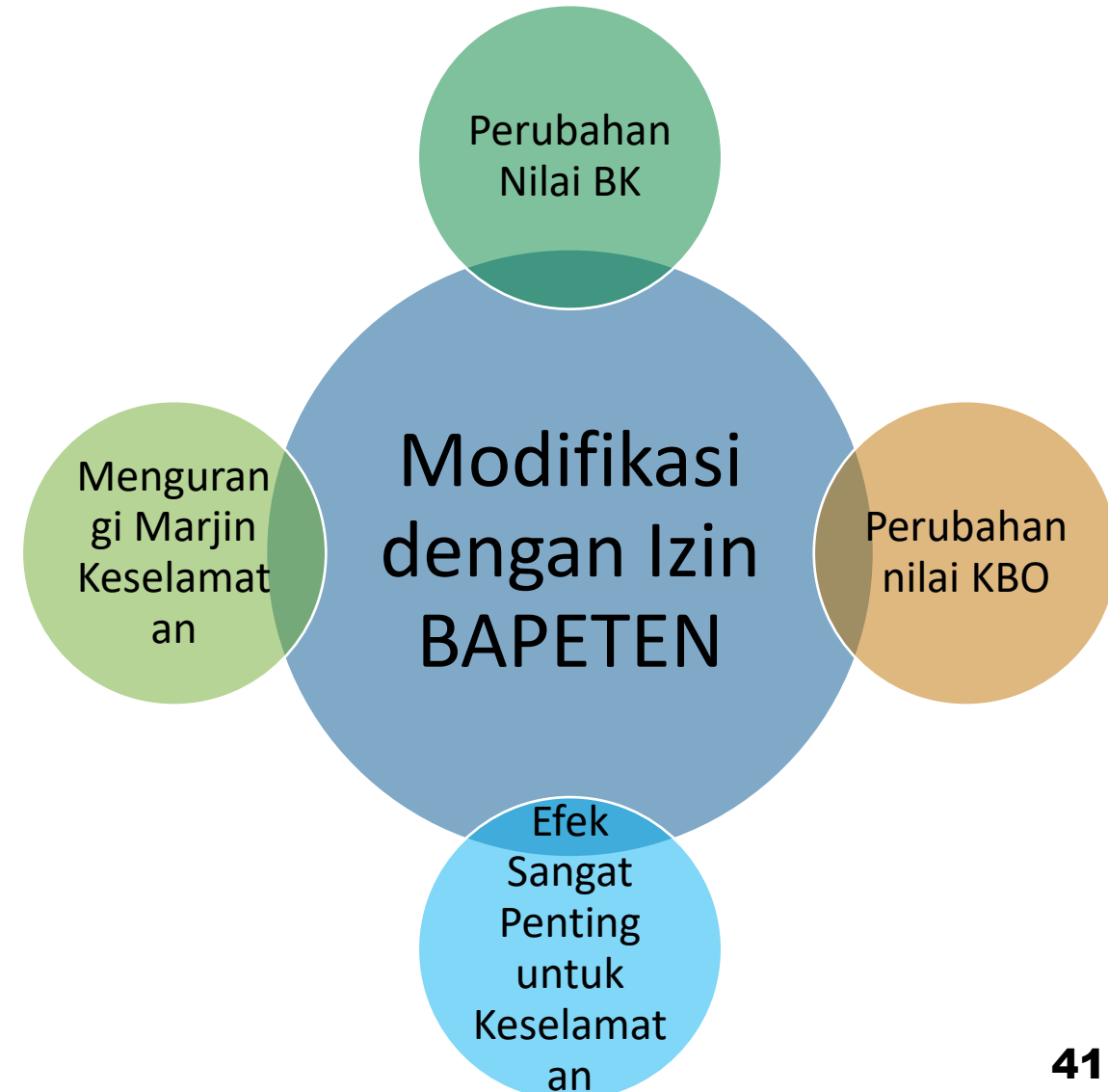
- Tidak melebihi batas yang ditetapkan Perka BAPETEN 7 tahun 2017.
- Metode sampling tanah, rumput, udara dan air sampai radius 1 Km.

Modifikasi Fasilitas Radiasi

- Desain Kajian Keselamatan;
- Disetujui oleh Pantia Pembina Keselamatan;
- Analisa keselamatan, prosedur desain, konstruksi dan komisioning.

Eksperimen Baru

- Di dalam teras reaktor: Buat Analisa Keselamatan Operasi Reaktor;
- Di luar teras: Buat Kajian Radiologi;
- Disetujui Pantia Pembina Keselamatan



Penyimpangan KBO

- Tindakan pengendalian sesuai prosedur;
- Dicatat dan dicari penyebabnya;
- Tindak lanjut agar tidak terulang Kembali.

Batas Keselamatan Terlampaui

- Supervisor perintahkan operator untuk padamkan reaktor;
- Catat dan laporkan ke Kasubid Operasi dan Perawatan;
- Kasubid laporkan ke Kabid reaktor;
- Koordinasikan dengan P2KR;
- Kajian penyebab dan tindak lanjut perbaikan.

Nilai BK, SSK & KBO

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
1	Periode minimum	< 5 detik	≤ 7 detik	>10 detik (mencegah kritikalitas serempak)
2	Daya Reaktor	≥115 kW	≥110 kW	≤105 kW alarm (mencegah kerusakan kelongsong akibat suhu)
3	Level sumber			≥ 0,9 E -7% daya (mencegah kekritisian yang mendadak)
4	Tegangan tinggi detector FC			≥ 300 V (menjamin operasi di daerah plateau detektor)
5	Tegangan tinggi detector CIC			+300 s/d 750 V (menjamin daerah operasi kamar ionisasi)

Nilai BK, SSK & KBO (2)

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
6	Waktu jatuh batang kendali			$\leq 0,6$ detik (memantau hambatan terhadap mekanisme jatuh bebas)
7	a. Suhu bahan bakar maksimum b. Jumlah alat ukur temperatur bahan bakar minimal			$\leq 700^{\circ}C$ (mencegah keretakan kelongsong) 1 buah
8	<i>Burn-up</i> bahan bakar			$\leq 50\%$ (batas kekritisian)
9	Faktor daya Puncak Maksimum a. Aksial b. Radial			1,4050 1,7908 (mencegah pendidihan inti-DNB)

Nilai BK, SSK & KBO (3)

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
11.	Pendingin Primer			
	a. Level air tangki (diukur dari bagian atas(bibir) tangki reaktor) b. Jumlah minimum alat ukur level air			10 cm < Level Air < 20 cm (mencegah radiasi dari teras tidak mencapai dek reaktor) 1 buah
	c. Laju alir d. Jumlah minimum alat ukur laju alir			≥ 140 lpm*) (menjamin pengambilan bahang dari teras pada daya 110 kW) 1 buah
	e. Suhu masuk tangki reaktor f. Suhu keluar tangki reaktor			$\leq 43^{\circ}\text{C}$ $\leq 45^{\circ}\text{C}$ (memantau efektivitas pengambilan bahan dari teras oleh alat penukar panas/HE)

Nilai BK, SSK & KBO (4)

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
11.	Pendingin Primer			
	g. pH			5,5-7 (memantau tingkat keasaman air terkait pencegahan korosi)
	h. Tahanan jenis air sebelum masuk Deminerarizer			$\geq 2 \text{ M } \Omega\text{cm}$ (memantau kandungan mineral)
	i. Kadar Mg, Ca, Na			$\leq 1 \text{ ppm}$ (memantau kadar unsur terkait pencegahan korosi)
	j. Tingkat radioaktivitas ATR			$\leq 0,5 \text{ } \mu\text{Ci/l}$ (memantau keberadaan produk)
	k. Konduktivitas Water make up Air Tangki			$\leq 3 \text{ } \mu\text{S/cm}$

Nilai BK, SSK & KBO (5)

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
13	Pendingin Sekunder			
	a. Suhu masuk HE			$< 40^{\circ} \text{C}$
	b. Suhu keluar HE			$< 42^{\circ} \text{C}$
	c. Konduktivitas			$800 \mu\text{S/cm}$
	d. PH			5.5
	e. Jumlah minimal alat ukur temperatur pendingin primer			2 buah (inlet dan outlet)
	f. Laju alir			$\geq 820 \text{ lpm}$ (HE tube) $\geq 520 \text{ lpm}$ (HE plat)
	g. Jumlah minimum alat ukur laju alir			1 buah (menjamin efektivitas pengambilan bahan dari air pendingin primer)

Nilai BK, SSK & KBO (6)

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
14	Radioaktivitas udara di Gedung Reaktor dan Lingkungan			
	a. Radioaktivitas udara di Gedung Reaktor			$\leq 2,00$ Bq/l (memantau keberadaan radionuklida di udara)
	b. Pelepasan efluen di ujung cerobong			$\leq 0,04$ Bq/l (memantau keberadaan radionuklida pada efluen)
	c. Beda tekanan udara antara di dalam dengan di luar reaktor			0,01-0,1 cm H ₂ O atau tekanan Negatif (mencegah pelepasan efluen ke luar gedung reaktor)
	d. Jumlah minimum pompa hisap udara sistem ventilasi			1 buah

Nilai BK, SSK & KBO (7)

No	Parameter Operasi	Batas Keselamatan (BK)	Setting Sistem Keselamatan (SSK)	Kondisi Batas Operasi (KBO)
15	Laju Paparan			
	a. Ruang kontrol			≤ 2,5 mR/jam Survei meter Portable
	b. Dek reaktor			≤ 10 mR/jam Alarm
	c. Permukaan air tangki			≤ 100 mR/jam
	d. Demineralizer			≤ 25 mR/jam Alarm
	e. Thermal Column			≤ 10 mR/jam Alarm
	f. Perangkat sub kritik			≤ 2,5 mR/jam Alarm
	g. Bulk Shielding			≤ 2,5 mR/jam

*) Kalibrasi daya

- Kondisi operasi pada saat kalibrasi daya pompa primer dimatikan.
- Jika temperatur pendingin primer > 45°C maka tindakan *shutdown* manual dilakukan.
- Dengan asumsi temperatur rerata pendingin primer 33°C.
- Untuk mencapai batas kondisi operasi 45°C diperlukan waktu sekitar = 1 jam x (45-35)/2 = 6 jam
- Pada saat operasi reaktor dilakukan pencatatan parameter operasi setiap jam.

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