

# KAJIAN TENTANG PENENTUAN KRITERIA PENERIMAAN PADA ANALISIS KESELAMATAN INNR UNTUK PENINGKATAN PENGAWASAN TERHADAP INNR

SUDARTO, SULISTIYONINGSIH, DEDI HERMAWAN  
*Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN)*  
*Jl. Gajah Mada No. 8, Jakarta Pusat 10120*  
*Email: s.darto@bapeten.go.id*

## Abstrak

**KAJIAN TENTANG PENENTUAN KRITERIA PENERIMAAN DALAM ANALISIS KESELAMATAN UNTUK PENINGKATAN PENGAWASAN TERHADAP INSTALASI NUKLIR NON REAKTOR.** Dalam Perka 10 tahun 2006 tentang pedoman penyusunan LAK INNR bab 13 tentang Analisis Keselamatan Nuklir, belum terdapat penjabaran analisis keselamatan yang meliputi analisis bahaya dan kecelakaan dalam satu alur proses secara komprehensif yaitu pengembangan skenario, analisis suku sumber dan analisis konsekuensi. Pada makalah ini dikaji tentang analisis kecelakaan pada instalasi nuklir non reaktor dengan menggunakan metode analisis kecelakaan berdasarkan referensi US-DOE-3009-94. Hasil kajian menunjukkan bahwa analisis kecelakaan dalam metode ini diawali dengan skenario kecelakaan yang dilengkapi dengan pohon kejadian. Semua asumsi utama dalam skenario diidentifikasi dan dijustifikasi. Langkah selanjutnya adalah menentukan suku sumber kecelakaan yang terlepas secara tak sengaja melalui jalur yang dianalisis dengan menentukan semua parameter dan model fenomenologi. Setelah suku sumber ditentukan, konsekuensi akibat dispersi atmosfer atau jalur relevan lain ditentukan yaitu dengan melakukan analisis perhitungan perkiraan dosis yang diterima masyarakat akibat kecelakaan terpostulasi. Dari hasil kajian tersebut dapat disimpulkan bahwa kriteria penerimaan berdasarkan referensi US-DOE-3009-94 yang meliputi pengembangan skenario, analisis suku sumber dan analisis konsekuensi dapat melengkapi Perka BAPETEN No. 10 Tahun 2006 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Nuklir Nonreaktor untuk digunakan oleh evaluator atau pemohon untuk melakukan analisis keselamatan nuklir.

Kata Kunci : kecelakaan, skenario, suku sumber, konsekuensi

## Abstract

**QUALITATIVE ASSESSMENT IN DETERMINING ACCEPTANCE CRITERIA OF SAFETY ANALYSIS TO IMPROVE NUCLEAR ENERGY CONTROL OF NON REACTOR NUCLEAR INSTALLATION. IN BAPETEN** Chairman Decree No. 10 year 2006 "Guidance on preparation of Safety Analysis Report of Non Reactor Nuclear Installation", Chapter XIII : Nuclear Safety Analysis,

there is no complete description about safety analysis which includes hazard and accident analysis in one comprehensive process flow from scenario development, source term analysis until consequence analysis. On this paper assessed accident analysis of the Non Reactor Nuclear Installation using accident analysis method from US-DOE-3009-94. Result of the assessment showed that accident analysis in this method begins with the accident scenarios using event tree. All major assumptions in the scenario are identified and justified. The next step is to determine source term of the accident which released through pathways analyzed by determining all the parameters and phenomenological models. Having determined the source term, the consequences due to atmospheric dispersion or other relevant pathways is determined by analyzing the dose calculation received by public postulated accident. From the assessment can be concluded that the acceptance criteria by reference to US-DOE-3009-94 which includes scenario development, source term analysis and consequence analysis will complete BAPETEN Chairman Decree No. 10 year 2006 for use by the evaluator or applicant to determine safety analysis.

Keywords : Accident, Scenario, source term, consequence

## PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat Instalasi Nuklir Non Reaktor (INNR) dengan jenis yang berbeda-beda, yang pengawasannya dilaksanakan oleh BAPETEN sesuai dengan UU No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. Khusus untuk pengawasan terhadap INNR, amanat undang-undang ini dilaksanakan melalui pembentukan Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2006 tentang Perizinan Instalasi Nuklir Non Reaktor dan Perka No. 10 Tahun 2006 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Nuklir Non Reaktor. Kedua Perka ini disusun untuk memudahkan para pemohon/pemegang izin INNR dalam memenuhi hal-hal yang telah diatur dalam Undang-undang tentang Ketenaganukliran tersebut.

Dalam pedoman penyusunan LAK INNR bab 13, khususnya tentang Analisis Keselamatan Nuklir, belum dijelaskan secara rinci mengenai urutan proses dalam melakukan analisis kecelakaan serta hasil yang terkait dengan SSK dan BKO untuk melindungi masyarakat yaitu diantaranya:

1. pengembangan skenario;
2. analisis suku sumber;
3. analisis konsekuensi <sup>[1]</sup>.

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian terhadap Penentuan Kriteria Penerimaan pada Analisis Keselamatan INNR untuk Peningkatan Pengawasan terhadap INNR yang memfokuskan pada analisis kecelakaan pada instalasi nuklir non reaktor dengan menggunakan metode analisis kecelakaan berdasarkan referensi US-DOE-3009-94.

Tujuan utama analisis kecelakaan adalah untuk mengidentifikasi setiap SSK kelas keselamatan dan BKO yang dibutuhkan untuk melindungi anggota masyarakat.

Setiap urutan kecelakaan harus dianalisis melalui penggunaan Kecelakaan Dasar Desain yang terdokumentasi dan deterministik. Bila memungkinkan, Kecelakaan Dasar Desain dianalisis dengan menggunakan kalkulasi deterministik dan fenomenologi yang sangat sederhana dan dapat diterapkan (sebagai contoh estimasi tekanan dari hukum perhitungan gas ideal sederhana, perhitungan manual dispersi awan model Gaussian).

## TEORI

Analisis bahaya adalah langkah awal proses identifikasi dan evaluasi potensi kecelakaan di fasilitas yang digunakan untuk mengidentifikasi zat radioaktif atau bahan kimia berbahaya dalam proses atau fasilitas serta sumber energi dan kejadian pemicu yang dapat berpotensi menimbulkan konsekuensi kecelakaan terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.

Alur proses analisis bahaya secara lengkap terlihat pada diagram alir berikut pada Gambar 1.

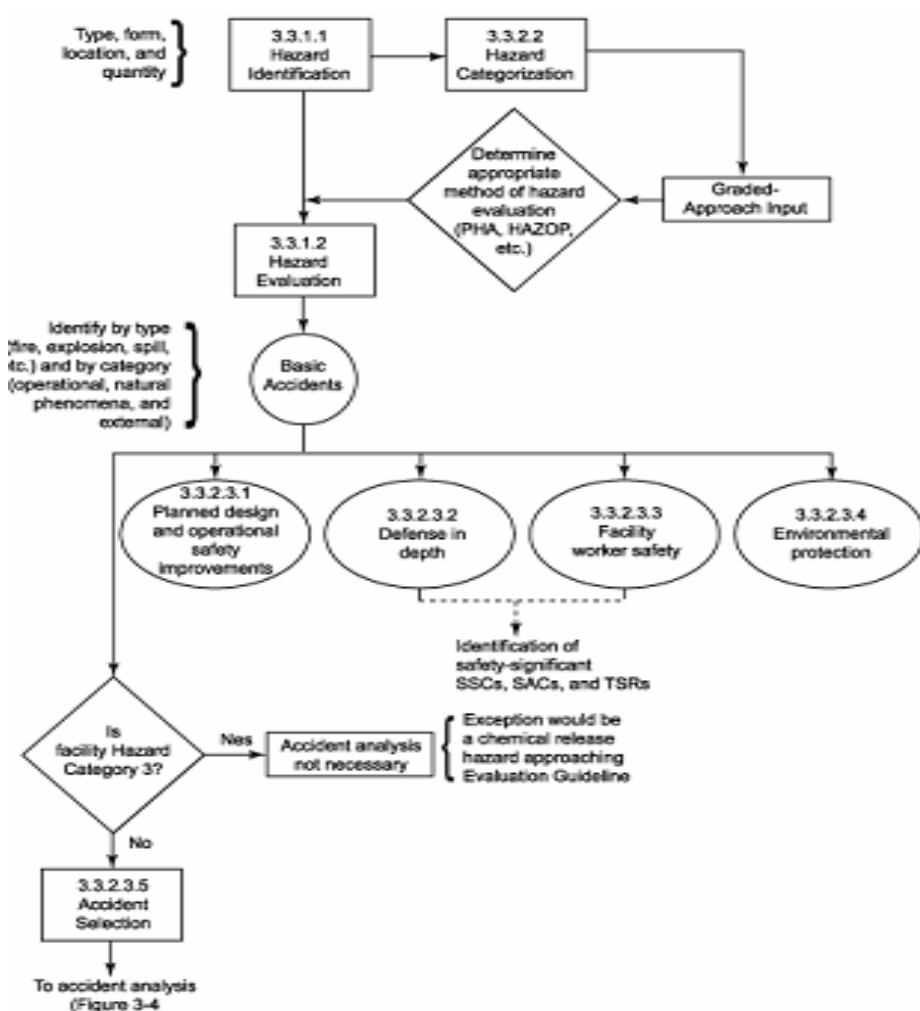
Dari berbagai *basic accident* yang diperoleh dari analisis bahaya maka akan dilakukan seleksi kecelakaan dapat dilihat pada Gambar 2. Aktifitas seleksi kecelakaan ini mengidentifikasi proses dan kriteria yang digunakan untuk menyeleksi potensi kecelakaan yang unik dan mewakili (seperti Kecelakaan Dasar Desain) untuk dimasukkan dalam analisis kecelakaan. Kecelakaan unik adalah kecelakaan dengan estimasi resiko yang cukup tinggi sehingga diperlukan pengujian secara individu (contoh, kebakaran tunggal yang memiliki parameter spesifik mengakibatkan dekat dengan pedoman evaluasi). Kecelakaan yang representatif mengikat sejumlah kecelakaan resiko yang lebih rendah (contoh, kebakaran terburuk untuk sejumlah kebakaran yang sama).

Kecelakaan yang representatif diuji sedemikian sehingga tidak terikat oleh kecelakaan unik. Dalam setiap kasus, setidaknya satu kecelakaan dibatasi dari setiap tipe utama yang ditentukan dari analisis bahaya seharusnya dipilih (contoh, kebakaran, ledakan, tumpahan) kecuali kalau konsekuensi mengikatnya "rendah".

Kecelakaan diidentifikasi dan dicatat berdasarkan kategori kecelakaan (pemicu internal dan eksternal) dan berdasarkan tipe (contoh, kebakaran, ledakan, tumpahan).

Dikarenakan aktifitas analisis bahaya dipertimbangkan cukup untuk fasilitas kategori bahaya 3, DSA untuk fasilitas ini hanya membutuhkan

ringkasan konsekuensi maksimum yang diperkirakan dari operasi dan keadaan fasilitas bahwa kuantifikasi kecelakaan yang detail tidak diperlukan karena potensi konsekuensinya jauh dibawah pedoman evaluasi. Kemungkinan pengecualian pada kasus ini, seperti sebelumnya dicatat, yaitu fasilitas yang memiliki jumlah radionuklida kategori bahaya 3 namun memiliki bahan kimia berbahaya dalam jumlah besar. Fasilitas tersebut perlu meringkas konsekuensi radiologi maksimum yang diperkirakan dan mengidentifikasi kecelakaan kimia yang dipilih untuk analisis kecelakaan.



Gambar 1. Alur Proses Analisis Bahaya

## TATA KERJA

Tata kerja kajian ini telah dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan kajian terhadap dokumen Perka BAPETEN No. 10 Tahun 2006 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Nuklir Nonreaktor pada Bab XIII tentang Analisis Keselamatan Nuklir khususnya analisis kecelakaan, kemudian mengkaji metode yang dilakukan dalam menganalisis kecelakaan.
2. Melakukan kajian terhadap dokumen terbitan US-DOE : *Preparation Guide For U.S Department Of Energy Nonreactor Nuclear Facility Documented Safety Analyses* pada Bab 3.4 tentang Accident Analysis, kemudian mengkaji metode yang dilakukan dalam menganalisis kecelakaan<sup>[2]</sup>.
3. Melakukan kajian terhadap dokumen US-NRC : *Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysts Handbook* pada Bab 2 tentang *Hazard Evaluation And Scenario Development*, kemudian mengkaji bagaimana mengembangkan skenario dalam alur metode analisis kecelakaan dan contoh implemetasinya dalam Instalasi Nuklir Non Reaktor.
4. Melanjutkan kajian terhadap dokumen USNRC (sama dengan huruf c diatas) : *Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysts Handbook* pada Bab 3 tentang *Source Term Determination*, kemudian mengkaji bagaimana memperkirakan karakteristik suku sumber, seperti total massa yang terlepas, kecepatan pelepasan, temperatur, densitas, *velocity*, dan lain-lain.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan analisis kecelakaan diawali dengan uraian skenario kecelakaan yang dilengkapi dengan *event tree*, flowchart dapat dilihat pada Gambar 2. Semua asumsi utama dalam skenario harus diidentifikasi. Langkah selanjutnya yaitu menentukan suku sumber kecelakaan.

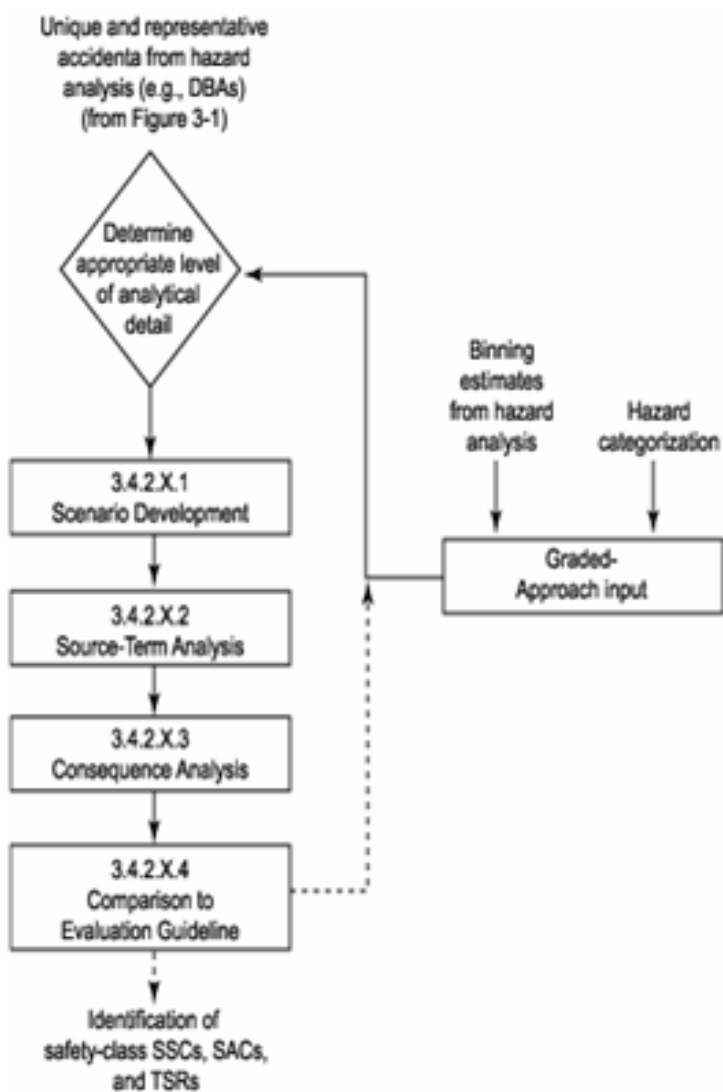
Catatan : format berikut diulang secara berurutan pada setiap ("X")  
DBA=Kecelakaan dasar desain.

X : Kecelakaan dasar desain yang dapat digunakan

Identifikasi Kecelakaan dasar desain dengan judul, kategori (yaitu, operasional, alam, kejadian eksternal akibat ulah manusia) dan tipe umum (contoh, kebakaran, ledakan, luapan, gampabumi, angin puting beliung)

Suku sumber untuk kecelakaan diperoleh melalui perhitungan fenomenologi dan respon sistem. Setelah suku sumber ditentukan, konsekwensi akibat dispersi atmosfer atau jalur relefan lain ditentukan.

Pada setiap fase analisis, upaya yang dilakukan merupakan fungsi dari perkiraan konsekuensi. Jika suku sumber kecil, perhitungan manual dispersi



Gambar 2. Diagram Alur untuk Melaksanakan dan Menganalisis Kecelakaan yang sederhana untuk konsekuensi dianggap cukup/memadai. Jika suku sumber besar, diperlukan pemodelan komputer untuk menentukan konsekuensi. Konsekuensi yang telah ditentukan selanjutnya dibandingkan dengan Pedoman Evaluasi. Dari kegiatan ini dapat ditentukan apakah SSK, BKO masuk dalam kelas-keselamatan atau tidak.

Kebutuhan terhadap BKO kecelakaan khusus dalam memenuhi pedoman evaluasi juga akan ditentukan. Karakteristik kecelakaan yang dianalisis akan tergantung kepada fasilitas dan proses yang dipertimbangkan.

Semua asumsi yang dibuat dalam analisis kecelakaan (menentukan tahapan dalam pengembangan/pembuatan skenario) divalidasi sebagai bagian dari aktifitas analisis kecelakaan.

### **Menentukan Level yang Sesuai dari Detail Analisis**

Mengidentifikasi kecelakaan dasar desain dengan judul, kategori (yaitu, operasional, alam, kejadian eksternal akibat ulah manusia) dan tipe umum (contoh, kebakaran, ledakan, luapan, gampabumi, angin puting beliung).

Kategori kecelakaan dasar desain yang dipertimbangkan adalah :

1. Kecelakaan operasional (diakibatkan oleh penyebab internal didalam fasilitas)
2. Kejadian alam (contoh gempa bumi, angin puting beliung)
3. Kejadian eksternal akibat ulah manusia (penyebab karena ulah manusia diluar fasilitas)

### **Pengembangan Skenario**

Dalam Pengembangan Skenario menjelaskan perkembangan kecelakaan yang berhubungan dengan kejadian pemicu dengan kejadian preventif dan mitigatif dan fenomena lain yang secara formal didefinisikan dalam kejadian yang teridentifikasi pada aktifitas seleksi kecelakaan. Perhatikan masing-masing respon, aksi, atau indikasi yang diperlukan untuk memulai tindakan relevan dengan perkembangan skenario. Dokumentasikan alasan yang digunakan dalam analisis bahaya untuk *binning* kecelakaan dasar desain dalam rentang frekuensi yang luas.

Dalam meringkas kejadian pemicu untuk kecelakaan dasar desain kejadian alam, terdapat referensi DOE 420.1 dan DOE-STD-1020 sampai 1024 untuk menentukan kecelakaan dasar desain kejadian-kejadian alam fasilitas<sup>[4,5]</sup>. Pedoman dasar desain mencakup diantaranya, faktor beban, periode pengembalian, faktor penguatan untuk fasilitas, dll. Ringkaskan respon fasilitas dan peralatan (dengan menekankan pada peralatan preventif atau mitigasi) terhadap beban yang dipostulasikan ada pada saat terjadinya kejadian alam. Referensikan dokumentasi fasilitas dari evaluasi ini dan ringkaslah asumsi yang relevan. Diskusikan tingkat konservatisme dari evaluasi tersebut.

Evaluasi kejadian sekunder yang secara langsung disebabkan oleh kejadian alam, seperti gempabumi yang menyebabkan kebakaran, berdasarkan posibilitas fisik untuk kondisi fasilitas (yaitu, kecelakaan yang ditimbulkan harus sudah memiliki potensi diluar kejadian seismik). Sebagai contoh, kebakaran yang ditimbulkan akibat seismik seharusnya

dipertimbangkan kecelakaan dasar desain apabila akumulasi bahan mudah terbakar terkena pemicu kebakaran akibat kerusakan seismik pada fasilitas.

Jika bahan yang mudah terbakar minimal terdapat pada lokasi tertentu, kebakaran besar yang diakibatkan seismik pada lokasi tersebut bukan merupakan kecelakaan dasar desain karena potensinya tidak secara fisik memungkinkan. Meskipun kejadian eksternal biasanya bukan dasar desain, standar ini menganggapnya sebagai kecelakaan dasar desain jika frekuensi terjadinya diperkirakan melebihi  $10^{-6}$ /tahun, atau  $10^{-7}$ /tahun. Penggunaan spesifik dari pedoman frekuensi yang ditetapkan oleh NRC ini dibatasi untuk kejadian eksternal yang disebabkan oleh sifatnya yang unik. Kejadian eksternal diberikan/dicantumkan karena kriteria frekuensi yang tercantum terpenuhi. Dengan demikian, analisis yang mendukung frekuensi hanya perlu diacu.

Langkah-langkah utama dalam mengembangkan dan menganalisis scenario kecelakaan yaitu :

1. Menganalisis kondisi tapak dan mengembangkan model konseptual
2. Identifikasi pekerja dan anggota masyarakat yang berpotensi terkena dampak kecelakaan
3. Identifikasi konfigurasi fasilitas, prosedur operasi dan kendali administrasi untuk operasi yang diharapkan
4. Identifikasi dan analisis kondisi fasilitas, termasuk kejadian pemicu internal dan eksternal, yang mengarah pada pelepasan material atau energi yang berpotensi berdampak merugikan
5. Mengkarakterisasi material yang terlepas (massa, kecepatan pelepasan, temperatur, dll. Karakteristik suku sumber)
6. Mengidentifikasi dan menganalisis jalur transportasi intra-fasilitas
7. Mengidentifikasi dan menganalisis jalur transportasi lingkungan, dan
8. Mengkuantifikasi dampak pada penerima radiasi yang teridentifikasi.

Menganalisis kondisi tapak dan mengembangkan model konseptual meliputi pemeriksaan terhadap meteorologi, geologi dan hidrologi kondisi tapak yang mungkin mempengaruhi operasi atau peranan bahan terangkut atau energi yang terlepas dari fasilitas. Termasuk karakterisasi gempabumi, arah angin, tornado dan banjir.

### **Analisis Suku Sumber**

Pada Proses ini menentukan bahan atau energi yang dilepaskan secara tak sengaja melalui jalur yang dianalisis. Tentukan semua parameter dan model fenomenologi yang digunakan untuk menurunkan suku sumber. Sekurang-kurangnya, definisi ini mencakup material berisiko (seperti yang didapatkan dari identifikasi bahaya), fraksi atau laju pelepasan suku sumber awal, dan faktor-faktor jalur kebocoran fasilitas yang menentukan suku sumber akhir terlepas keluar fasilitas. Tingkat konservatif diyakini ada dalam kalkulasi



perlu konsisten dengan definisi pada Pedoman Evaluasi. Kuantifikasi rinci ketidakpastian tidak disyaratkan. Pada pelepasan radionuklida, ukuran dasar dalam mendefinisikan suku sumber yaitu Fraksi Pelepasan di Udara (*Airborne Release Fraction (ARF)*), or Kecepatan Pelepasan di Udara (*Airborne Release Rate (ARR)*), dan Fraksi Respirable (*Respirable Fraction (RF)*).

Berbagai bentuk bahan yang ditemukan pada fasilitas daur bahan bakar dapat terlepas di udara yaitu a) gas; b) bahan yang mudah menguap; c) cairan yang rendah penguapan (termasuk solutions, slurries and non-Newtonian fluids); d) cairan organik yang mudah terbakar yang mengandung bahan radioaktif terlarut; e) padatan, termasuk logam reaktif dan non-reaktif; f) padatan rapuh, termasuk gelas, limbah tingkat tinggi teraktivikasi, pelet bahan bakar, bahan bakar bekas (SNF) and beton; g) serbuk; h) padatan terkontaminasi dan mudah terbakar; serta i) saringan HEPA.

### **Analisis Konsekuensi**

Pada Proses ini menentukan dosis penerima terkait dengan jalur yang relevan. Turunkan dosis sesuai dengan definisi pada Pedoman Evaluasi. Informasi yang diturunkan dari analisis bahaya dan kecelakaan terkait dengan perlindungan masyarakat dan informasi yang diperoleh dari masalah kontaminasi lingkungan perlu dibandingkan dengan dokumentasi pada peraturan lingkungan hidup untuk memastikan bahwa tidak terjadi ketidaksesuaian yang signifikan antara DSA dan dokumentasi tersebut.

### **Dibandingkan dengan Pedoman Evaluasi**

Pada Proses ini membandingkan penerimaan dosis tak termitigasi untuk urutan kecelakaan terhadap pedoman evaluasi. Jika pedoman evaluasi terlampaui, berikan kajian ringkas mengenai signifikansi nilai kelebihan dan pengendalian administratif dan/atau teknis yang implementasinya akan mencegah atau memitigasi urutan kecelakaan. Analisis biaya-manfaat yang rinci untuk mengevaluasi perubahan potensi diluar jangkauan DSA.

### **Ringkasan Pengendalian kelas keselamatan SSK, KAK dan BKO**

Pada Proses ini mengidentifikasi SSK kelas-keselamatan (atau sepadan dengan KAK) dan asumsi yang digunakan untuk mensyaratkan cakupan BKO. Setiap asumsi BKO yang tidak secara langsung melebihi Pedoman Evaluasi harus ditentukan

Proses tersebut berulang, dimulai dengan tidak mempertimbangkan fitur mitigasi dan membandingkan hasilnya dengan pedoman evaluasi. Selanjutnya dengan mempertimbangkan fitur mitigasi tambahan dan membandingkan hasil dengan Pedoman Evaluasi sampai dibawah Pedoman. Namun demikian, proses berulang ini mempertimbangkan desain fisik dari

SSK fasilitas. Sebagai contoh, jika bahan berbahaya cair dibawa ke dalam fasilitas di dalam pipa baja dan ditempatkan di dalam tangki baja, hal ini tidak berarti mengabaikan keberadaan fitur fisik material tersebut dalam melakukan analisis. Secara sederhana keberadaan fitur fisik tersebut tidak memerlukan penunjukan SSK Kelas keselamatan. Dengan cara lain, fasilitas hendaknya dianalisa sebagaimana adanya apabila mengkuantifikasi mekanisme pelepasan yang berarti.

### **Pedoman Evaluasi**

Pedoman evaluasi merinci nilai dosis radiologi secara numerik yang digunakan dalam mengidentifikasi SSK keselamatan. Metode perhitungan dan asumsi yang dibutuhkan untuk menyediakan konsistensi umum dalam mengestimasi dosis juga dijelaskan, dengan latar belakang yang relevan dan diskusi interpretasi dicantumkan secukupnya.

Metodologi yang diberikan memfokuskan pada karakterisasi keselamatan fasilitas dengan atau tanpa informasi desain yang terdokumentasi dengan baik. Susunan Pedoman evaluasi seperti diuraikan dimaksudkan terutama untuk digunakan dengan fasilitas yang ada.

Pedoman Evaluasi adalah dosis ekuivalen efektif total (TEDE) 25 rem. Perkiraan dosis yang dibandingkan dengan TEDE adalah dosis yang diterima oleh individu diluar tapak yang terpapar secara maksimal hipotetik (MOI) pada batas tapak selama 2 jam. Waktu paparan nominal selama 2 jam dapat diperpanjang selama 8 jam untuk skenario pelepasan yang lambat. Perhitungan dosis yang dibandingkan dengan Pedoman Evaluasi didasarkan pada konsep pelepasan tak termitigasi untuk menentukan apakah tingkat bahaya potensial pada fasilitas khusus mensyaratkan penentuan SSK Keselamatan.

Nilai TEDE 25 rem tidak digunakan sebagai tingkat lolos atau gagal yang luar biasa. Pelepasan tak termitigasi seharusnya dibandingkan dengan Pedoman Evaluasi untuk menentukan apakah tak termitigasi mendekati Pedoman Evaluasi, tetapi tidak melampauinya. Hal ini disebabkan perhitungan konsekuensi dibuat dengan asumsi yang berlebihan dan ketidakpastian.

### **KESIMPULAN**

1. Hasil kajian ini berupa kriteria penerimaan yang dapat digunakan oleh evaluator atau pemohon untuk menentukan apakah analisis keselamatan yang terdapat LAK INNR sudah lengkap dan memenuhi syarat dalam rangka melindungi anggota masyarakat.

2. Kriteria penerimaan diatas yang meliputi pengembangan skenario, analisis suku sumber dan analisis konsekuensi dapat melengkapi Perka No. 10 Tahun 2006.
3. Hasil kajian ini masih bersifat kualitatif, disarankan untuk dilanjutkan dengan kajian analisis kecelakaan yang bersifat kuantitatif.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. PERKA BAPETEN No. 10, 2006, "Pedoman Penyusunan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Nuklir Nonreaktor".
2. NRC, "Preparation Guide For U.S Department Of Energy Nonreactor Nuclear Facility Documented Safety Analyses" (US-DOE-STD-3009-94).
3. NRC, "Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysts Handbook" (NUREG-6410)
4. DOE, "Facility Safety" (DOE-STD-4201)
5. DOE, "Natural Phenomena Hazards Design And Evaluation Criteria For Department Of Energy Facilities" (DOE-STD-1020)

