



SALINAN

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA

PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR 4 TAHUN 2019  
TENTANG  
EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR UNTUK ASPEK DISPERSI  
ZAT RADIOAKTIF DI UDARA DAN AIR

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang:
- a. bahwa untuk mengatur persyaratan dan tata cara dalam melakukan evaluasi tapak instalasi nuklir untuk aspek penentuan dispersi zat radioaktif di udara dan air di sekitar tapak instalasi nuklir serta untuk melaksanakan ketentuan Pasal 8 ayat (2) Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir perlu menetapkan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir mengenai evaluasi tapak instalasi nuklir untuk aspek dispersi zat radioaktif di udara dan air;
  - b. bahwa ketentuan dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2008 tentang Evaluasi Tapak Reaktor Daya untuk Aspek Penentuan Dispersi Zat Radioaktif di Udara dan Air, dan Pertimbangan Distribusi Penduduk di Sekitar Tapak Reaktor Daya sudah tidak sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

kegiatan dispersi zat radioaktif secara internasional sehingga perlu diganti;

- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Evaluasi Tapak Instalasi Nuklir untuk Aspek Dispersi Zat Radioaktif di Udara dan Air;

Mengingat:

1. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 23, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3676);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 8, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5496);
3. Keputusan Presiden Nomor 103 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Lembaga Pemerintah Non Kementerian sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor 145 Tahun 2015 tentang Perubahan Kedelapan atas Keputusan Presiden Nomor 103 tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Lembaga Pemerintah Non Kementerian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 323);
4. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01.Rev.2/K-OTK/V-04 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Pengawas Tenaga Nuklir sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01 Rev.2/K-Otk/V-04 Tahun 2004 Tentang Organisasi Dan Tata Kerja Badan

Pengawas Tenaga Nuklir (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 26);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan: PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR TENTANG EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR UNTUK ASPEK DISPERSI ZAT RADIOAKTIF DI UDARA DAN AIR.

Pasal 1

Dalam Peraturan Badan ini yang dimaksud dengan:

1. Tapak adalah lokasi di daratan yang dipergunakan untuk pembangunan, pengoperasian, dan dekomisioning, 1 (satu) atau lebih instalasi nuklir beserta sistem terkait lainnya.
2. Evaluasi Tapak adalah kegiatan analisis atas setiap sumber kejadian di Tapak dan wilayah sekitarnya yang dapat berpengaruh terhadap keselamatan instalasi nuklir.
3. Instalasi Nuklir meliputi :
  - a. reaktor nuklir;
  - b. fasilitas yang digunakan untuk pemurnian, konversi, pengayaan bahan nuklir, fabrikasi bahan bakar nuklir dan/atau pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas; dan/atau
  - c. fasilitas yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar nuklir dan bahan bakar nuklir bekas.
4. Dispersi Zat Radioaktif yang selanjutnya disebut Dispersi adalah penyebaran zat radioaktif di udara atau air akibat proses fisik yang mempengaruhi gerakan berbagai molekul dalam medium.
5. Operasi Normal adalah proses operasi Instalasi Nuklir dalam kondisi batas untuk operasi yang dinyatakan pada batasan dan kondisi operasi.
6. Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain adalah kecelakaan yang lebih parah dari kecelakaan dasar

desain dan mengakibatkan lepasan radioaktif ke lingkungan hidup.

7. Zona Kedaruratan Nuklir adalah area di sekitar fasilitas atau instalasi yang di dalamnya terdapat zona tindakan pencegahan (*precautionary action zone, PAZ*), zona perencanaan (*urgent protective action planning zone, UPZ*), dan zona pengawasan bahan pangan (*food restriction planning radius*).
8. Kelompok Kritis adalah kelompok anggota masyarakat yang homogen dilihat dari segi penerimaan paparan dari sumber radiasi dan jalur paparan radiasi dan tipikal individu yang menerima dosis efektif dan dosis ekuivalen paling tinggi yang berasal dari jalur paparan dan sumber tertentu.
9. Pemohon Evaluasi Tapak yang selanjutnya disingkat PET adalah badan yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang penelitian, pengembangan, dan pemanfaatan tenaga nuklir, Badan Usaha Milik Negara, koperasi, atau badan swasta yang berbentuk badan hukum yang mengajukan permohonan untuk melaksanakan kegiatan Evaluasi Tapak selama pembangunan, pengoperasian dan dekomisioning Instalasi Nuklir.
10. Badan adalah Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

#### Pasal 2

Peraturan Badan ini bertujuan memberikan ketentuan bagi PET untuk:

- a. mengevaluasi dosis radiasi terhadap anggota masyarakat; dan
- b. menentukan kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir.

#### Pasal 3

Tahapan Evaluasi Tapak Instalasi Nuklir meliputi:

- a. pengumpulan data dan informasi terkait Dispersi;
- b. pembuatan model Dispersi;
- c. evaluasi dosis radiasi terhadap anggota masyarakat; dan

- d. evaluasi kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir.

#### Pasal 4

- (1) Data dan informasi terkait Dispersi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a meliputi:
  - a. inventori zat radioaktif (tingkat radiologi);
  - b. lepasan;
  - c. meteorologi;
  - d. hidrologi;
  - e. radioaktivitas latar;
  - f. tata guna tanah di Tapak dan wilayah sekitarnya;
  - g. tata guna air di Tapak dan wilayah sekitarnya; dan
  - h. distribusi penduduk.
- (2) Pengumpulan data dan informasi terkait Dispersi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan ketentuan sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

#### Pasal 5

- (1) Pembuatan model Dispersi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf b wajib mempertimbangkan fitur dan karakteristik spesifik Tapak dan topografi wilayah yang dapat mempengaruhi Dispersi di Tapak dan wilayah sekitarnya.
- (2) Pembuatan model Dispersi yang digunakan dalam perhitungan maupun perangkat lunak harus terverifikasi dan tervalidasi.
- (3) Pembuatan model Dispersi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan ketentuan sebagaimana tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

#### Pasal 6

- (1) Evaluasi dosis radiasi masyarakat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf c dilaksanakan untuk:

- a. kondisi Operasi Normal; dan
  - b. kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.
- (2) Evaluasi dosis radiasi masyarakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan untuk semua radionuklida yang dilepaskan dan semua jalur paparan dengan mempertimbangkan proyeksi karakteristik Tapak, distribusi penduduk dan tata guna lahan selama umur Instalasi Nuklir.
  - (3) Dalam melaksanakan evaluasi dosis radiasi masyarakat untuk kondisi Operasi Normal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, PET wajib memastikan dosis efektif yang diterima masyarakat tidak melebihi pembatas dosis untuk anggota masyarakat.
  - (4) Evaluasi dosis radiasi masyarakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan ketentuan sebagaimana tercantum dalam Lampiran III yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

#### Pasal 7

- (1) Evaluasi kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 huruf d dilaksanakan dengan mempertimbangkan proyeksi karakteristik Tapak, distribusi penduduk, tata guna tanah, dan tata guna air selama umur Instalasi Nuklir.
- (2) Evaluasi kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan untuk menetapkan perencanaan kesiapsiagaan termasuk penentuan zona kedaruratan nuklir.
- (3) Dalam melaksanakan evaluasi kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1), PET wajib memastikan dosis efektif yang diterima individu di zona tindakan pencegahan tidak melebihi 0,25 Sv (nol koma dua lima sievert) selama 2 (dua) jam setelah lepasan zat radioaktif untuk kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.

- (4) Dalam hal terdapat lebih dari satu Instalasi Nuklir di Tapak, PET wajib mengkaji kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir dengan memperhitungkan potensi kedaruratan nuklir yang terjadi secara bersamaan pada masing-masing Instalasi Nuklir.
- (5) Evaluasi kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan ketentuan sebagaimana tercantum dalam Lampiran IV yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Badan ini.

#### Pasal 8

Sistem manajemen Evaluasi Tapak untuk aspek Dispersi wajib terintegrasi dengan sistem manajemen Evaluasi Tapak secara keseluruhan.

#### Pasal 9

Pada saat Peraturan Badan ini mulai berlaku, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2008 tentang Evaluasi Tapak Reaktor Daya untuk Aspek Penentuan Dispersi Zat Radioaktif di Udara dan Air, dan Pertimbangan Distribusi Penduduk di Sekitar Tapak Reaktor Daya, dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

#### Pasal 10

Peraturan Badan ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Badan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 30 Juli 2019

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

JAZI EKO ISTIYANTO

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal 31 Juli 2019

DIREKTUR JENDERAL  
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

WIDODO EKATJAHJANA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2019 NOMOR 843

Salinan sesuai dengan aslinya  
BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR

Kepala Biro Hukum, Kerja Sama,  
dan Komunikasi Publik,

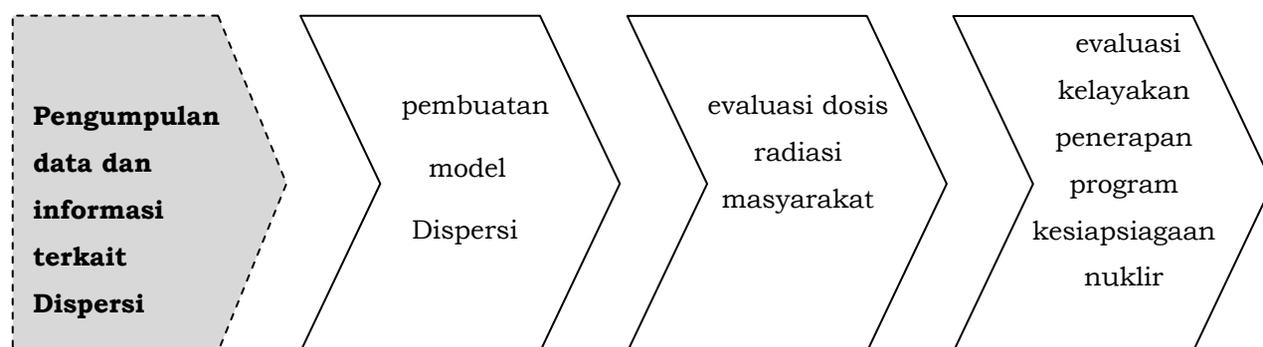


Indra Gunawan  
Pembina Tingkat I (IV/b)  
NIP. 197102221999111001

LAMPIRAN I  
PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR   TAHUN 2019  
TENTANG  
EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR UNTUK ASPEK  
DISPERSI ZAT RADIOAKTIF DI UDARA DAN AIR

PENGUMPULAN DATA DAN INFORMASI TERKAIT DISPERSI ZAT RADIOAKTIF  
DI UDARA DAN AIR

Tahapan pengumpulan data dan informasi terkait Dispersi pada bagian ini digambarkan pada skema berikut:



Gambar 1.1. Skema Tahapan Evaluasi Tapak untuk Aspek Dispersi

Pengumpulan data dan informasi terkait Dispersi (di udara dan air permukaan maupun air tanah) dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter yang memadai untuk tahapan pembuatan model Dispersi yang diperoleh secara langsung maupun tidak langsung. Data dan informasi tersebut paling sedikit meliputi:

- a. inventori zat radioaktif;
- b. lepasan;
- c. meteorologi;
- d. hidrologi;
- e. radioaktivitas latar;
- f. tata guna tanah pada Tapak dan wilayah sekitarnya;
- g. tata guna air pada Tapak dan wilayah sekitarnya; dan
- h. distribusi penduduk.

Data dan informasi di atas digunakan PET sebagai basis data untuk analisis Dispersi di udara, air permukaan dan air tanah. Evaluasi Tapak Instalasi Nuklir untuk aspek Dispersi ini banyak terkait dengan peraturan Kepala BAPETEN yang lain, sehingga untuk sebagian data dan informasi yang dikumpulkan PET dapat mengacu ke Peraturan Badan mengenai Evaluasi Tapak aspek terkait.

#### A. Inventori Zat Radioaktif

Data dan informasi inventori zat radioaktif yang dikumpulkan terdiri atas jumlah dan jenis lepasan radioaktif pada masing-masing Instalasi Nuklir. Setiap jenis Instalasi Nuklir akan mempunyai jumlah lepasan radioaktif yang berbeda-beda.

Pertimbangan pertama dalam menentukan kontribusi zat radioaktif ke semua suku sumber adalah jumlah radionuklida yang dihasilkan di dalam Instalasi Nuklir.

Instalasi Nuklir yang dicakup dikategorikan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu reaktor nuklir dan Instalasi Nuklir Nonreaktor (INNR).

Untuk reaktor nuklir, analisis inventori radionuklida dilakukan terhadap teras reaktor dengan memperhatikan:

1. tipe reaktor;
2. daya reaktor;
3. karakteristik teras;
4. jenis bahan bakar;
5. komposisi bahan bakar;
6. fraksi bakar maksimum;
7. lama operasi per siklus; dan
8. perkiraan tingkat radiologi maksimum.

Untuk INNR, analisis inventori radionuklida ini dilakukan dengan memperhatikan:

1. jenis INNR;
2. jenis bahan nuklir;
3. komposisi bahan nuklir; dan
4. perkiraan tingkat radiologi maksimum.

## B. Lepas

Data dan informasi titik lepasan yang dikumpulkan terdiri atas:

### 1. Titik, Geometri, dan Mekanisme Lepas;

Untuk kondisi operasi normal perlu diasumsikan lepasan zat radioaktif secara rutin dari semua Instalasi Nuklir yang sudah ada maupun yang akan dibangun di Tapak yang akan dievaluasi dengan titik, geometri dan mekanisme lepasan sesuai dengan yang tercantum dalam dokumen data utama Instalasi Nuklir.

Untuk kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain perlu ditentukan titik, geometri, dan mekanisme pelepasan yang memberikan skenario terburuk bagi proses Dispersi.

### 2. Variasi Lepas Zat Radioaktif terhadap Waktu untuk Kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.

Variasi lepasan mempertimbangkan faktor lain yang mempengaruhi seperti temperatur ambien, temperatur lepasan, kecepatan, dan faktor lainnya. Variasi lepasan ini ditentukan dengan skenario Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.

### 3. Sifat Kimia dan Fisis Efluen yang Dilepaskan;

Sifat kimia dari efluen yang dilepaskan, meliputi:

- a. konsentrasi anion dan kation yang penting, dan sifat oksidasinya dan kekompleksannya (seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ );
- b. kandungan organik;
- c. pH; dan
- d. konsentrasi oksigen terlarut, dan konsentrasi polutan terkait.

Sifat fisis dari efluen yang dilepaskan:

- a. fasa (gas, cair, atau padat); dan
- b. konduktivitas.

### 4. Jenis Media (air, tanah, dan udara) yang Dilalui.

Jenis media yang dilalui perlu ditetapkan dan dianalisis untuk memperoleh pola sebaran ke lingkungan Tapak. Lepasn berupa gas akan terlepas melalui media udara. Sedangkan lepasn berupa cairan pada kondisi operasi normal akan terlepas dari tempat penyimpanan sementara setelah melalui saluran pembuangan limbah, pada kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain melalui media air permukaan atau jika tumpah akan melalui media air permukaan yang kemudian meresap ke media air tanah.

### C. Meteorologi

Pengumpulan data dan informasi meteorologi berisi:

1. Pengambilan data dan informasi meteorologi; dan
  - a. pengumpulan dan pemantauan data dan informasi meteorologi luar Tapak (*off-site*); dan
  - b. pengumpulan dan pemantauan data dan informasi meteorologi di Tapak (*on-site*).
2. Penempatan sistem pengukuran meteorologi.

Data dan informasi meteorologi yang diperlukan meliputi:

- a. vektor angin (arah dan kecepatan angin);
- b. curah hujan;
- c. temperatur udara;
- d. kelembaban;
- e. tekanan udara;
- f. radiasi matahari; dan/atau
- g. inversi yang berkelanjutan.

Semua data dan informasi meteorologi yang dipantau dan dikumpulkan disusun dalam katalog atau basis data.

#### 1. Pengambilan Data dan Informasi Meteorologi

- a. Pengumpulan dan pemantauan data dan informasi meteorologi luar Tapak (*off-site*)

Data dan informasi meteorologi luar Tapak dikumpulkan dari stasiun meteorologi di wilayah sekitar Tapak. Pengumpulan parameter meteorologi luar Tapak tersebut dilakukan tanpa terputus pada interval yang tepat minimal selama 5 (lima) tahun. Luas wilayah, ruang lingkup dan kerincian informasi yang dikumpulkan ditentukan berdasarkan karakteristik meteorologi dan geografi di luar Tapak.

Pengumpulan data dan informasi meteorologi yang bersifat data sekunder dapat diperoleh dari instansi yang menangani parameter meteorologi dan sumber lain seperti: media cetak dan elektronik, catatan sejarah, katalog kejadian yang dipublikasikan maupun tidak dipublikasikan, informasi individu, arsip film atau video, citra satelit dan foto udara.

Dalam hal data dan informasi yang dikumpulkan kurang memadai, maka perlu dilakukan pengumpulan data dan informasi secara langsung.

Informasi disajikan secara jelas, menggunakan skala peta, grafik dan tabel yang sesuai, serta menggunakan sistem informasi geografis. Apabila tidak tersedia data dukung dari stasiun meteorologi sekitar, maka dalam pengumpulan data dan informasi meteorologi dapat digunakan model numerik skala meso yang tervalidasi untuk simulasi terhadap sirkulasi atmosfer dan parameter meteorologi lainnya pada skala lokal dan regional.

Dalam pembuatan model ini perlu juga mempertimbangkan stabilitas atmosfer statis dan dinamis. Stabilitas statis ditentukan dari variabel temperatur (berdasarkan  $\Delta T$ ), sehingga stabilitas ini tidak akan memberikan efek geser dalam turbulensi. Stabilitas dinamis ditentukan dari data angin (laminer atau terjadi turbulensi). Pada umumnya karena stasiun pengamatan dan pemantauan hanya 1 (satu) titik, maka pengukuran geser angin memerlukan simulasi terutama untuk kondisi medan yang kompleks.

b. Pemantauan dan pengumpulan data dan informasi meteorologi di Tapak (*on-site*)

Pemantauan dan pengumpulan meteorologi di Tapak dilakukan tanpa terputus dengan interval waktu tiap jam dalam jangka waktu paling singkat 2 (dua) tahun yang menggambarkan keadaan Tapak sebelum dimulainya pembangunan Instalasi Nuklir, dan terus berlanjut sepanjang umur Instalasi Nuklir.

Kecepatan dan arah angin diukur secara kontinyu pada ketinggian 10 (sepuluh) m dan pada titik yang mewakili ketinggian efektif lepasan zat radioaktif. Data arah angin disajikan dengan jumlah sektor paling sedikit 16 (enam belas).

Dalam mengumpulkan dan pemantauan parameter meteorologi diperhatikan bentuk bumi, fitur lokal seperti tanaman dan penutup lahan (*land cover*), fitur orografis dan struktur bangunan (seperti menara pendingin dan tiang penopang sensor meteorologi yang mendukung), serta bangunan yang dapat mempengaruhi keterwakilan data yang diperoleh.

Peralatan pemantauan dan pengumpulan parameter meteorologi mengikuti spesifikasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Peralatan meteorologi diberi pelindung terhadap peristiwa-peristiwa alam yang mungkin mengganggu fungsinya, dirawat, dan dikalibrasi secara berkala.

## 2. Penempatan Sistem Pengukuran Meteorologi

Peralatan meteorologi dipasang untuk mendapatkan data yang mewakili kondisi Dispersi pada titik pelepasan. Diperlukan pengujian keadaan lapangan sampai beberapa kilometer di sekitar Tapak Instalasi Nuklir. Fitur topografi yang diperhatikan meliputi lembah, garis pantai, pegunungan yang terisolasi, area yang meliputi hutan dan pohon, dan bangunan buatan dalam ukuran besar. Lembah landai dengan kedalaman kurang dari 100 (seratus) m dan lebar 5-10 (lima-sepuluh) km diperhitungkan karena dapat mempengaruhi angin berkecepatan rendah. Penutup tanah dan tumbuh-tumbuhan diatur selama pengukuran untuk menghindari pengaruh setempat.

Peralatan diharapkan terkena angin dan ditempatkan jauh dari penghalang untuk meminimalkan pengaruhnya terhadap pengukuran, jarak antara stasiun dengan bangunan atau pepohonan sekitarnya paling sedikit 10 (sepuluh) kali tinggi bangunan atau pepohonan disekitarnya.

Fluktuasi kondisi meteorologi merupakan indikator langsung dari turbulensi di atmosfer. Tergantung model yang digunakan, turbulensi diindikasikan dengan penggunaan data yang berhubungan dengan satu atau lebih hal-hal berikut:

- a. fluktuasi arah angin (metoda sigma theta);
- b. temperatur udara dan laju perubahan temperatur (metoda delta T);
- c. kecepatan angin dan tingkat radiasi matahari atau selubung langit (*sky cover*) sepanjang siang hari, dan selubung atau tingkat radiasi netto pada waktu malam (metoda insulasi); dan
- d. kecepatan angin pada berbagai ketinggian.

#### D. Hidrologi

Data dan informasi hidrologi yang dikumpulkan dan dipantau terdiri atas:

1. Karakteristik air permukaan; dan
2. Karakteristik air tanah.

Data dan informasi hidrologi dikumpulkan dan dipantau untuk badan air yang relevan pada Tapak dan/atau pada stasiun pengukur yang mewakili kondisi Tapak secara periodik pada interval 2 (dua) bulan dalam jangka waktu paling singkat 1 (satu) tahun. Data disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau peta.

Semua parameter hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan disusun dalam katalog atau basis data.

Luas dan tingkat koneksi hidrolis antara badan-badan air permukaan dan air tanah diidentifikasi. Topografi dan peta geologi dipelajari untuk mengetahui jalur-jalur atau wilayah-wilayah hubungan hidrolis antara air permukaan dan air tanah. Jumlah pertukaran diestimasi dan kelompok-kelompok pertukaran yang bersesuaian ditentukan.

##### 1. Karakteristik Air Permukaan

Deskripsi dari karakteristik hidrologi air permukaan di wilayah sekitar Tapak dibuat, termasuk deskripsi dari karakteristik utama dari badan air alami maupun buatan, struktur utama untuk pengendalian air, lokasi struktur asupan air dan informasi tentang penggunaan air di wilayah tersebut.

Investigasi dan pengukuran hidrologi permukaan dilakukan untuk menentukan pengenceran dan karakteristik Dispersi untuk badan air, kemampuan rekonsentrasi sedimen dan biota, mekanisme transfer radionuklida dalam jalur hidrosfer dan paparan.

Penilaian dampak potensial dari kontaminasi air permukaan pada populasi dilakukan dengan menggunakan data dan informasi yang dikumpulkan dalam model yang sesuai.

Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah. Data dan informasi hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan untuk air permukaan tergantung pada jenis badan air yang terdapat di sekitar Tapak.

Badan air di sekitar Tapak dapat berupa:

- a. danau besar, laut dan samudra;
- b. sungai;
- c. estuaria; dan
- d. waduk.

a. Danau Besar, Laut dan Samudra

Pemantauan dan pengumpulan parameter untuk Tapak di dekat danau besar, laut dan samudra dilakukan dalam waktu selama 3 (tiga) bulan secara kontinyu.

Parameter hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan dari danau besar, laut dan samudra meliputi:

- 1) titik acuan (*datum*) vertikal maupun horizontal untuk data topografi;
- 2) ketinggian air pasang dan level air harian (hidrograf) beserta anomalnya;
- 3) data batimetri danau besar, laut dan samudra beserta perubahannya dan batimetri rinci dari area pantai yang menghadap Tapak;
- 4) data karakteristik gelombang laut, termasuk arah, periode, bilangan gelombang, durasi, ketinggian, hidrograf, dan waktu kejadiannya;
- 5) kecepatan, temperatur, dan arah arus pantai yang disebabkan oleh air pasang dan angin;
- 6) pergerakan pasir;
- 7) karakteristik sedimen seperti distribusi ukuran butir, laju sedimentasi dan komposisi kimia, khususnya yang dekat dengan struktur pemasukan (*intake*) air Instalasi Nuklir;
- 8) data observasi terhadap fenomena gelombang melawan arus yang terjadi di estuaria dan sungai sebagai hasil dari perubahan pasang surut, tsunami atau perubahan lepasan mendadak melalui struktur pengendali air; dan
- 9) deskripsi struktur buatan manusia di pantai dan lepas pantai, untuk struktur yang sudah ada maupun yang direncanakan akan dibangun.

Data batimetri laut yang dikumpulkan mencakup area dari garis pantai sampai dengan kedalaman 100 (seratus) m. Kontur

kedalaman pada batimetri laut memiliki interval 1 (satu) m dari garis pantai sampai kedalaman 6 (enam) m, interval 3 (tiga) m dari kedalaman 6 (enam) m sampai kedalaman 50 (lima puluh) m, dan interval 10 (sepuluh) m dari kedalaman 50 (lima puluh) m sampai kedalaman 100 (seratus) m. Jika ada potensi tsunami, maka data batimetri yang diperlukan mencakup batas lempeng kontinen.

Disamping pemantauan data tersebut di atas perlu dilakukan pengumpulan parameter dari stasiun pengukur di wilayah sekitar Tapak dan pengumpulan data sejarah yang mencakup periode waktu paling sedikit 30 (tiga puluh) tahun. Data dan informasi yang dikumpulkan meliputi hal sebagai berikut:

- a) data kejadian banjir dan tsunami yang mencakup:
  - (1) ketinggian air;
  - (2) tinggi muka air sapuan;
  - (3) penurunan muka air;
  - (4) jarak genangan horizontal;
  - (5) periode;
  - (6) durasi;
  - (7) hidrograf;
  - (8) aliran;
  - (9) dampak kejadian pada radius 50 (lima puluh) km yang meliputi tanggal, lokasi, dan
  - (10) informasi struktur yang dipengaruhi (misal kapal, rumah, dermaga).
- b) data karakteristik gelombang, termasuk arah, periode, bilangan gelombang, durasi, ketinggian puncak, hidrograf, dan waktu kejadiannya; dan
- c) kecepatan, temperatur, dan arah arus pantai yang disebabkan oleh air pasang dan angin.

Untuk bahaya tsunami, dalam hal pengamatan tidak mencukupi, maka dikombinasikan dengan studi *palaeoflooding*.

Dalam penentuan karakteristik sumber potensi tsunami diperlukan data geofisik, geologi, geoteknik, kegunungpian dan kegempaan.

b. Sungai

Pemantauan dan pengumpulan parameter hidrologi untuk Tapak di tepi sungai dilakukan secara periodik pada interval 2 (dua) bulan dalam jangka waktu paling singkat 1 (satu) tahun.

Parameter hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan dari sungai meliputi:

- 1) titik acuan (*datum*) vertikal dan horizontal untuk data topografi;
- 2) karakteristik hidromorfologi sungai, seperti kemiringan, lebar dan kedalaman sungai, serta kekasaran dan karakteristik sedimen dasar sungai;
- 3) data batas daerah aliran sungai;
- 4) karakteristik hidrolis sungai, seperti debit, tinggi muka air, kecepatan dan arah aliran, termasuk variasi pasang-surutnya;
- 5) suhu maksimum air sungai yang diukur pada beberapa bagian sungai yang representatif;
- 6) lokasi, jenis dan deskripsi struktur pengendali air dan pengaruhnya terhadap aliran air, sedimen dan erosi sungai; dan
- 7) luas area dan lokasi di Tapak yang terlindung dari bahaya banjir.

Disamping pemantauan data tersebut di atas perlu dilakukan pengumpulan parameter dari stasiun pengukur di wilayah sekitar Tapak dan pengumpulan data sejarah yang mencakup periode waktu paling sedikit 50 (lima puluh) tahun. Parameter yang dikumpulkan meliputi hal sebagai berikut:

- 1) rekaman laju alir sungai maksimum harian;
- 2) data banjir di wilayah yang dekat dengan Tapak, termasuk hidrograf banjir, tanggal kejadiannya, dan ketinggian muka air dan laju alir maksimum;
- 3) data fenomena migrasi saluran sebagai akibat dari aliran pintas (*cut-offs*), amblesan dan pengangkatan; dan
- 4) *rating curve*, yang menunjukkan keterkaitan antara ketinggian air dengan debit, dari alat ukur yang terdekat. Model numerik dapat juga digunakan untuk memperkirakan debit.

c. Estuaria

Pemantauan dan pengumpulan data hidrologi untuk Tapak di dekat estuaria dilakukan secara periodik pada interval 2 (dua) bulan dalam jangka waktu paling singkat 1 (satu) tahun.

Data hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan dari estuaria meliputi:

- 1) titik acuan (*datum*) vertikal dan horizontal untuk data topografi;
- 2) karakteristik hidromorfologi estuaria, seperti kemiringan, lebar dan kedalaman estuaria, serta kekasaran dan karakteristik sedimen dasar estuaria;
- 3) karakteristik hidrolis estuaria, seperti debit sungai, tinggi muka air, kecepatan dan arah aliran, termasuk variasi pasang-surutnya;
- 4) suhu maksimum air yang diukur pada beberapa bagian estuaria yang representatif;
- 5) distribusi salinitas;
- 6) lokasi, jenis dan deskripsi struktur pengendali air dan pengaruhnya terhadap aliran air, sedimen dan erosi estuaria;
- 7) luas area dan lokasi di Tapak yang terlindung dari bahaya banjir; dan
- 8) data observasi terhadap fenomena gelombang melawan arus yang terjadi di estuaria sebagai hasil dari perubahan pasang surut.

Disamping pemantauan data tersebut di atas perlu dilakukan pengumpulan parameter dari stasiun pengukur di wilayah sekitar Tapak dan pengumpulan data sejarah yang mencakup periode waktu paling sedikit 50 (lima puluh) tahun. Data dan informasi yang dikumpulkan adalah data observasi terhadap fenomena gelombang melawan arus yang terjadi di estuaria sebagai hasil dari perubahan pasang surut, tsunami atau perubahan debit mendadak melalui struktur pengendali air.

d. Waduk

Pemantauan dan pengumpulan data hidrologi untuk Tapak di dekat waduk dilakukan secara periodik pada interval 2 (dua) bulan dalam jangka waktu paling singkat 1 (satu) tahun.

Data dan informasi hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan dari waduk meliputi:

- 1) titik acuan (*datum*) vertikal dan horizontal untuk data topografi;
- 2) konfigurasi dan daya tampung serta geometri waduk, yang mencakup panjang, lebar dan kedalaman pada lokasi yang berbeda;
- 3) debit air masuk dan keluar;
- 4) fluktuasi ketinggian air;
- 5) suhu air yang diukur pada beberapa bagian waduk yang representatif; dan
- 6) karakteristik, distribusi dan laju deposisi sedimen.

Disamping pemantauan data tersebut di atas perlu dilakukan pengumpulan data dan informasi yang diperoleh dari laporan mengenai informasi kondisi bendungan beserta waduknya.

## 2. Karakteristik Air Tanah

Deskripsi hidrologi air tanah di wilayah sekitar Tapak dibuat, termasuk deskripsi karakteristik utama dari formasi bantalan air dan interaksinya dengan air permukaan, dan data tentang penggunaan air tanah di wilayah tersebut.

Investigasi hidrogeologi dilakukan untuk memungkinkan evaluasi gerakan radionuklida di unit hidrogeologi. Investigasi mencakup pengamatan migrasi dan karakteristik retensi tanah, pengenceran dan karakteristik Dispersi akuifer, dan sifat-sifat fisik dan fisikokimia bahan bawah tanah, terutama dalam kaitannya dengan mekanisme perpindahan radionuklida dalam air tanah dan jalur lepasannya.

Evaluasi dampak potensial dari kontaminasi air tanah pada populasi dilakukan dengan menggunakan data dan informasi yang dikumpulkan dalam model yang sesuai.

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah.

Pengumpulan data hidrologi untuk air tanah di sekitar Tapak dilakukan pada jangka waktu paling singkat 1 (satu) tahun sehingga dapat menggambarkan fluktuasi musiman maupun tahunan.

Data dan informasi hidrologi yang dipantau dan dikumpulkan untuk air tanah meliputi:

- a. data keberadaan, sebaran, kedalaman, konfigurasi dan produktivitas akuifer, serta kondisi keberadaan air tanah yang disajikan dalam bentuk peta;
- b. data kondisi dan lingkungan air tanah, antara lain, sebaran daerah imbuhan dan lepasan air tanah, kuantitas dan kualitas, dan debit optimum air tanah, dan/atau dampak pengambilan air tanah; dan
- c. data sebaran dan sifat fisik batuan yang mengandung air tanah, konstruksi sumur, dan lain-lain.

Data dan informasi hidrologi yang dikumpulkan untuk air tanah diperoleh melalui survei lapangan, survei geofisika, pengeboran, penampangan sumur, uji pemompaan, dan pemeriksaan laboratorium.

#### E. Radioaktivitas Latar

Data dan informasi radioaktivitas latar yang dikumpulkan dan dipantau meliputi informasi mengenai:

1. tingkat aktivitas latar belakang di udara yang disebabkan sumber-sumber radioaktif alami dan buatan;
2. nilai radioaktivitas latar air, sedimen dan makanan akuatik, dan lain-lain untuk Tapak di sekitar sungai;
3. aktivitas radioaktif latar di sekitar estuaria;
4. radioaktivitas latar di sekitar danau besar, laut dan samudra;
5. radioaktivitas latar Tapak di sekitar waduk buatan manusia; dan
6. tingkat aktivitas radioaktif latar untuk bahan-bahan yang relevan secara lingkungan seperti: cuplikan tanah, sayur-mayur, dan berbagai jenis makanan lainnya dikumpulkan untuk tata guna tanah dan air di wilayah sekitar Tapak;

#### F. Tata Guna Tanah pada Tapak dan Wilayah Sekitarnya

Bagian ini berisi data dan informasi yang diperlukan dalam pengumpulan dan pemantauan parameter terkait tata guna tanah di Zona Kedaruratan Nuklir.

Tata guna tanah di Zona Kedaruratan Nuklir diselidiki untuk mengevaluasi pengaruh pengoperasian Instalasi Nuklir terhadap penduduk dan lingkungan di sekitar Tapak.

Parameter tata guna tanah yang dikumpulkan dan dipantau mencakup:

1. luas, tanaman utama dan hasil dari tanah yang diperuntukkan untuk pertanian;
2. luas dan hasil dari tanah untuk perusahaan susu;
3. luas dan karakteristik penggunaan tanah yang diperuntukkan untuk industri;
4. peruntukan lahan untuk pemancingan komersial, individu dan rekreasi;
5. peruntukan lahan untuk navigasi, suplai air masyarakat, irigasi, dan rekreasi dari badan air yang digunakan untuk tujuan komersial;
6. tanah dan badan air yang mendukung kehidupan satwa liar dan peternakan;
7. jalan lintas langsung dan tidak langsung dari potensi kontaminasi radioaktif terhadap rantai makanan;
8. peruntukan lahan untuk produk-produk yang masuk ke atau keluar dari wilayah Tapak yang mungkin merupakan bagian dari rantai makanan; dan
9. peruntukan lahan untuk makanan bebas seperti jamur, kersen atau seri, dan rumput laut.

#### G. Tata Guna Air pada Tapak dan Wilayah Sekitarnya

Bagian ini berisi data dan informasi yang diperlukan dalam pengumpulan dan pemantauan parameter terkait tata guna air di Zona Kedaruratan Nuklir.

Tata guna air di Zona Kedaruratan Nuklir diselidiki untuk mengevaluasi pengaruh pengoperasian Instalasi Nuklir terhadap penduduk dan lingkungan di sekitar Tapak.

Penggunaan air saat ini yang dapat dipengaruhi oleh perubahan temperatur dan oleh lepasan zat radioaktif dari suatu Instalasi Nuklir, termasuk lokasi, sifat dan perluasan penggunaan diidentifikasi. Perubahan tata guna air dalam wilayah, seperti untuk irigasi, aktivitas pemancingan dan rekreasi dipertimbangkan.

Setiap pusat kawasan penduduk dengan air minum diperoleh dari badan air yang mungkin dipengaruhi oleh Instalasi Nuklir dipertimbangkan secara khusus. Sedapat mungkin, aliran air dan tata guna air di masa yang akan datang diproyeksikan sepanjang umur Instalasi Nuklir, yang menyebabkan perubahan pada Kelompok Kritis.

Untuk lokasi dengan air minum diperoleh dari mata air, sumur atau sumber air tanah yang lain, pergerakan dan kualitas air tanah diselidiki dan dinilai.

Data dan informasi hidrologi yang dikumpulkan dan dipantau terdiri atas:

1. untuk air yang digunakan sebagai air minum oleh manusia dan hewan, dan untuk keperluan kota dan industri, mencakup:
  - a. laju penggunaan air rata-rata dan maksimum;
  - b. jarak lokasi penggunaan air dari sumber lepasan zat radioaktif yang potensial;
  - c. cara penggunaan air; dan
  - d. jumlah pengguna air.
2. untuk air yang digunakan sebagai irigasi, mencakup:
  - a. laju penggunaan air;
  - b. luas tanah yang memperoleh irigasi; dan
  - c. jenis dan jumlah hasil produk pertanian, serta konsumen utamanya.
3. untuk air yang digunakan dalam bidang perikanan, mencakup:
  - a. spesies akuatik yang ditangkap; dan
  - b. kelimpahan dan jumlah hasil tangkapan di perairan yang digunakan untuk pemancingan komersial, perseorangan dan rekreasi.
4. untuk air yang digunakan sebagai sarana rekreasi, mencakup:
  - a. jumlah orang yang terlibat dalam kegiatan berenang, naik perahu dan kegiatan rekreasi lainnya; dan
  - b. waktu yang digunakan untuk kegiatan-kegiatan ini.

Investigasi tata guna air di wilayah sekitar Tapak, mengidentifikasi:

1. pengguna air di bagian hilir dari Tapak apabila Instalasi Nuklir terletak di pinggir sungai;
2. pengguna danau, apabila Tapak berada di dekat danau; dan
3. pengguna laut pada jarak sampai dengan beberapa puluh kilometer (tergantung pada karakteristik laut, seperti arus dan gelombang, batimetri, model pantai, dan yang lainnya) pada semua arah, apabila Instalasi Nuklir terletak di pantai.

#### H. Distribusi Penduduk

Bagian ini berisi data dan informasi yang diperlukan dalam pengumpulan dan pemantauan parameter terkait distribusi penduduk

untuk tujuan evaluasi potensi pengaruh radiologi dari lepasan zat radioaktif pada kondisi Operasi Normal maupun Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain, dan kelayakan rencana penanggulangan keadaan darurat.

#### 1. Data Penduduk Saat Ini

Data dan informasi penduduk tetap dan tidak tetap yang dikumpulkan untuk kondisi saat ini meliputi:

- a. jumlah penduduk;
- b. kepadatan penduduk;
- c. pertumbuhan penduduk;
- d. distribusi penduduk;
- e. mobilitas penduduk (harian/mingguan, tetap dan tidak tetap, pola hidup);
- f. jenis konsumsi atau pola makan;
- g. umur (dibagi menjadi 3 (tiga) klasifikasi yaitu bayi, anak, dan dewasa) dan jenis kelamin;
- h. jenis pekerjaan penduduk (tempat kerja, waktu di luar dan di dalam ruangan);
- i. kelompok khusus (seperti lembaga pendidikan, rumah sakit, penjara dan pangkalan militer, turis, suku nomaden) dan Kelompok Kritis; dan
- j. penduduk berkebutuhan khusus.

#### 2. Proyeksi Penduduk Selama Umur Instalasi

Jumlah penduduk di sekitar Tapak diproyeksikan sampai dengan:

- a. tahun direncanakannya komisioning Instalasi Nuklir; dan
- b. setiap sepuluh tahun sepanjang umur Instalasi Nuklir.

Proyeksi dilakukan berdasarkan laju pertumbuhan penduduk, kecenderungan migrasi dan rencana pengembangan wilayah sekitar Tapak. Angka proyeksi untuk kedua kategori, yaitu penduduk tetap dan penduduk tidak-tetap, diekstrapolasi secara terpisah.

PET menganalisis data untuk memperoleh informasi distribusi penduduk pada saat dilakukannya Evaluasi Tapak dan proyeksinya untuk masa yang akan datang berdasarkan arah dan jarak dari Instalasi Nuklir.

Data penduduk yang dikumpulkan disajikan dalam format dan skala yang memadai dalam bentuk tabel atau grafik yang menggunakan lingkaran konsentrik dan segmen radial paling sedikit 16 sektor jaring dengan Tapak berada di pusatnya untuk memungkinkan penarikan korelasi dengan data lain yang terkait, seperti data mengenai penyebaran atmosfer serta tata guna tanah dan air. Data yang lebih rinci diberikan untuk kawasan yang lebih dekat dengan Tapak.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

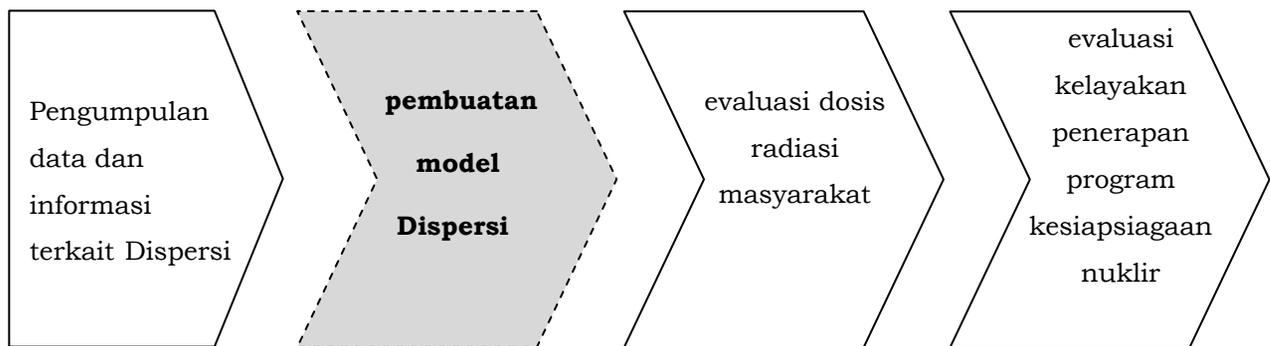
ttd

JAZI EKO ISTIYANTO

LAMPIRAN II  
PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR TAHUN 2019  
TENTANG  
EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR UNTUK ASPEK  
DISPERSI ZAT RADIOAKTIF DI UDARA DAN AIR

PEMBUATAN MODEL DISPERSI

Tahapan pembuatan model Dispersi pada bagian ini digambarkan pada skema berikut:



Gambar 2.1. Skema Tahapan Evaluasi Tapak untuk Aspek Dispersi

Pembuatan model Dispersi mempertimbangkan fitur dan karakteristik spesifik Tapak dan topografi wilayah yang dapat mempengaruhi Dispersi di Tapak dan wilayah sekitar.

A. Pemodelan Dispersi Udara

Efluen yang dilepaskan ke udara akan mengalami proses perpindahan radioaktif oleh aliran udara dan proses difusi. Konsentrasi efluen di atmosfer akan berubah karena proses pengendapan ke tanah dalam keadaan hujan maupun kering dan peluruhan radioaktif.

Untuk menentukan konsentrasi efluen di udara maupun di permukaan tanah pada kondisi Operasi Normal maupun kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain, diperlukan pembuatan model untuk mensimulasikan semua proses di atas. Dalam pembuatan model perlu dipertimbangkan asumsi dan parameter model.

Dalam menentukan model Dispersi dipertimbangkan antara lain:

1. Adanya Gedung/bangunan di Sekitar Tapak, termasuk Proyeksi Pertambahan atau Perkembangan Gedung/bangunan di Sekitar Tapak selama Umur Instalasi;  
Adanya bangunan atau struktur lain, seperti menara pendingin, cerobong dari instalasi lain yang akan mempengaruhi aliran udara.
2. Topografi;  
Topografi Tapak perlu diperhatikan dalam melakukan analisis Dispersi secara realistis, karakteristik ini biasanya mempertimbangkan tiga jenis medan yaitu: medan datar, medan kompleks, dan medan pesisir/wilayah dekat badan air besar.
3. Tutupan Lahan (*Land Cover*); dan  
Tutupan lahan, seperti rerumputan, pepohonan, air, tanah terbuka, bangunan, permukaan beton, aspal, dll. akan mempengaruhi proses perpindahan radioaktif dan proses pengendapan ke dalam tanah.
4. Suspensi Ulang Deposisi Radioanuklida.  
Endapan zat radioaktif di permukaan tanah dapat tersuspensi ulang ke udara karena tiupan angin dan kegiatan manusia. Suspensi ulang karena tiupan angin memiliki pengaruh yang lebih luas sedangkan suspensi ulang karena kegiatan manusia, seperti lalu lintas, penggalian dan pertanian, hanya bersifat lokal.

Dalam melakukan perhitungan menggunakan model Dispersi, dipertimbangkan adanya ketidakpastian.

## B. Pemodelan Dispersi Air Permukaan

Ada beberapa model untuk menghitung Dispersi pada air permukaan pada kondisi Operasi Normal atau Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.

Model-model tersebut dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok dasar model Dispersi sebagai berikut:

1. Model Perhitungan Maju adalah model perhitungan transformasi persamaan dasar dari dispersi radionuklida ke bentuk beda hingga (*finite difference*) atau elemen hingga (*finite element*) dan kemudian memperoleh hasil perhitungan. Model ini memungkinkan sebagian besar fenomena fisika diperhitungkan dalam analisis, sehingga sesuai untuk kondisi yang kompleks.

2. Model *Box* adalah model perhitungan yang memperlakukan keseluruhan atau bagian-bagian badan air sebagai satu kompartemen yang homogen. Pada model ini, konsentrasi radionuklida rata-rata dihitung untuk setiap kompartemen dan konstanta Dispersi ditetapkan untuk menghubungkan variabel dari satu kompartemen dengan kompartemen-kompartemen yang berdekatan;
3. Metoda *Monte Carlo* adalah model perhitungan yang mensimulasikan proses Dispersi partikel pada suatu geometri badan air secara berulang-ulang dengan memanfaatkan bilangan acak; dan
4. Model Sederhana adalah model perhitungan dengan banyak penyederhanaan pada geometri badan air dan konstanta Dispersi.

Pemilihan model didasarkan atas besarnya suku sumber, karakteristik lepasan, jenis badan air, penggunaan air terkait, dan akurasi yang diinginkan.

Hasil model perhitungan dibandingkan dengan data laboratorium atau data lapangan untuk suatu Tapak spesifik.

### C. Pemodelan Dispersi Air Tanah

Beberapa model telah dikembangkan untuk menghitung penyebaran dan retensi radionuklida yang dilepaskan ke air tanah.

Untuk kondisi dimana arah pergerakan air tanah dan perpindahan radionuklida, secara umum, tegak lurus terhadap kontur level air tanah dapat digunakan model perhitungan standar.

Model perhitungan standar yang digunakan dalam kondisi dengan arah pergerakan air tanah dan perpindahan radionuklida, secara umum tegak lurus terhadap kontur-kontur level air tanah.

Evaluasi sederhana dilakukan dengan pengaruh lepasan zat radioaktif ke air tanah pada kecelakaan terpostulasi dengan data dan asumsi yang konservatif. Analisis yang lebih rinci dilakukan dengan menggunakan asumsi dan model yang lebih realistis.

Apabila digunakan evaluasi sederhana, data dan asumsi yang digunakan konservatif. Hasil analisis diperhalus dengan asumsi dan model yang lebih realistis.

Jika akuifer bersifat tidak isotropik, sehingga air dan efluen yang terbawa dapat bergerak melalui retakan, penggunaan model perhitungan dilengkapi dengan studi lapangan dengan metode perunut.

Model yang dipilih mampu menggambarkan kompleksitas dari sistem hidrogeologi pada Tapak.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

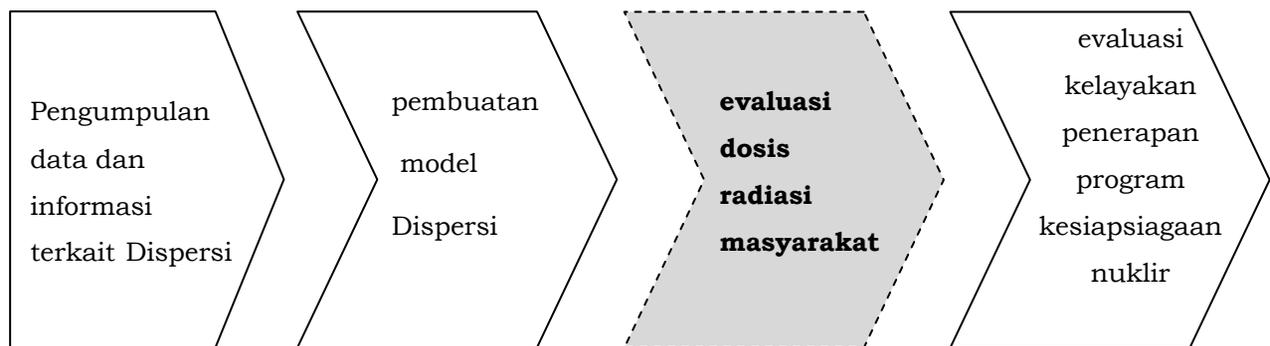
ttd

JAZI EKO ISTIYANTO

LAMPIRAN III  
PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR   TAHUN 2019  
TENTANG  
EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR UNTUK ASPEK  
DISPERSI ZAT RADIOAKTIF DI UDARA DAN AIR

EVALUASI DOSIS RADIASI MASYARAKAT

Tahapan evaluasi dosis radiasi masyarakat pada bagian ini digambarkan pada skema berikut:



Gambar 3.1. Skema Tahapan Evaluasi Tapak untuk Aspek Dispersi

Evaluasi dosis radiasi masyarakat dilaksanakan untuk kondisi Operasi Normal maupun untuk kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain. Evaluasi ini dilakukan untuk semua radionuklida yang terlepas dan semua jalur paparan yang dilalui dengan mempertimbangkan proyeksi karakteristik Tapak, distribusi penduduk, dan tata guna lahan selama umur Instalasi Nuklir.

Konsentrasi radionuklida di udara, air, dan bahan makanan yang telah diestimasi dikombinasikan dengan laju masukan (*intake*) untuk memperoleh estimasi pemasukan total radionuklida dengan mempertimbangkan faktor transfer dalam jalur paparan yang terkait. Nilai masukan total ini kemudian dikalikan dengan koefisien dosis yang sesuai untuk mendapatkan dosis efektif yang berasal dari jalur pernafasan, imersi, dan jalur saluran pencernaan makanan. Dengan cara yang sama, konsentrasi radionuklida di lapisan sedimen di garis pantai maupun di permukaan tanah dikombinasikan dengan koefisien dosis yang sesuai untuk mengestimasi dosis efektif yang diterima dari radiasi eksternal.

Dosis efektif akibat paparan dari radionuklida yang terbawa oleh awan (*immersion in a cloud containing radionuclides*) dapat diestimasi dengan mengalikan konsentrasi radionuklida di udara dengan koefisien dosis eksterna yang sesuai.

Untuk memperoleh dosis efektif total, dosis efektif dari semua radionuklida dan dari semua jalur paparan dijumlahkan. Estimasi dosis ekuivalen untuk mata dan kulit hanya dijumlahkan untuk jaringan ini.

Dalam penilaian dosis kolektif akibat pelepasan zat radioaktif ke atmosfer, wilayah dibagi menjadi sejumlah area yang dianggap homogen dalam hal populasi, pertanian dan sebagainya. Dosis kolektif diestimasi untuk masing-masing area dan selanjutnya dijumlahkan untuk memperoleh dosis kolektif total.

Dalam penilaian dosis kolektif akibat pelepasan zat radioaktif ke hidrosfer, dapat digunakan model kompartemen untuk mewakili penyebaran dan perpindahan melalui lingkungan ke manusia. Selanjutnya dosis kolektif diestimasi dengan menjumlahkan semua radionuklida dan semua jalur paparan.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

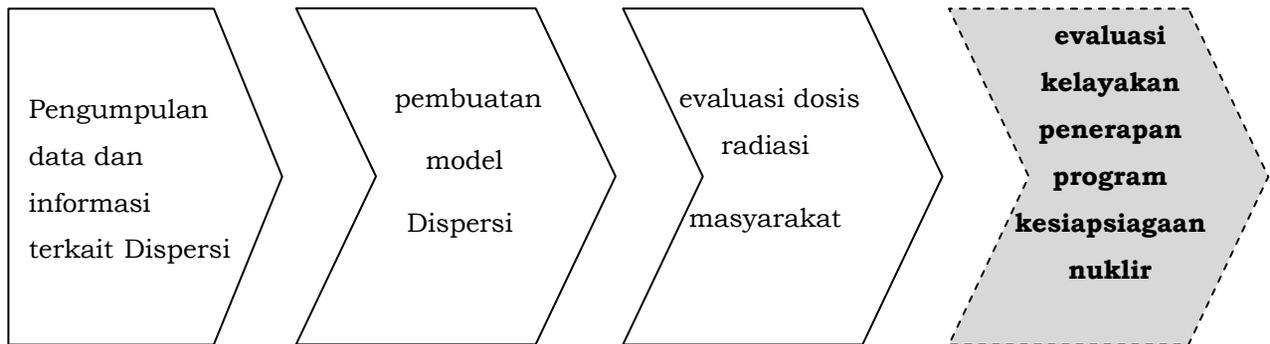
ttd

JAZI EKO ISTIYANTO

LAMPIRAN IV  
PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR    TAHUN 2019  
TENTANG  
EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR UNTUK ASPEK  
DISPERSI ZAT RADIOAKTIF DI UDARA DAN AIR

EVALUASI KELAYAKAN PENERAPAN PROGRAM KESIAPSIAGAAN NUKLIR

Tahapan evaluasi kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir pada bagian ini digambarkan pada skema berikut:



Gambar 4.1. Skema Tahapan Evaluasi Tapak untuk Aspek Dispersi

Program kesiapsiagaan nuklir disusun berdasarkan evaluasi terhadap estimasi konsentrasi aktivitas dan dosis efektif yang diterima masyarakat pada area Tapak dan sekitar Tapak. Evaluasi dosis dilakukan berdasarkan perhitungan Dispersi lepasan zat radioaktif dari kecelakaan yang dipostulasikan terjadi dalam kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.

Berdasarkan evaluasi dosis dari perhitungan Dispersi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain, ditentukan zona kedaruratan nuklir mengacu pada Peraturan Badan mengenai kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir.

Estimasi zona kedaruratan nuklir dan rute tindakan penanggulangan (*countermeasure*) disesuaikan dengan Peraturan Badan mengenai Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir.

Evaluasi dosis untuk penentuan zona kedaruratan nuklir pada program kesiapsiagaan nuklir ditinjau kembali paling sedikit setiap 5 (lima) tahun.

Kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir didemonstrasikan, sebelum persetujuan diterimanya suatu Tapak Instalasi Nuklir. Tidak boleh

ada kondisi Tapak, yang dapat menghalangi perlindungan atau evakuasi penduduk dalam daerah atau pelayanan eksternal yang diperlukan untuk menghadapi suatu keadaan darurat.

Kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir didemonstrasikan untuk Instalasi Nuklir berdasarkan keadaan alamiah spesifik dari Tapak dan kondisi infrastruktur dalam wilayah Tapak. Dalam konteks ini, infrastruktur berarti jaringan transportasi dan komunikasi, aktivitas industri dan, secara umum sesuatu yang mempengaruhi kecepatan dan perpindahan penduduk dan peralatan yang berada dalam wilayah Tapak. Informasi lain tentang wilayah, seperti informasi tentang ketersediaan perlindungan, sistem untuk pengumpulan dan distribusi susu dan produk-produk pertanian lainnya, kelompok penduduk khusus seperti masyarakat dalam suatu lembaga (contoh rumah sakit dan penjara), fasilitas industri, dan kondisi lingkungan seperti kondisi cuaca, dikumpulkan untuk mendemonstrasikan kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir. Informasi tentang wilayah dan kondisi lingkungan serta evaluasi dosis dari perhitungan Dispersi diperbarui paling sedikit setiap 5 (lima) tahun.

Faktor yang berkaitan dengan Evaluasi Tapak dicantumkan untuk mendemonstrasikan kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir, sesuai dengan estimasi Zona Kedaruratan Nuklir yang ditentukan berdasarkan evaluasi dosis dalam perhitungan Dispersi untuk Kondisi Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain. Faktor tersebut meliputi:

1. kerapatan penduduk dan distribusinya dalam daerah tersebut;
2. jarak dari Tapak ke pusat keramaian penduduk;
3. kelompok khusus penduduk yang sulit untuk dievakuasi dan dilindungi seperti penghuni rumah sakit, penghuni penjara, dan/atau kelompok nomaden;
4. kondisi geografis khusus seperti pulau, gunung dan sungai;
5. karakteristik jaringan transportasi dan komunikasi lokal;
6. fasilitas industri yang mungkin berpotensi bahaya;
7. aktivitas pertanian yang peka terhadap kemungkinan pelepasan radionuklida; dan
8. kejadian-kejadian eksternal yang mungkin terjadi bersamaan.

Populasi yang besar dalam wilayah, atau dekatnya suatu kota dengan Instalasi Nuklir akan mengurangi efektivitas dan kelangsungan program kesiapsiagaan nuklir. Adanya keadaan spesifik dari suatu kelompok penduduk

khusus diperhitungkan. Jalur evakuasi penduduk direncanakan sedemikian rupa agar tidak melewati Tapak Instalasi Nuklir.

Kejadian luar biasa atau fenomena alam yang berbahaya seperti kabut atau banjir, dapat mengurangi efektivitas dan kelangsungan program kesiapsiagaan nuklir dan penanggulangan kedaruratan. Penyediaan fasilitas cadangan dan rute alternatif diberikan.

Apabila setelah evaluasi terhadap faktor di atas beserta konsekuensi yang dilakukan ternyata tidak ada program kesiapsiagaan nuklir yang bisa diterapkan, maka Tapak yang diusulkan dianggap tidak layak.

Kondisi yang diperhitungkan dalam Evaluasi Tapak dapat berubah menurut waktu. Faktor yang terkait dengan Tapak yang dipertimbangkan dalam program kesiapsiagaan nuklir, seperti pengembangan prasarana, ditinjau ulang secara berkala paling sedikit 5 (lima) tahun selama tahap operasi Instalasi Nuklir.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

JAZI EKO ISTIYANTO