



KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA

PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR 2 TAHUN 2014  
TENTANG  
MANAJEMEN TERAS SERTA PENANGANAN DAN PENYIMPANAN  
BAHAN BAKAR NUKLIR PADA REAKTOR NONDAYA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

Menimbang : a. bahwa salah satu pemanfaatan teknologi nuklir adalah pengoperasian reaktor nondaya sebagai sarana pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kepentingan kesejahteraan manusia;

b. bahwa sebagai pelaksanaan Pasal 29 Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir perlu menetapkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang penatalaksanaan operasi;

c. bahwa dalam penatalaksanaan operasi reaktor nondaya yang telah diatur dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2011 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Nondaya perlu mengatur lebih rinci mengenai manajemen teras serta penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tersendiri;

d. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, huruf b, dan huruf c perlu menetapkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Manajemen Teras serta Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir pada Reaktor Nondaya;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Lembaran Negara Republik Indonesia

Tahun ...

Tahun 1997 Nomor 23, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3676);

2. Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 107, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5313);
3. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2011 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Nondaya (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 534);

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR TENTANG MANAJEMEN TERAS SERTA PENANGANAN DAN PENYIMPANAN BAHAN BAKAR NUKLIR PADA REAKTOR NONDAYA.

Pasal 1

Dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir ini, yang dimaksud dengan:

1. Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang selanjutnya disingkat BAPETEN adalah instansi yang bertugas melaksanakan pengawasan melalui peraturan, perizinan, dan inspeksi terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir.
2. Bahan Bakar Nuklir adalah bahan yang dapat menghasilkan proses transformasi inti berantai.
3. Bahan Bakar Nuklir Segar adalah bahan bakar nuklir yang belum teriradiasi baik yang berasal dari fabrikasi dari bahan dapat belah maupun dari hasil proses olah ulang dari bahan bakar nuklir teriradiasi.
4. Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi adalah bahan bakar nuklir yang telah diiradiasi dalam teras reaktor.

5. Komponen Teras adalah elemen dari teras reaktor, selain dari perangkat bahan bakar nuklir, yang digunakan untuk menunjang struktur dari bangunan teras, atau peralatan, alat atau komponen lain yang dimasukkan ke dalam teras reaktor untuk pemantauan teras, pengendalian aliran atau tujuan teknis lainnya.
6. Manajemen Teras adalah kegiatan yang berkaitan dengan perangkat bahan bakar, komponen teras dan kendali reaktivitas.
7. Penanganan Bahan Bakar Nuklir adalah kegiatan yang berhubungan dengan pemindahan, penempatan, serta pengendalian bahan bakar nuklir segar dan bahan bakar nuklir teriradiasi termasuk komponen teras teriradiasi.
8. Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir adalah penempatan bahan bakar nuklir di dalam fasilitas yang dilengkapi pengungkung.
9. Kask adalah wadah berperisai yang digunakan untuk menyimpan dan/atau mengirim bahan bakar nuklir teriradiasi.
10. Reaktor Nondaya adalah reaktor nuklir yang memanfaatkan neutron untuk keperluan penelitian atau pembuatan isotop baik untuk kepentingan komersial maupun nonkomersial.
11. Pemegang Izin yang selanjutnya disingkat PI adalah orang atau badan yang telah menerima izin pemanfaatan tenaga nuklir dari BAPETEN.
12. Batasan dan Kondisi Operasi yang selanjutnya disingkat BKO adalah seperangkat ketentuan operasi untuk menetapkan batas parameter, kemampuan fungsi, dan tingkat kinerja peralatan dan personil, yang telah disetujui oleh Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir untuk pengoperasian instalasi nuklir dengan selamat.
13. Utilisasi adalah penggunaan instalasi nuklir, penggunaan eksperimen atau penggunaan peralatan eksperimen selama

operasi instalasi nuklir.

14. Margin Shutdown adalah reaktivitas negatif yang disediakan sebagai tambahan yang diperlukan untuk mempertahankan reaktor dalam kondisi subkritis tanpa batas waktu, dengan batang kendali yang paling reaktif diangkat dari teras, dan semua eksperimen yang dapat dipindahkan atau diubah selama operasi berada dalam kondisi paling reaktif.

#### Pasal 2

Peraturan Kepala BAPETEN ini bertujuan memberikan ketentuan bagi PI untuk memastikan Manajemen Teras serta Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir pada Reaktor Nondaya memenuhi persyaratan keselamatan.

#### Pasal 3

- (1) Peraturan Kepala BAPETEN ini mengatur mengenai Manajemen Teras serta Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir pada Reaktor Nondaya.
- (2) Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mencakup Penanganan dan Penyimpanan Komponen Teras.

#### Pasal 4

- (1) Ketentuan dalam Peraturan Kepala BAPETEN ini diberlakukan berdasarkan pendekatan pemeringkatan bergantung pada karakteristik dan potensi bahaya radiologik reaktor.
- (2) Karakteristik dan potensi bahaya radiologik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berdasarkan pada:
  - a. jenis reaktor nuklir;
  - b. jenis bahan bakar nuklir;
  - c. tingkat daya; dan
  - d. lingkup utilisasi.

### Pasal 5

- (1) Dalam melaksanakan pengoperasian Reaktor Nondaya, PI harus menerapkan Manajemen Teras sesuai dengan sistem manajemen yang telah ditetapkan.
- (2) Manajemen teras sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi langkah-langkah:
  - a. perhitungan teras;
  - b. pengisian ulang bahan bakar nuklir;
  - c. verifikasi karakteristik teras;
  - d. pemantauan teras;
  - e. pemastian integritas bahan bakar nuklir; dan
  - f. penyediaan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras.

### Pasal 6

- (1) Dalam melakukan perhitungan teras sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf a, PI harus:
  - a. menetapkan metode komputasi;
  - b. menetapkan petugas yang melakukan perhitungan teras; dan
  - c. melakukan analisis kondisi dan karakteristik teras.
- (2) Perhitungan teras sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus dilakukan setiap kali sebelum dilakukan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir untuk memastikan nilai parameter teras tidak ada yang melampaui BKO.

### Pasal 7

- Dalam pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf b, PI harus melaksanakan:
- a. persiapan; dan
  - b. pengeluaran, pemuatan, dan/atau pemindahan Bahan Bakar Nuklir dan/atau Komponen Teras di dalam teras.

### Pasal 8

Dalam verifikasi karakteristik teras sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf c, PI harus melaksanakan:

- a. pengujian penarikan dan penyisipan setiap batang kendali;
- b. pengujian waktu jatuh batang kendali;
- c. kalibrasi batang kendali;
- d. pengujian margin shutdown;
- e. pemetaan fluks dalam teras; dan
- f. kalibrasi daya.

### Pasal 9

Dalam pemantauan teras sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf d, PI harus melakukan:

- a. pemantauan nilai parameter teras; dan
- b. evaluasi parameter teras.

### Pasal 10

(1) Dalam pemastian integritas Bahan Bakar Nuklir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf e, PI harus melakukan:

- a. pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir Segar pada saat penerimaan dan pemindahan;
- b. pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir pada saat pemuatan dan pengeluaran;
- c. pemeriksaan kondisi dan dimensi fisik Bahan Bakar Nuklir; dan
- d. penanganan Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau gagal.

(2) Pemeriksaan dimensi fisik Bahan Bakar Nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c dilakukan pada saat penerimaan dan dilakukan secara berkala setiap 5 (lima) tahun untuk Bahan Bakar Nuklir yang telah berada di dalam teras lebih dari 5 (lima) tahun.

### Pasal 11

Dalam penyediaan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf f, PI harus melakukan:

- a. penetapan spesifikasi Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras;
- b. verifikasi persyaratan pemasok;
- c. verifikasi melalui inspeksi di fasilitas fabrikasi; dan
- d. verifikasi dokumen fabrikasi dan pengujian, dan gambar terkini.

### Pasal 12

Ketentuan mengenai Manajemen Teras tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari peraturan Kepala BAPETEN ini.

### Pasal 13

- (1) Dalam pengoperasian Reaktor Nondaya PI harus melaksanakan Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir sesuai dengan sistem manajemen yang telah ditetapkan.
- (2) Penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terdiri atas:
  - a. penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir segar;
  - b. penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi;
  - c. penanganan dan penyimpanan Komponen Teras; dan
  - d. penanganan Bahan Bakar Nuklir dan Kask sebelum pengangkutan.
- (3) Ketentuan mengenai Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari peraturan Kepala BAPETEN ini.

Pasal 14

Ketentuan mengenai sistem manajemen diatur dengan Peraturan Kepala BAPETEN tersendiri.

Pasal 15

Peraturan Kepala BAPETEN ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, Peraturan Kepala BAPETEN ini diundangkan dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 10 Januari 2014

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

ttd.

AS NATIO LASMAN

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal 20 Januari 2014  
MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA,  
ttd.

AMIR SYAMSUDIN

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2014 NOMOR 85



KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA

## LAMPIRAN I

### PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR NOMOR 2 TAHUN 2014

#### TENTANG

MANAJEMEN TERAS SERTA PENANGANAN DAN  
PENYIMPANAN BAHAN BAKAR NUKLIR PADA REAKTOR  
NONDAYA

#### MANAJEMEN TERAS

Langkah-langkah Manajemen Teras terdiri atas:

- A. perhitungan teras;
- B. pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir;
- C. verifikasi karakteristik teras;
- D. pemantauan teras;
- E. pemastian integritas Bahan Bakar Nuklir; dan
- F. penyediaan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras.

##### A. Perhitungan Teras

Untuk melakukan perhitungan teras, ditetapkan metode komputasi, petugas yang melakukan perhitungan teras, dan dilakukan analisis kondisi dan karakteristik teras.

###### 1. Metode komputasi

Perhitungan teras dilakukan untuk memprediksi kinerja reaktor nondaya dengan menggunakan metode dan program komputer (*computer code*) yang sudah dilakukan verifikasi, validasi, dan *benchmark*. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan data hasil pengukuran parameter.

Dalam hal dilakukan perubahan atau penggantian program komputer, perlu dilakukan verifikasi dan validasi ulang sebelum digunakan untuk perhitungan teras.

## 2. Petugas perhitungan teras

Perhitungan teras dilakukan oleh petugas yang kompeten dan terlatih.

## 3. Analisis kondisi dan karakteristik teras

Analisis kondisi dan karakteristik teras yang menjadi bagian dari analisis keselamatan reaktor dilaksanakan secara komprehensif dalam penyusunan LAK pada saat pengajuan izin konstruksi.

Analisis kondisi dan karakteristik teras dilakukan ulang setiap kali sebelum dilakukan pengisian ulang (*refueling*) Bahan Bakar Nuklir. Parameter teras yang perlu dipertimbangkan dalam analisis tersebut, antara lain:

- a. fraksi bakar;
- b. reaktivitas teras;
- c. faktor puncak daya; dan
- d. margin *shutdown*.

Analisis kondisi dan karakteristik teras secara lebih komprehensif dilakukan dalam hal:

- a. terjadi perubahan pada konfigurasi teras;
- b. penggunaan bahan bakar yang jenisnya berbeda;
- c. keberadaan komponen teras yang lain; atau
- d. kondisi lain yang menyimpang dari asumsi dan kondisi dalam analisis keselamatan.

Parameter teras yang perlu dipertimbangkan analisis lebih komprehensif tersebut meliputi:

- a. variasi reaktivitas teras selama 1 (satu) siklus operasi akibat pengaruh fraksi bakar bahan bakar;
- b. reaktivitas batang kendali dan posisi batang kendali pada kondisi kritis dan dingin-bersih;
- c. reaktivitas lebih teras dan margin shutdown;
- d. reaktivitas peralatan eksperimen dan material yang diiradiasi;
- e. koefisien reaktivitas, misalnya koefisien reaktivitas temperatur dan void;
- f. distribusi fluks neutron di dalam Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras serta distribusi daya dalam Bahan Bakar Nuklir;

g. tingkat ...

- g. tingkat fraksi bakar dalam setiap Bahan Bakar Nuklir; dan
- h. distribusi fluks neutron secara keseluruhan di dalam teras.

## B. Pengisian Ulang Bahan Bakar Nuklir

Untuk pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir, dilakukan kegiatan persiapan serta pengeluaran, pemuatan, dan/atau pemindahan Bahan Bakar Nuklir dan/atau Komponen Teras di dalam teras.

### 1. Persiapan

Persiapan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir ditetapkan dalam prosedur tertulis.

Dalam persiapan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir perlu ditentukan rincian konfigurasi teras dan jadwal pemindahan Komponen Teras dan perangkat eksperimen, yang meliputi:

- a. bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras yang akan dikeluarkan dari tempat penyimpanan, rute yang akan dilewati, dan posisi yang akan ditempati di teras;
- b. bahan Bakar Nuklir yang akan dipindahkan di dalam teras atau dikeluarkan dari teras, termasuk posisi awal dalam teras dan posisi akhir baik di teras maupun di tempat penyimpanan serta urutan untuk pengeluaran dan pemuatan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras; dan
- c. pemeriksaan yang akan dilakukan pada setiap tahap.

Semua pemindahan Bahan Bakar Nuklir dan perubahan konfigurasi teras dikendalikan sesuai prosedur operasi yang ditetapkan untuk mencegah kerusakan pada komponen teras dan kekritisan yang tidak dikehendaki.

Pemeriksaan Bahan Bakar Nuklir dilakukan untuk mencegah terjadinya kesalahan saat pemindahan Bahan Bakar Nuklir.

Aspek yang perlu dipertimbangkan dalam persiapan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir antara lain:

- a. fraksi bakar, termasuk batasan maksimum fraksi bakar;
- b. pertimbangan khusus yang memerlukan pembatasan Bahan Bakar Nuklir dengan fraksi bakar tertentu untuk digunakan kembali seperti

adanya kerusakan Bahan Bakar Nuklir atau fraksi bakar terlampaui sebelum akhir siklus;

- c. temperatur pendingin dan kelongsong Bahan Bakar Nuklir dalam kaitannya dengan distribusi fluks, pola aliran, dan konfigurasi penyerap (*absorber*);
- d. kemampuan mekanik Bahan Bakar Nuklir untuk tahan terhadap kondisi teras reaktor dan operasi pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir, terutama untuk pemindahan (*shuffling*) dan penggunaan kembali Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi;
- e. titik tunda (*hold points*) yang ditetapkan dalam pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir dan dalam kenaikan daya setelah pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir;
- f. perubahan parameter teras yang diakibatkan pengeluaran Bahan Bakar Nuklir yang gagal dan penyisipan Bahan Bakar Nuklir baru;
- g. posisi atau orientasi Bahan Bakar Nuklir Segar dan Teriradiasi di dalam teras, dengan mempertimbangkan persyaratan reaktivitas, fraksi bakar, penambahan (*buildup*) produk fisi, dan pelaksanaan eksperimen/iradiasi;
- h. penyusutan (*depletion*) kandungan penyerap neutron dalam batang kendali dan penyerap dapat bakar;
- i. nilai margin *shutdown*; dan
- j. perbedaan nilai parameter operasi reaktor antara hasil pengukuran dan perhitungan.

Dalam pelaksanaan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir, ditunjuk petugas yang melakukan verifikasi untuk memastikan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras ditempatkan pada posisi yang sesuai.

Setiap peralatan yang dibutuhkan untuk penanganan Bahan Bakar Nuklir dan pemantauan teras selama proses pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir, diuji dan diperiksa terlebih dahulu sebelum pelaksanaan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir untuk memastikan peralatan tersebut beroperasi dengan baik.

Sarana komunikasi dua arah yang dapat diandalkan antara petugas Penanganan Bahan Bakar Nuklir dan petugas ruang kendali tersedia setiap saat.

## 2. Pengeluaran, pemuatan, dan/atau pemindahan Bahan Bakar Nuklir dan/atau Komponen Teras di dalam teras

Pengeluaran Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras dari dalam teras dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan dan dengan memastikan tersedianya pendinginan yang memadai.

Pengeluaran Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi, Komponen Teras teriradiasi dan bahan iradiasi dari dalam teras dilaksanakan dengan menerapkan tindakan proteksi radiasi. Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras teriradiasi ditempatkan di lokasi yang telah ditetapkan untuk menghindari penyebaran kontaminasi atau risiko paparan radiasi.

Pemuatan Bahan Bakar Nuklir dan komponen teras ke dalam teras dilaksanakan sesuai dengan prosedur dan pola konfigurasi teras yang telah ditetapkan. Pemeriksaan dilakukan untuk mengkonfirmasi teras telah dimuat dengan benar.

Dalam kegiatan pemuatan Bahan Bakar Nuklir dipastikan tidak ada peralatan atau bahan yang tidak diperlukan masuk ke dalam teras. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir dipastikan telah dipindahkan/dikeluarkan dari teras dan sekitarnya sebelum operasi reaktor dimulai.

Apabila pemuatan Bahan Bakar Nuklir atau pemindahan Komponen Teras ke dalam teras reaktor dilakukan pada kondisi shutdown, maka dipastikan dalam kondisi subkritis.

Pemindahan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras di dalam teras dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

Kesalahan yang ditemukan dalam pemuatan, pengeluaran, dan pemindahan didokumentasikan dan dievaluasi sebagai dasar untuk melakukan tindakan koreksi.

## C. Verifikasi Karakteristik Teras

Verifikasi karakteristik teras dilakukan setelah pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir ke dalam teras, dengan cara pengujian. Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

Pengujian tersebut paling sedikit mencakup:

1. pengujian penarikan dan penyisipan setiap batang kendali

Pengujian penarikan dan penyisipan setiap batang kendali dilakukan untuk memeriksa kemampuan operasinya, termasuk laju/kecepatan dan karakteristik lain seperti sistem kendali dan sistem proteksi;

2. pengujian waktu jatuh batang kendali

Pengujian waktu jatuh batang kendali dilakukan pada setiap batang kendali untuk memastikan batasan kecepatan batang kendali dalam BKO terpenuhi selama operasi;

3. kalibrasi batang kendali

Kalibrasi batang kendali dilakukan pada setiap batang kendali untuk mengetahui nilai reaktivitas setiap batang kendali. Kalibrasi batang kendali dilakukan pada saat reaktor kritis pada daya rendah, dingin-bersih dan bebas sumber. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan;

4. pengujian margin shutdown

Pengujian dilakukan dengan menarik batang kendali yang bernilai reaktivitas tertinggi ke posisi penarikan penuh, dan menempatkan peralatan eksperimen dan iradiasi dalam kondisi paling reaktif, dan memastikan bahwa teras memenuhi persyaratan margin *shutdown*;

5. pemetaan fluks neutron dalam teras

Pemetaan fluks neutron dalam teras dilakukan sekali dalam beberapa siklus, dan hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil perhitungan; dan

6. kalibrasi daya

Kalibrasi daya dilakukan untuk mengetahui daya reaktor yang sebenarnya. Setelah daya sebenarnya diketahui dilakukan penyesuaian instrumen sesuai dengan hasil kalibrasi.

#### D. Pemantauan Teras

Pemantauan teras dilakukan setelah verifikasi karakteristik teras.

Pemantauan teras mencakup:

1. pemantauan nilai parameter teras; dan
2. evaluasi parameter teras.

1. Pemantauan nilai parameter teras

Pemantauan teras dilakukan dengan memantau baik parameter terukur maupun parameter tidak terukur (diperoleh dari analisis parameter terukur).

Parameter yang dipantau, meliputi paling sedikit:

- a. kemampuan operasi, posisi dan pola reaktivitas batang kendali;
- b. reaktivitas sebagai fungsi posisi batang kendali;
- c. waktu jatuh batang kendali;
- d. ketersediaan pendingin primer (misalnya tingkat ketinggian air pendingin reaktor);
- e. tekanan, aliran dan kenaikan temperatur pendingin dan temperatur masuk dan keluar dari pendingin di sistem pendingin primer dan sekunder;
- f. temperatur moderator dan aliran massa;
- g. temperatur Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras;
- h. daya *output thermal* dari teras;
- i. faktor puncak fluks neutron lokal (faktor puncak daya);
- j. nilai aktivitas termasuk aktivitas produk fisi dalam pendingin primer dan sistem gas buang (*off-gas*); dan
- k. parameter fisika dan kimia pendingin primer dan moderator, seperti pH (derajat keasaman), konduktivitas, dan jumlah pengotor dan produk dekomposisi radiolisis.

Parameter yang dipantau oleh operator reaktor dinyatakan dalam bentuk nilai yang tersedia di ruang kendali baik dari hasil pengukuran instrumen maupun dari nilai turunannya.

Untuk mencegah kondisi batas untuk operasi normal terlampaui, disediakan peralatan tambahan seperti alarm dan instruksi untuk operator reaktor mengenai tindakan yang akan diambil.

Intrumentasi yang digunakan dalam memantau teras, antara lain:

- a. memiliki rentang yang memadai dan mencakup semua tingkat daya dari rentang sumber sampai daya penuh;
- b. memiliki kepekaan, jangkauan dan kalibrasi yang tepat untuk semua kondisi operasi dan kondisi kecelakaan;
- c. memudahkan evaluasi kinerja teras dan penilaian kondisi abnormal oleh operator; dan
- d. memberikan ...

- d. memberikan kepekaan tinggi terhadap perubahan reaktivitas teras secara keseluruhan dan memberikan dampak minimal terhadap perubahan fluks neutron lokal.

Dampak fasilitas eksperimen atau iradiasi yang berada di dalam teras atau dekat dengan teras dan kebutuhan pengukuran tambahan untuk mengkarakterisasi parameter tersebut perlu dipertimbangkan.

Untuk reaktor nondaya dengan dan/atau tanpa sistem sirkulasi paksa, pemantauan dilakukan terhadap aktivitas produk fisi di udara dan di dalam pendingin. Metode yang tepat ditentukan untuk mengidentifikasi setiap penyimpangan dan untuk melakukan analisis dalam menentukan:

- a. sifat dan keparahan cacat Bahan Bakar Nuklir;
- b. kemungkinan penyebab cacat Bahan Bakar Nuklir; dan
- c. tindakan yang direkomendasikan.

Hasil pemantauan dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk menentukan kesesuaian dengan tujuan desain dan asumsi yang ditetapkan dalam BKO. Apabila kondisi teras tidak sesuai maka diambil tindakan untuk mempertahankan reaktor dalam kondisi selamat. Hasil pemantauan dan pengujian digunakan untuk menilai dan memutakhirkkan kegiatan pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir dan optimisasi kinerja teras.

## 2. Evaluasi parameter teras

Evaluasi parameter teras dilakukan dengan membandingkan antara hasil perhitungan teras dengan pengukuran pemantauan nilai parameter teras. Dalam hal terjadi perbedaan yang signifikan antara hasil perhitungan teras dengan hasil pengukuran parameter teras, reaktor dipastikan berada dalam kondisi selamat, misalnya dengan cara menurunkan daya atau men-*shutdown* reaktor. Perbedaan yang signifikan adalah perbedaan yang lebih besar daripada ketidakpastian pada perhitungan dan ketidakpastian pada pengukuran.

Perhitungan dan pengukuran parameter teras dikaji ulang untuk mengetahui penyebab perbedaan signifikan tersebut dan selanjutnya dilakukan tindakan korektif setelah diketahui penyebabnya.

Pendekatan yang konservatif, yang didasarkan pada pengukuran parameter teras utama, (seperti: massa kritis, reaktivitas batang kendali,

margin *shutdown*) diterapkan dalam pengambilan keputusan terhadap kelanjutan operasi reaktor.

Hasil pemantauan dan pengujian teras digunakan juga untuk meninjau dan memperbarui program pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir dan optimalisasi kinerja teras.

Kondisi teras setelah *startup* dan *shutdown* dipantau untuk memastikan:

- a. reaktivitas dan konfigurasi batang kendali seperti yang diperkirakan;
- b. laju aliran pendingin berada dalam batas yang ditentukan;
- c. bejana reaktor dan komponen struktur teras dan peralatan eksperimen dalam kondisi baik dan bekerja dengan normal; dan
- d. temperatur pendingin dan komponen teras sesuai dengan ketentuan.

Selain evaluasi terhadap perbedaan antara hasil perhitungan teras dan hasil pengukuran parameter teras juga dilakukan evaluasi terhadap dampak dan implikasi keselamatan dari iradiasi bahan teras, komponen teras, dan fasilitas eksperimen dan iradiasi, termasuk efek penuaan yang dihasilkan dari iradiasi, termal dan batasan densitas fisi.

Hasil evaluasi tersebut direkam dalam bentuk dokumen tertulis dan menjadi dasar dalam memastikan kesesuaian dengan BKO dan untuk tindakan koreksi yang tepat.

#### E. Pemastian Integritas Bahan Bakar Nuklir

Untuk memastikan integritas bahan bakar nuklir, dilakukan pemeriksaan terhadap Bahan Bakar Nuklir berupa:

1. pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir Segar pada saat penerimaan dan pemindahan;
2. pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir pada saat pemuatan dan pengeluaran;
3. pemeriksaan kondisi dan dimensi fisik Bahan Bakar Nuklir; dan
4. penanganan Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau gagal.

1. Pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir Segar pada saat penerimaan dan pemindahan

Pada saat penerimaan dan pemindahan, kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir Segar dan Komponen Teras diperiksa. Pemeriksaan dilakukan terhadap kriteria penerimaan yang ditetapkan untuk memastikan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras sesuai spesifikasi desain.

2. Pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir pada saat pemuatan dan pengeluaran

Sebelum pemuatan Bahan Bakar Nuklir, dilakukan pemeriksaan kondisi fisik dan identitasnya. Pemeriksaan dilakukan sesuai dengan kriteria penerimaan yang telah ditetapkan untuk memastikan Bahan Bakar Nuklir yang rusak tidak dimuat ke teras.

Pada saat pengeluaran Bahan Bakar Nuklir, dilakukan pemeriksaan kondisi fisik dan identitas Bahan Bakar Nuklir.

3. Pemeriksaan kondisi dimensi fisik Bahan Bakar Nuklir

Selama reaktor beroperasi, dilakukan pemeriksaan kondisi fisik Bahan Bakar Nuklir.

Pada saat penerimaan Bahan Bakar Nuklir teriradiasi dilakukan pemeriksaan dimensi fisik. Untuk Bahan Bakar Nuklir yang berada di teras lebih dari 5 (lima) tahun, dilakukan pemeriksaan dimensi secara berkala setiap 5 (lima) tahun.

4. Penanganan Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau gagal

Penanganan Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau gagal meliputi kegiatan:

- a. pemeriksaan kerusakan dan pengeluaran dari teras reaktor;
- b. perbaikan Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau gagal jika memungkinkan;
- c. karantina; dan
- d. penyimpanan.

Salah satu indikasi kegagalan Bahan Bakar Nuklir adalah peningkatan aktivitas produk fisi di atas nilai yang ditetapkan. Pemantauan aktivitas produk fisi pendingin dilakukan secara rutin melalui instrumen *on-line* dan/atau pengukuran aktivitas dalam sampel. Investigasi isotop produk fisi tertentu diperlukan untuk menggambarkan kegagalan.

Tingkat aktivitas produk fisi ditentukan selama periode awal operasi reaktor setelah *startup* untuk memberikan referensi tingkat aktivitas produk fisi latar.

Bahan Bakar Nuklir yang diduga mengalami kegagalan diidentifikasi dan dikeluarkan sebelum operasi reaktor dilanjutkan. Operasi reaktor secara terbatas dapat dilakukan untuk mengidentifikasi perangkat yang gagal dan menyelidiki penyebab kegagalan. Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras yang berdekatan juga diperiksa.

Segala upaya perbaikan terhadap Bahan Bakar Nuklir yang rusak didasarkan pada teknik yang teruji dan dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan yang mengacu pada prosedur yang dibuat oleh instalasi fabrikasi pembuat Bahan Bakar Nuklir.

Dalam hal terdapat kerusakan, Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras dikeluarkan untuk diperiksa sebelum disimpan. Untuk mengidentifikasi kerusakan tersebut dilakukan pemeriksaan terhadap Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras yang berdekatan.

Untuk memastikan tindakan korektif diambil terhadap Bahan Bakar Nuklir yang gagal, prosedur dalam penanganan Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau gagal memuat antara lain:

- a. tindakan untuk investigasi kegagalan Bahan Bakar Nuklir yang diperkirakan;
- b. upaya untuk mengidentifikasi Bahan Bakar Nuklir yang gagal dan pengeluaran dari teras;
- c. upaya untuk menyelidiki dan mengidentifikasi penyebab hilangnya integritas Bahan Bakar Nuklir atau kerusakan Bahan Bakar Nuklir;
- d. upaya untuk mengatasi penyebab kerusakan Bahan Bakar Nuklir;
- e. kegiatan pemantauan terhadap Bahan Bakar Nuklir; dan
- f. pembelajaran dari pengalaman untuk mencegah kegagalan akibat penyebab yang sama.

Bahan Bakar Nuklir yang diduga gagal, dikarantina untuk mencegah digunakan kembali. Selama karantina, Bahan Bakar Nuklir ditangani dengan tepat untuk mengurangi kontaminasi pada fasilitas penyimpanan dan untuk memenuhi persyaratan pengiriman.

#### F. Penyediaan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras

Dalam melakukan penyediaan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras, dilakukan penetapan spesifikasi Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras, verifikasi persyaratan pemasok, verifikasi melalui inspeksi di fasilitas fabrikasi dan verifikasi terhadap dokumen fabrikasi dan pengujian, dan gambar terkini. Kegiatan penyediaan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras dilakukan juga dengan pengisian semua formulir permintaan kandungan bahan dapat belah, dan penyelesaian jika terjadi ketidaksesuaian dalam fabrikasi Bahan Bakar Nuklir atau Komponen Teras.

##### 1. Penetapan spesifikasi Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras

Penetapan spesifikasi Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras dilakukan sebelum pemesanan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras. Spesifikasi tersebut sesuai dengan desain reaktor yang telah ditetapkan.

##### 2. Verifikasi persyaratan pemasok

Verifikasi persyaratan pemasok dilakukan untuk memastikan kemampuan pemasok dalam menyediakan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras sesuai spesifikasi yang ditetapkan untuk memenuhi persyaratan kualitas Bahan Bakar Nuklir.

##### 3. Verifikasi melalui inspeksi di fasilitas fabrikasi

Untuk Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras jenis baru atau desain baru, dapat dilakukan verifikasi melalui inspeksi di fasilitas pemasok sebelum dikirim ke instalasi nuklir. Inspeksi dilakukan dengan memeriksa integritas Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras untuk memastikan kesesuaian spesifikasi desain yang telah ditetapkan.

4. Verifikasi dokumen fabrikasi dan pengujian, dan gambar terkini

Untuk Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras jenis baru atau desain baru dilakukan verifikasi dokumen fabrikasi. Verifikasi dokumen fabrikasi dilakukan dengan mengaudit dokumentasi yang berkaitan dengan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras untuk menunjukkan bahwa Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras yang dipasok sesuai dengan spesifikasi dan tujuan desain.

Dokumentasi yang disiapkan untuk pendataan Bahan Bakar Nuklir jenis baru atau desain baru mencakup paling sedikit:

- a. informasi tentang desain Bahan Bakar Nuklir dan data perkiraan, gambar terkini dan pemantauan kondisi di teras reaktor;
- b. hasil analisis dan pengujian yang digunakan untuk mengembangkan korelasi pemantauan margin termal;
- c. hasil verifikasi nilai batas neutronik, termohidraulik, dan mekanik untuk kesesuaian dengan desain; dan
- d. hasil analisis keselamatan, termasuk analisis pada kondisi transien.

Dalam hal terdapat desain baru, maka dilakukan pengujian terhadap Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras tersebut. Pengujian dilakukan sesuai dengan program pengujian yang telah ditetapkan. Program pengujian untuk menilai perilaku desain baru, memuat antara lain:

- a. pengujian Bahan Bakar Nuklir baru yang dilakukan sesuai dengan prosedur administratif, peralatan dan perlengkapan;
- b. pemantauan kinerja dari Bahan Bakar Nuklir baru, termasuk efek korosi;
- c. pembelajaran dari pengalaman operasi reaktor yang menggunakan Bahan Bakar Nuklir yang sejenis atau memiliki kemiripan desain.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

td.

AS NATIO LASMAN



KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN II

PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR 2 TAHUN 2014  
TENTANG  
MANAJEMEN TERAS SERTA PENANGANAN DAN  
PENYIMPANAN BAHAN BAKAR NUKLIR PADA REAKTOR  
NONDAYA

PENANGANAN DAN PENYIMPANAN BAHAN BAKAR NUKLIR DAN  
KOMPONEN TERAS

Penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras meliputi:

- A. Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Segar;
- B. Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Teriradiasi;
- C. Penanganan dan Penyimpanan Komponen Teras; dan
- D. Penanganan Bahan Bakar Nuklir dan Kask sebelum pengangkutan.

Pertimbangan dalam penanganan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras secara khusus meliputi antara lain:

- a. status reaktivitas;
- b. integritas komponen teras;
- c. panas yang ditimbulkan; dan
- d. proteksi radiasi, termasuk perisai yang tersedia.

Potensi masalah yang dipertimbangkan dalam penanganan Bahan Bakar Nuklir meliputi:

- a. kekritisan;
- b. kerusakan fisik Bahan Bakar Nuklir akibat benturan atau jatuh;
- c. kerusakan Bahan Bakar Nuklir karena kurangnya pendinginan;
- d. distorsi, penggembungan (*swelling*) atau pembengkokan (*bowing*) Bahan Bakar Nuklir; dan
- e. paparan radiasi terhadap petugas selama penanganan.

Pertimbangan dalam penanganan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras secara umum meliputi antara lain:

- a. pengendalian ...

- a. pengendalian dan pengawasan yang berkaitan dengan proteksi radiasi;
- b. ketersediaan dan kemampuan operasi peralatan dan perlengkapan, termasuk perangkat bantu visual untuk memantau kegiatan;
- c. integritas penyungkup dan pengungkung selama penanganan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras;
- d. kemampuan operasi sistem ventilasi;
- e. keandalan sumber daya listrik;
- f. kemampuan operasi detektor fluks neutron dan alarm pada rentang *startup*;
- g. semua batang kendali sepenuhnya berada di dalam teras reaktor atau dengan cara lain, untuk memastikan reaktor dalam kondisi sub kritis;
- h. penetapan rentang waktu minimum antara *shutdown* dan saat pemindahan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras;
- i. ketersediaan dan kemampuan instrumentasi keselamatan yang diperlukan dalam kegiatan sesuai dengan spesifikasi;
- j. ketersediaan pendingin dan pendingin darurat yang memadai;
- k. pelaksanaan prosedur yang tepat untuk mencegah masuknya benda asing ke dalam reaktor;
- l. upaya untuk mencegah pergerakan benda yang tidak diperlukan di atas teras reaktor;
- m. kecukupan komunikasi antara ruang kendali dan daerah penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir;
- n. pembagian tugas dan wewenang yang jelas;
- o. pemeriksaan akhir untuk memastikan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras sudah dimasukkan dan ditempatkan di posisi yang tepat;
- p. pengendalian akses; dan
- q. ketersediaan prosedur kedaruratan untuk kecelakaan penanganan bahan bakar nuklir.

#### A. Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar

Kegiatan penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar dilaksanakan dengan mencegah kekritisan dan kerusakan fisik Bahan Bakar Nuklir ketika sedang ditangani atau disimpan. Bahan Bakar Nuklir Segar dilindungi terhadap kerusakan yang dapat mempengaruhi kinerja Bahan

Bakar Nuklir dalam teras, misalnya menyebabkan terjadinya penyumbatan aliran pendingin.

Kegiatan penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan untuk:

- a. mencegah terjadinya kerusakan dan kondisi kritis;
- b. memenuhi persyaratan administrasi dan memberikan petunjuk teknis dalam pemeriksaan Bahan Bakar Nuklir Segar, termasuk tindakan yang akan dilakukan terhadap Bahan Bakar Nuklir Segar yang rusak;
- c. menghindari kontaminasi oleh pengotor yang dapat menurunkan integritas kelongsong; dan
- d. memastikan proteksi fisik terhadap pencurian dan sabotase.

Prosedur penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir ditinjau ulang dalam hal digunakan desain Bahan Bakar Nuklir jenis baru.

Tempat untuk penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar dipertahankan pada kondisi lingkungan, seperti kelembapan dan suhu, yang sesuai dan dikendalikan setiap saat untuk mencegah kontaminan kimia dan benda asing.

Akses ke tempat penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar dikendalikan untuk mencegah terjadinya pemindahan Bahan Bakar Nuklir Segar secara tidak sah, pencurian, dan sabotase. Tempat penyimpanan tidak boleh menjadi bagian dari rute akses ke area operasi lainnya.

Penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir dilaksanakan oleh petugas yang berkompeten.

Kegiatan Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar meliputi:

1. Penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar; dan
2. Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar.

#### 1. Penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar

Penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar meliputi penerimaan, pemeriksaan, dan pemindahan.

Dalam penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar peralatan proteksi radiasi digunakan untuk mencegah kontaminasi terhadap petugas dan

untuk mencegah kerusakan atau kontaminasi terhadap kelongsong Bahan Bakar Nuklir.

Penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar dilakukan dengan peralatan yang didesain khusus, untuk mengurangi kemungkinan kerusakan Bahan Bakar Nuklir selama penanganan. Peralatan penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar didesain sedemikian rupa sehingga dalam hal terjadi kegagalan peralatan selama penggunaannya, Bahan Bakar Nuklir tetap terjaga integritasnya. Peralatan penanganan Bahan Bakar Nuklir dan sistem yang terkait diperiksa secara berkala dan sebelum dimulai pengisian ulang Bahan Bakar Nuklir.

Petugas yang terlibat dalam penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar bekerja di bawah pengawasan supervisor reaktor, sesuai dengan prosedur yang ditetapkan dan ketentuan dalam Peraturan Kepala BAPETEN yang terkait. Sebelum Bahan Bakar Nuklir Segar diterima, dipastikan bahwa pengurus dan pengawas inventori Bahan Nuklir telah ditunjuk dan bertanggung jawab untuk mengendalikan Bahan Bakar Nuklir di tapak.

Bahan Bakar Nuklir Segar diterima dan diperiksa di tempat yang telah ditentukan, sesuai kriteria dan prosedur yang ditetapkan. Pemeriksaan kontainer Bahan Bakar Nuklir Segar dilakukan untuk memastikan identitas dan kondisi fisik kontainer. Bahan Bakar Nuklir Segar dikeluarkan dari kontener dan dilakukan pemeriksaan yang mencakup:

a. pemeriksaan visual:

Pemeriksaan visual meliputi pemeriksaan kondisi bahan bakar nuklir berupa adanya korosi, perubahan warna, dan lain-lain.

b. pemeriksaan identitas:

Pemeriksaan identitas Bahan Bakar Nuklir Segar meliputi pemeriksaan nomor identifikasi Bahan Bakar Nuklir dan dokumentasi yang terkait untuk memastikan bahwa Bahan Bakar Nuklir Segar yang diterima sesuai dengan permintaan dan sesuai dengan persyaratan.

c. pemeriksaan kontaminasi:

Pemeriksaan kontaminasi meliputi pemeriksaan kontaminasi permukaan luar bahan bakar nuklir.

d. pemeriksaan ...

d. pemeriksaan dimensi fisik;

Pemeriksaan dimensi fisik meliputi ukuran panjang, lebar, tinggi, dan lain-lain.

e. pemeriksaan kerusakan selama pemindahan atau pengangkutan;

Pemeriksaan kerusakan selama pemindahan atau pengangkutan meliputi pemeriksaan kondisi bahan bakar nuklir berupa cacat, goresan, bengkok, penyok, dan lain-lain.

Pemeriksaan yang dilakukan tidak boleh merusak Bahan Bakar Nuklir dan memasukkan benda asing ke dalamnya. Dalam hal terdapat benda asing, petugas pemeriksa mengidentifikasi dan mengeluarkan benda asing tersebut sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Dalam hal Bahan Bakar Nuklir Segar dipindahkan antar gedung atau bangunan di tapak, digunakan bungkus yang tepat untuk mencegah kerusakan atau kontaminasi. Rute untuk semua pemindahan Bahan Bakar Nuklir Segar dibuat sesingkat dan sesederhana mungkin. Lalu lintas kendaraan selama pemindahan Bahan Bakar Nuklir Segar, dibatasi.

## 2. Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar

Bahan Bakar Nuklir Segar setelah diterima ditempatkan di tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar yang memadai di tapak untuk mengakomodasi penerimaan seluruh Bahan Bakar Nuklir Segar. Tempat penyimpanan memenuhi persyaratan:

- a. disusun dan diidentifikasi untuk menghindari kesalahan penanganan yang tidak dikehendaki;
- b. ditetapkan sebagai daerah kendali sehingga hanya kegiatan penanganan Bahan Bakar Nuklir Segar yang boleh dilakukan;
- c. didesain bebas dari setiap peralatan, katup atau pipa yang memerlukan pengawasan berkala oleh petugas; dan
- d. dilengkapi dengan saluran untuk membuang air yang masuk dan menghindari banjir di tempat penyimpanan yang berpotensi dapat menimbulkan kekritisan.

Tindakan fisik atau administratif dilakukan untuk memastikan Bahan Bakar Nuklir Segar ditangani dan disimpan hanya di lokasi yang ditetapkan untuk mencegah adanya konfigurasi kritis.

Untuk sistem penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar yang menggunakan penyerap neutron tetap dan padat, program surveilan ditetapkan untuk memastikan penyerap tetap terpasang dan mempertahankan efektivitasnya.

Apabila Bahan Bakar Nuklir Segar disimpan di luar kontainer, diperlukan sistem ventilasi yang mampu untuk mencegah debu dan partikel udara masuk ke tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar.

Untuk mencegah kerusakan Bahan Bakar Nuklir Segar yang disimpan akibat kejatuhan benda tanpa disengaja, maka tidak boleh ada pemindahan benda di atas Bahan Bakar Nuklir Segar yang disimpan, kecuali telah dilakukan analisis keselamatan dan hanya diperbolehkan untuk kasus tertentu.

Tindakan meminimalkan risiko kebakaran diambil untuk mencegah akumulasi bahan mudah terbakar di tempat penyimpanan. Alat pemadam kebakaran disediakan untuk digunakan saat kebakaran yang melibatkan Bahan Bakar Nuklir Segar. Petunjuk pelaksanaan untuk memadamkan kebakaran dan penggunaan peralatan pemadam kebakaran yang tepat selalu tersedia. Petugas dilatih dalam menghadapi kebakaran dan selalu dalam keadaan siaga. Prosedur pemadaman kebakaran ditetapkan untuk mengendalikan masuknya moderator atau oksidator seperti air. Dalam mempertahankan subkritikalitas dipertimbangkan penambahan cairan penyerap neutron seperti air borat ke dalam tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar.

Program proteksi radiasi diberlakukan saat Bahan Bakar Nuklir Segar pertama dikirimkan ke tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Segar.

Dalam hal desain Bahan Bakar Nuklir Segar jenis baru yang akan diterima, dengan pengayaan bahan bakar nuklir berubah atau diperlukan pengaturan ulang rak, analisis keselamatan yang berkaitan dengan kekritisan, ditinjau ulang.

## B. Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi

Tujuan keselamatan terkait dengan penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir teriradiasi adalah antara lain untuk:

- a. memastikan ...

- a. memastikan subkritikalitas setiap saat;
- b. mencegah kerusakan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi;
- c. menjaga kondisi lingkungan dalam upaya mempertahankan integritas kelongsong Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi;
- d. menjamin tingkat pendinginan yang memadai; dan
- e. memastikan paparan radiasi dan lepasan zat radioaktif selama penanganan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dijaga serendah mungkin yang dapat dicapai.

Semua penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir teriradiasi dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

Untuk memastikan integritas dan mempertahankan subkritikalitas, Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi ditangani oleh petugas yang kompeten dengan peralatan dan perlengkapan yang sesuai, dan disimpan di fasilitas yang ditetapkan.

Akses ke tempat penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dikendalikan untuk mencegah terjadinya pemindahan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi secara tidak sah, pencurian dan sabotase.

Prosedur pengelolaan kejadian operasi terantisipasi dan kecelakaan dasar desain ditetapkan pada saat penanganan dan penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi. Prosedur pengelolaan tersebut mencakup kejadian yang timbul di dalam dan dari luar instalasi seperti seismik, kondisi meteorologi ekstrem, hilangnya catu daya listrik *off-site* atau kejadian terkait keamanan.

Kegiatan Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi meliputi:

1. Penanganan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi; dan
2. Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi.

#### 1. Penanganan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi

Penanganan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi meliputi pemeriksaan, dan pemindahan.

Penanganan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Hal-hal yang dipertimbangkan dalam prosedur antara lain:

- a. pemilihan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi yang akan diperiksa secara berkala selama berada di teras dan dalam penyimpanan sebagai Bahan Bakar Nuklir teriradiasi dan untuk pemeriksaan pascairradiasi;
- b. penggunaan perangkat uji untuk pengujian Bahan Bakar Nuklir desain baru dan untuk meningkatkan fraksi bakar, dan program tindak lanjut untuk Bahan Bakar Nuklir seperti di *hot cell* untuk mempelajari perilaku struktur; dan
- c. pengaturan yang ditetapkan untuk umpan balik dan pertukaran informasi dengan pemasok.

Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi diperiksa secara visual untuk mengetahui kerusakan fisik dan diidentifikasi serta direkam lokasinya.

Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi yang akan digunakan kembali di teras, dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui kinerja dan memprediksi perilaku Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi di teras. Hasil pemeriksaan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi, digunakan untuk memastikan integritas Bahan Bakar Nuklir yang akan digunakan kembali dan dapat memberikan umpan balik kepada pemasok perakitan Bahan Bakar Nuklir.

Pemeriksaan dilakukan di lokasi yang tepat dengan peralatan dan prosedur yang didesain untuk tujuan tersebut. Hasil pemeriksaan direkam dan dibandingkan dengan kriteria penerimaan yang ditetapkan.

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan untuk pemindahan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi memenuhi persyaratan dan diuji sebelum digunakan.

Penyebaran kontaminasi dikendalikan untuk memastikan keselamatan lingkungan operasi dan untuk mencegah pelepasan zat radioaktif yang tidak dapat diterima. Peralatan, perlengkapan dan prosedur khusus disediakan untuk mengatasi Bahan Bakar Nuklir yang rusak atau bocor. Wadah bersegel dengan desain yang disetujui tersedia untuk Bahan Bakar Nuklir yang bocor.

Perisai dipasang di sekitar area Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi ditempatkan, untuk melindungi pekerja dan memastikan paparan radiasi terhadap para pekerja dari produk fisi dan bahan teraktivasi serendah mungkin yang dapat dicapai.

## 2. Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi

Tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dipastikan tersedia dengan memadai dan memenuhi persyaratan. Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi disimpan hanya dalam konfigurasi yang telah ditetapkan. Dalam analisis Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi, dipertimbangkan semua jenis Bahan Bakar Nuklir yang digunakan dalam fasilitas dan nilai reaktivitas maksimum Bahan Bakar Nuklir di fasilitas penyimpanan selama umur fasilitas.

Dalam hal digunakan penyerap neutron untuk mempertahankan subkritikalitas, program surveilans dilakukan untuk memastikan integritas dari setiap penyerap neutron. Prosedur administrasi yang tepat dilaksanakan untuk memastikan subkritikalitasnya.

Apabila terdapat panas peluruhan yang signifikan dari Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi, perlu dipastikan sistem pemindahan panas mampu untuk mencegah degradasi Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi. Temperatur air kolam serta variasi perubahan temperatur dipertahankan dalam batas yang dapat diterima, dan kapasitas air umpan kolam cukup untuk mengimbangi penguapan. Kualitas pendingin dikendalikan untuk mencegah kerusakan kelongsong Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi. Untuk fasilitas penyimpanan kering, dipastikan tidak ada gangguan terhadap aliran media pendingin dan dipastikan keandalan yang memadai dari sistem ventilasi.

Untuk penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi di dalam air, karakteristik kimia dan fisika air kolam dijaga untuk:

- a. menghindari korosi Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi, rak penyimpan, dan struktur di kolam, dengan mempertahankan nilai pH yang cocok dan kondisi kimia dan fisika lainnya, seperti konsentrasi ion halogen dan konduktivitas;
- b. mengurangi tingkat kontaminasi dan radiasi di area kolam dengan mempertahankan ketinggian air di atas rak penyimpanan dan membatasi tingkat radioaktivitas dalam air; dan
- c. memudahkan penanganan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi di kolam dengan menjaga kejernihan air dengan menghilangkan kotoran dan

partikel tersuspensi dan memberikan pencahayaan bawah air yang memadai.

Untuk mencegah kerusakan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi yang disimpan akibat kejatuhan benda tanpa disengaja, maka tidak boleh ada pemindahan benda di atas Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi yang disimpan, kecuali dilaksanakan analisis keselamatan dan hanya diperbolehkan untuk kasus tertentu.

Akses ke tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dikendalikan untuk mencegah terjadinya pemindahan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi secara tidak sah, pencurian dan sabotase.

Upaya pencegahan untuk membatasi paparan radiasi pada kolam penyimpanan meliputi:

- a. mempertahankan tinggi air kolam pada ketinggian tertentu, memantau kebocoran, dan menguji alarm ketinggian minimum air;
- b. memeriksa dan mengkalibrasi kemampuan operasi pemantau radiasi dan memastikan alarm berfungsi ketika tingkat radiasi mencapai nilai pengesetan;
- c. menggunakan prosedur dan peralatan yang memastikan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi tidak dinaikkan terlalu dekat dengan permukaan air;
- d. memastikan sistem ventilasi berfungsi dengan baik untuk mempertahankan tingkat kontaminasi udara sesuai dengan BKO;
- e. menyediakan sarana komunikasi yang memadai antara kolam penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dan ruang kendali;
- f. melakukan pelatihan, pengawasan yang tepat, dan prosedur pengendalian kerja (izin kerja); dan
- g. memelihara rekaman riwayat dosis paparan radiasi dan medis dari pekerja.

Prosedur penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi disusun dengan memuat ketentuan untuk mencegah dan menghindari benda asing dari Bahan Bakar Nuklir teriradiasi dalam penyimpanan serta mengendalikan penggunaan bahan tertentu yang mudah pecah/lepas, atau bahan transparan yang tidak dapat dilihat di bawah air.

Prosedur untuk penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi yang rusak atau bocor disusun dan ditetapkan yang memuat ketentuan untuk:

- a. menyimpan ...

- a. menyimpan Bahan Bakar Nuklir teriradiasi yang rusak terpisah dari Bahan Bakar Nuklir lainnya;
- b. menyediakan kontener untuk menyimpan Bahan Bakar Nuklir yang rusak parah/bocor dan setiap potongannya dengan pendinginan yang memadai; dan
- c. menyediakan kontener untuk penyimpanan perlengkapan, zat radioaktif dan/atau bahan terkontaminasi yang berasal dari eksperimen Bahan Bakar Nuklir gagal, baik untuk penyimpanan jangka panjang atau untuk pengangkutan dari tapak.

#### C. Penanganan Dan Penyimpanan Komponen Teras

Komponen Teras yang akan ditangani atau disimpan di tempat penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dilaksanakan dengan metode tertentu dan prosedur yang ditetapkan.

Penanganan dan penyimpanan komponen teras yang baru dilakukan dengan pencegahan kerusakan, pemastian kebersihan dan pencegahan kontaminasi. Beberapa pertimbangan untuk penanganan dan penyimpanan Komponen Teras teriradiasi antara lain:

- a. Komponen Teras teriradiasi disimpan hanya di lokasi khusus di tempat penyimpanan yang didesain untuk tujuan tersebut;
- b. pendinginan yang memadai;
- c. pembatasan akses dan perisai untuk tujuan proteksi radiasi;
- d. bahan Komponen Teras dan media penyimpanan kompatibel;
- e. komponen yang akan digunakan kembali atau yang dapat diambil untuk alasan lain dapat diakses;
- f. tersedia interlock dan tindakan lain yang tepat untuk melindungi operator dari paparan radiasi pada saat pemeriksaan Komponen Teras teriradiasi;
- g. tersedia peralatan untuk mengangkut Komponen Teras teriradiasi ke dalam kontener pengiriman yang sesuai.

Kegiatan penanganan dan penyimpanan Komponen Teras, meliputi kegiatan:

- 1. penanganan Komponen Teras; dan
- 2. penyimpanan Komponen Teras.

## 1. Penanganan Komponen Teras

Komponen Teras baru diperiksa secara visual untuk mengetahui kerusakan fisik sebelum dimasukkan ke teras. Pemeriksaan dimensi dan fungsi dilakukan untuk memastikan komponen tersebut tepat untuk fungsi yang dimaksudkan.

Lokasi dan orientasi Komponen Teras di dalam dan di luar teras diidentifikasi dan direkam, sehingga tersedia riwayat iradiasi dari Komponen Teras tersebut.

Sumber neutron yang terdapat di tapak reaktor diidentifikasi dengan jelas dan dilakukan tindakan administratif untuk pengendaliannya. Sumber neutron tersebut diberi perisai dan ditangani dengan tepat. Pemeriksaan kontaminasi dilakukan setelah kontener pengangkutan yang mengandung sumber neutron diterima. Kontener pengangkutan untuk sumber neutron ditandai dengan jelas sesuai dengan ketentuan.

Pemeriksaan dilakukan terhadap perubahan fisik seperti pembengkokan, pengembungan, korosi, keausan (*wear*) dan *creep*. Prosedur untuk surveilan dan perawatan Komponen Teras ditetapkan. Prosedur tersebut mencakup prosedur untuk pemeriksaan komponen yang akan dimuat ke dalam teras untuk operasi berikutnya dan untuk pemeriksaan komponen yang dikeluarkan dari teras untuk mendekripsi degradasi signifikan selama operasi. Prosedur perawatan mencakup pencegahan masuknya benda asing ke dalam reaktor.

## 2. Penyimpanan Komponen Teras

Tempat penyimpanan Komponen Teras mempunyai kapasitas penyimpanan yang memadai, khususnya untuk penyimpanan komponen teras teriradiasi. Perlengkapan lain seperti kontener penyimpanan untuk Komponen Teras tersedia dengan memadai.

Ruangan yang cukup tersedia untuk penyimpanan dan penggunaan peralatan penanganan, peralatan dan perlengkapan lainnya untuk pembongkaran dan surveilan komponen teras tanpa mengurangi kapasitas penyimpanan untuk komponen teras.

#### D. Penanganan Bahan Bakar Nuklir dan Kask sebelum pengangkutan

Bahan Bakar Nuklir hanya dapat dikeluarkan dari reaktor apabila telah dilengkapi dengan identifikasi jenis Bahan Bakar Nuklir, riwayat iradiasi, tujuan dan pengendalian yang akan diterapkan selama penanganannya.

Untuk tujuan pengangkutan Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi, Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi dapat dipotong pada bagian ujung elemen bakar yang tidak berisi Bahan Bakar Nuklir. Kegiatan tersebut dilakukan mengikuti prosedur yang ditetapkan, yang mencakup pelatihan yang tepat, pengawasan yang dilakukan oleh petugas, serta pengawasan dan pemantauan proteksi radiasi.

Kask yang digunakan untuk pengiriman Bahan Bakar Nuklir Teriradiasi didesain dengan persyaratan yang ditetapkan. Kask yang akan digunakan untuk Bahan Bakar Nuklir mempertimbangkan jenis Bahan Bakar Nuklir, jumlah elemen dan kandungan bahan fisil untuk mencegah terjadinya kekritisan, dan mempertimbangkan fraksi bakar, riwayat iradiasi dan waktu pendinginan untuk memastikan tingkat radiasi dan tingkat peluruhan panas tetap dalam batas yang ditetapkan. Apabila Kask membutuhkan penyerap neutron khusus yang dapat dilepas atau perangkat sejenis, prosedur ditetapkan untuk memastikan penyerap tersebut tersedia sebelum Bahan Bakar Nuklir ditempatkan dalam kontener.

Kask dan kontener diberi label dan ditandai secara jelas dengan simbol radiasi dan identifikasi lain yang diperlukan sesuai dengan peraturan.

Kask yang telah digunakan sebelumnya, diperiksa tingkat kontaminasi dan tingkat radiasinya pada saat kedatangan di tapak. Apabila tingkat kontaminasi dan tingkat radiasi melebihi nilai yang ditetapkan, penyelidikan dilakukan untuk menemukan penyebabnya dan untuk menentukan tindakan koreksi yang akan diambil. Sebelum Kask dibuka, dipastikan dilakukan pemantau dengan alat pemantau radiasi dengan alarm dan diambil tindakan yang tepat (seperti membuka kask di dalam air) untuk mencegah paparan terhadap petugas apabila masih terdapat zat radioaktif dengan aktivitas yang signifikan di dalam Kask.

Prosedur ditetapkan untuk persiapan kask untuk pengangkutan ke luar tapak. Prosedur tersebut untuk memastikan Kask dimuat, ditutup, dan disegel dengan benar dan memiliki kemampuan pendinginan yang memadai,

serta tingkat radiasi dan tingkat kontaminasi memenuhi persyaratan pengangkutan yang berlaku. Prosedur lain yang diperlukan, antara lain:

- a. prosedur untuk pengeringan vakum, seperti waktu pengeringan, suhu pengeringan dan efluen yang dipantau;
- b. prosedur untuk penyediaan dan uji fungsi peralatan penanganan Kask.

Prosedur ditetapkan dengan memuat metode seperti penggunaan daftar periksa (*checklist*) yang memerlukan persetujuan dan pengesahan untuk titik tunda yang penting, untuk memastikan Bahan Bakar Nuklir dimuat dengan benar ke dalam Kask pengangkutan. Prosedur mencakup juga pembuatan rekaman dan dokumen pengangkutan yang tepat.

Sebelum pengangkutan ke luar tapak, kendaraan pengangkut bersama dengan Kask diperiksa kesesuaiannya dengan persyaratan pengangkutan, termasuk untuk pengikat Kask, plakat pada kendaraan pengangkut, dan tingkat kontaminasi dan tingkat radiasi.

Ketentuan lebih lanjut mengenai pembungkusan dan pengangkutan Bahan Bakar Nuklir dan Komponen Teras teriradiasi terdapat dalam Peraturan Kepala BAPETEN mengenai keselamatan untuk pengangkutan zat radioaktif.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

ttd.

AS NATIO LASMAN