

**Tinjauan Sistem Manajemen Pemanfaatan Tenaga Nuklir Dalam Pelaksanaan  
Praktikum Penanggulangan Kedaruratan Radiologi**

***Review of Management System in Utilization of Nuclear Energy for Radiological  
Emergency Response Exercise***

**Yustina Tri Handayani<sup>\*</sup>, Sugito, Nur Paramita Nira Mulyono**

Pusdiklat - BATAN

\*email: yustina@batan.go.id

**ABSTRAK**

Dalam pelatihan Petugas Proteksi Radiasi yang diadakan Pusdiklat Batan, terdapat kegiatan praktikum Penanggulangan Kedaruratan Radiologi dengan kasus sumber hilang yang mempunyai skenario yang cukup kompleks, sehingga memiliki potensi bahaya relatif besar. Sistem manajemen fasilitas dan pemanfaatan tenaga nuklir yang tercantum dalam Perka Bapeten No 4 Tahun 2010 merupakan persyaratan untuk jaminan mutu dalam keselamatan radiasi. Untuk mengetahui kesesuaian dengan persyaratan, dilakukan tinjauan sistem manajemen terhadap kegiatan praktikum tersebut dengan mengacu pada pelaksanaan proses (kendali produk serta pengujian, verifikasi, dan validasi), pengembangan proses (mengidentifikasi dan mengembangkan proses, serta persyaratan pengembangan proses), pemantauan, pengukuran, penilaian, dan perbaikan (ketidaksesuaian, tindakan korektif, dan pencegahan, serta peluang perbaikan). Kendali terhadap bahan ajar, peralatan yang digunakan, evaluasi kepuasan dan pencapaian tujuan pembelajaran sudah dilakukan, akan tetapi identifikasi perubahan jumlah peserta praktikum dan identifikasi risiko belum sepenuhnya terpenuhi. Identifikasi ketidaksesuaian yang dilakukan meliputi kualifikasi pembimbing, penyimpangan dari skenario, aktivitas sumber radioaktif, penggantian peralatan, kelalaian mengisi formulir peminjaman, dan pengawasan yang kurang memadai. Dampak dan keberterimaan terhadap proses perlu ditentukan. Beberapa tindakan pencegahan dengan pengadaan sumber radioaktif berumur paruh panjang, pengujian dan penjadwalan kalibrasi peralatan. Peluang perbaikan diperlukan terkait skenario pada kondisi hujan, uji kontaminasi sumber radioaktif, perekaman kompetensi personil secara lebih baik, verifikasi peminjaman dan pengembalian sumber radioaktif oleh atasan.

**Kata Kunci:** Perka Bapeten No 4 Tahun 2010, praktikum penanggulangan kedaruratan radiologi, tinjauan sistem manajemen.

**ABSTRACT**

*Center for Education and Training conduct trainings for Radiation Protection Officer. The training consists Radiological Emergency Response Exercise for lost source case which has relatively complex scenario and high risk. Management system of facility and utility of energy nuclear as stated in Chairman Regulation of Nuclear Energy Regulatory Body No 4/2010 is required for quality assurance in radiation safety. In order to assess conformities, it is need to review the conducting of the exercise, from point of view process implementation (product control, checking, verification, and validation), process development, (process development identification and requirements), monitoring, pengukuran, measurement, assessment, and improvement (unconformity, corrective and preventive action, improvement challenges). Controlling of learning aids, equipments and radioactive sources, evaluation of exercise performance and learning goal has been conducted, but the change of*

*participant number and its risk were not completely identified. Identification of unconformities were related to instructor qualification, modification of scenario, radioactive source activity, equipment, negligence of handover form, and insufficient monitoring. Therefore, it is needed to assess the impact and acceptance of process. Provision of long half life radioactive source, performance test and calibration scheduling are some preventive actions. Development of scenario for rainy day, radioactive contamination test, better personnel competency record, verification of radioactive sources handover are some improvement challenges.*

**Keywords:** *Chairman Regulation of Nuclear Energy Regulatory Body No 4/2010, Management System Review, Radiological Emergency Response Exercise*

## PENDAHULUAN

Sesuai dengan Perka BATAN No. 14 Tahun 2013, Pusat Pendidikan dan Pelatihan (Pusdiklat) mempunyai tugas melaksanakan pendidikan dan pelatihan, khususnya dibidang sains dan teknologi nuklir. Pusdiklat menyelenggarakan pelatihan Proteksi Radiasi yang meliputi Proteksi Radiasi untuk Pegawai Baru, Petugas Proteksi Radiasi (PPR) Instalasi Nuklir, dan Petugas Proteksi Radiasi bidang Industri. Dalam pelatihan tersebut terdapat kegiatan praktikum Penanggulangan Kedaruratan Radiologi (PKR) dengan kasus sumber hilang.

Praktikum PKR pada Pelatihan PPR Instalasi Nuklir dan Bidang Industri untuk PPR Tingkat 1 merupakan praktikum yang menggunakan lebih dari 1 sumber radiasi dan peralatan yang cukup banyak, serta melibatkan pembimbing, asisten, dan peserta yang lebih banyak dari praktikum lainnya. Dengan skenario praktikum yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi, maka praktikum PKR merupakan praktikum yang memiliki potensi bahaya relatif besar.

Sistem manajemen pemanfaatan sumber radiasi pengion merupakan persyaratan untuk jaminan mutu dalam keselamatan radiasi. Untuk mengetahui kesesuaian dengan persyaratan, perlu dilakukan tinjauan sistem manajemen terhadap kegiatan praktikum tersebut, dalam rangka mempertahankan

keselamatan dan perbaikan secara berkesinambungan.

## TEORI

Peraturan Kepala BAPETEN No 4 Tahun 2010 tentang Sistem Manajemen Fasilitas dan Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, memiliki tujuan menentukan persyaratan untuk menetapkan, melaksanakan, menilai, dan secara berkesinambungan memperbaiki sistem manajemen yang memadukan aspek keselamatan dengan aspek lainnya seperti kesehatan, lingkungan hidup, keamanan, mutu, dan ekonomi, serta untuk memastikan tidak ada kompromi terhadap keselamatan, dengan mempertimbangkan implikasi semua tindakan dalam hubungannya dengan keselamatan secara menyeluruh. Pengertian sistem manajemen adalah sekumpulan unsur-unsur yang saling terkait atau berinteraksi untuk menetapkan kebijakan dan sasaran, serta memungkinkan sasaran tersebut tercapai secara efisien dan efektif, dengan memadukan semua unsur organisasi yang meliputi struktur, sumber daya, dan proses.

Dalam Bab V tentang Pelaksanaan Proses, khususnya tentang Kendali Produk, dinyatakan dalam pasal 19 bahwa:

- a. Spesifikasi dan persyaratan untuk produk termasuk perubahannya harus sesuai dengan standar yang ditetapkan dan memenuhi peraturan perundang-undangan.

- b. Pemegang Izin harus mengidentifikasi dan mengendalikan produk untuk memastikan penggunaannya dengan benar.
- c. Pemegang Izin harus merekam identifikasi produk agar mampu telusur.

Dalam pasal 20 dinyatakan bahwa:

- a. Kegiatan pemeriksaan, pengujian, verifikasi, dan validasi harus selesai sebelum penerimaan, pelaksanaan, atau pengoperasian produk.
- b. Perkakas (tools) dan peralatan (equipment) yang digunakan untuk kegiatan harus memiliki rentang, tipe, akurasi, dan presisi yang sesuai.

Dalam pasal 21 dinyatakan bahwa

- a. produk tersedia dalam bentuk yang dapat diverifikasi;
- b. produk memenuhi persyaratan yang ditentukan dan memiliki kinerja yang memuaskan ketika digunakan;
- c. pengendalian dilakukan untuk memastikan semua produk menjalani setiap kegiatan verifikasi yang dipersyaratkan.

Selanjutnya tentang Pengembangan Proses, dinyatakan dalam pasal 27 bahwa:

- a. Pemegang Izin harus mengidentifikasi dan mengembangkan proses sistem manajemen yang diperlukan untuk:
- mencapai tujuan organisasi;
  - menyediakan sarana untuk memenuhi semua persyaratan;
  - menghasilkan produk organisasi.
- b. Pemegang Izin harus menentukan rangkaian dan interaksi proses.
- c. Pengembangan proses sistem manajemen harus direncanakan, dilaksanakan, dinilai, dan secara berkesinambungan diperbaiki.
- d. Pemegang Izin harus menentukan dan melaksanakan metode yang diperlukan untuk memastikan efektivitas pelaksanaan dan kendali proses.

Dalam pasal 28 dinyatakan bahwa:

- a. Dalam mengembangkan proses, Pemegang Izin harus:

- memenuhi persyaratan proses;
  - mengidentifikasi bahaya dan risiko serta setiap tindakan pemulihan yang diperlukan;
  - mengidentifikasi interaksi dengan proses yang saling berkaitan;
  - mengidentifikasi masukan proses;
  - menguraikan aliran proses;
  - mengidentifikasi keluaran proses; dan
  - menetapkan kriteria pengukuran proses.
- b. Persyaratan proses meliputi peraturan perundang-undangan, persyaratan keselamatan, kesehatan, lingkungan hidup, keamanan, mutu, dan ekonomi.
- c. Pemegang Izin harus merencanakan, mengendalikan, dan mengelola kegiatan dan antarmuka antar perorangan atau kelompok berbeda yang terlibat dalam satu proses dengan cara memastikan komunikasi yang efektif dan penugasan tanggung jawab yang jelas.

Dalam Bab VII tentang Pemantauan, Pengukuran, Penilaian, dan Perbaikan, khususnya tentang Ketidaksesuaian, Tindakan Korektif, dan Pencegahan dinyatakan sebagai berikut.

Dalam pasal 35 dinyatakan bahwa:

- a. Pemegang Izin harus menentukan penyebab ketidaksesuaian dan mengambil tindakan remedial untuk mencegah pengulangan ketidaksesuaian.
- b. Setiap personil harus mengidentifikasi setiap produk dan/atau proses yang tidak sesuai dengan persyaratan yang ditentukan.
- c. Personil harus memisahkan, mengendalikan, dan merekam, produk dan/atau proses yang tidak sesuai.
- d. Produk dan/atau proses yang tidak sesuai dilaporkan ke manajer yang terkait.

Dalam pasal 36 dinyatakan bahwa:

- a. Manajer harus melakukan evaluasi dampak ketidaksesuaian.

b. Berdasarkan hasil evaluasi dampak ketidaksesuaian, manajer harus menetapkan kriteria keberterimaan produk atau proses.

Dalam pasal 37 dinyatakan bahwa:

- a. Pemegang Izin bertanggung jawab atas pelaksanaan tindakan korektif terhadap ketidaksesuaian yang ditemukan.
- b. Manajer yang terkait harus melaksanakan tindakan korektif dengan mengidentifikasi ketidaksesuaian yang diperkirakan dapat mengurangi kinerja organisasi.
  - i. Identifikasi ketidaksesuaian dilakukan melalui: umpan balik baik dari dalam organisasi maupun organisasi lainnya;
  - ii. penelitian dan pengembangan teknis;
  - iii. berbagi pengetahuan dan pengalaman;
  - iv. metode yang mengidentifikasi pelaksanaan terbaik.
- c. Pemegang Izin harus menentukan dan melaksanakan tindakan pencegahan untuk menghilangkan penyebab ketidaksesuaian yang diperkirakan akan terjadi.
- d. Status dan efektivitas semua tindakan korektif dan pencegahan harus dipantau dan dilaporkan oleh manajer terkait.

Dalam pasal 38 dinyatakan bahwa Pemegang Izin bertanggung jawab untuk:

- a. mengidentifikasi peluang perbaikan sistem manajemen;
- b. memilih, merencanakan, dan merekam tindakan untuk memperbaiki proses;
- c. memantau tindakan perbaikan sampai selesai;
- d. memeriksa efektivitas perbaikan.
- e. merencanakan penyediaan sumber daya yang memadai.

## METODE

### Praktikum PKR

Kompetensi dasar yang dimiliki peserta setelah Praktikum PKR adalah mampu menanggulangi kedaruratan akibat sumber radioaktif hilang sesuai dengan ketentuan yang

berlaku, dengan indikator keberhasilan peserta mampu:

- a. Menentukan peralatan yang diperlukan dalam penanggulangan kedaruratan radiologi;
  - b. Mengisolasi daerah radiasi;
  - c. Menentukan posisi sumber radioaktif;
  - d. Melakukan tindakan remedial area dari kontaminasi;
  - e. Melakukan dekontaminasi personil;
  - f. Mengevaluasi dosis yang diterima petugas .
- Skenario Praktikum PKR dalam Pelatihan PPR Instalasi Nuklir dan Industri Tk.1 sebagai berikut:

- a. Sumber terbungkus terlepas dari kamera radiografi
  - b. Sumber bocor dan menimbulkan kontaminasi area dan personil
  - c. Kontaminasi udara tidak signifikan
- Sumber radiasi yang digunakan dalam praktikum:

- a.  $^{192}\text{Ir}$  atau  $^{137}\text{Cs}$  dengan aktivitas 50 – 300 mCi (1,85 – 11,1 GBq)
- b. Sumber untuk simulasi kontaminasi dengan aktivitas sekitar 20  $\mu\text{Ci}$  (740 KBq). Sumber yang digunakan dapat berupa sumber terbungkus  $^{241}\text{Am}$  atau  $^{137}\text{Cs}$  (dengan bentuk fisik kecil) atau sumber terbuka  $^{32}\text{P}$  pada kertas saring yang dibungkus selotape.
- c. Sumber terbuka  $^{32}\text{P}$  sekitar 100 Bq untuk kontaminasi personil (mannequin).

Peralatan yang digunakan dalam praktikum meliputi:

- a. Dosimeter saku
- b. Surveimeter dan telesurveimeter
- c. Monitor kontaminasi
- d. Tanda radiasi dan tali kuning
- e. Penjepit panjang
- f. Kontainer Pb
- g. Ember, sekop, kantong plastik
- h. Jas laboratorium dan sepatu bot
- i. Mannequin dan alas plastik
- j. Kit dekontaminasi

Sedangkan tahapan praktikum secara garis besar sebagai berikut:

- a. Persiapan praktikum, meliputi:
  - i. Pembagian tugas dalam kelompok;
  - ii. Perhitungan jarak dan laju dosis untuk security dan safety perimeter, dan posisi petugas penentuan posisi sumber dan pengambilan sumber radioaktif;
  - iii. Persiapan penanganan kontaminasi
- b. Pengenalan peralatan
- c. Gladi bersih/uji-coba langkah penanggulangan tanpa sumber radiasi dan evaluasi kekurangan
- d. Pelaksanaan tahapan penanggulangan, meliputi:
  - i. Penyisiran lokasi
  - ii. Isolasi daerah radiasi
  - iii. Penentuan posisi sumber radioaktif
  - iv. Pengambilan/pemindahan sumber radioaktif ke dalam kontainer
  - v. Pemantauan kontaminasi area dan isolasi area yang terkontaminasi
  - vi. Remedial/pembersihan area
  - vii. Pemantauan kontaminasi personil
  - viii. Dekontaminasi personil
- e. Evaluasi bersama

Peserta praktikum sebanyak peserta pelatihan, yaitu 20 – 28 orang, dibagi dalam 2 kelompok praktikum. Masing-masing kelompok praktikum didampingi 2 pembimbing untuk penanganan sumber terbungkus dan kontaminasi, serta 1 asisten. Proteksi radiasi dalam kegiatan praktikum diawasi oleh seorang Petugas Proteksi Radiasi (PPR).

Praktikum dilaksanakan di tempat terbuka, yaitu di halaman depan gedung Pusdiklat BATAN. Praktikum dilaksanakan dalam kondisi cuaca seperti apapun, sesuai dengan jadwal pelatihan yang sudah ditetapkan.

Dari sisi perencanaan dan penyelenggaraan praktikum, kegiatan meliputi:

- a. Penyiapan bahan ajar, berupa petunjuk praktikum dan bahan tayangan;
- b. Pemilihan pembimbing, asisten, dan PPR;

- c. Rapat pengajar pelatihan;
- d. Rapat koordinasi praktikum;
- e. Penyiapan peralatan;
- f. Pelaksanaan praktikum;
- g. Pengembalian peralatan praktikum;
- h. Evaluasi pembimbing

Pembimbing, asisten, dan PPR dipilih sesuai kriteria yang telah ditetapkan dalam Surat Keputusan (SK) Kepala Pusdiklat untuk mengemban tugas dan tanggung jawab pencapaian tujuan pembelajaran. Pembimbing praktikum bertanggung jawab secara akademis atas pelaksanaan kegiatan praktikum, memahami dengan baik tujuan pembelajaran, latar belakang teori dan prosedur praktikum serta menguasai penggunaan peralatan praktikum. Asisten bertanggung jawab membantu pelaksanaan kegiatan praktikum, memahami prosedur praktikum serta menguasai penggunaan peralatan praktikum. PPR bertugas mengawasi dan bertanggung jawab atas keselamatan radiasi semua personel yang terlibat pada kegiatan praktikum tersebut..

Kriteria yang ditetapkan untuk Pembimbing yaitu mempunyai latar belakang pendidikan yang mendukung dan telah mengikuti pelatihan sejenis. Kriteria Asisten yaitu pernah mengikuti pelatihan sejenis. Kriteria PPR yaitu memiliki Surat Izin Bekerja (SIB) yang masih berlaku pada saat digunakan.

### **Tugas dan Tanggung jawab Pembimbing**

1. Sebelum Pelaksanaan Praktikum:
  - a. Meminta izin pemakaian peralatan dan sumber radiasi yang akan digunakan dalam praktikum ke Subbidang Sarana dan Prasarana sesuai prosedur yang telah ditetapkan
  - b. Mempersiapkan dan atau mencoba praktikum sesuai petunjuk praktikum yang telah ditetapkan
2. Pada Saat Praktikum:

- a. Memastikan kelengkapan peralatan dan sumber radiasi di lokasi praktikum agar praktikum berjalan lancar.
  - b. Menjelaskan teori yang mendasari materi praktikum dan prosedur praktikum sesuai petunjuk praktikum secara operasional kepada peserta di lokasi praktikum
  - c. Membimbing peserta selama pelaksanaan praktikum dan mengambil tindakan pencegahan bila peserta melakukan kesalahan yang dapat menimbulkan bahaya terhadap personil, lingkungan, dan peralatan.
  - d. Membimbing peserta dalam mengolah data praktikum.
3. Setelah Selesai Praktikum:  
Mengembalikan peralatan dan sumber radiasi yang digunakan dalam praktikum ke Subbidang Sarana Laboratorium sesuai prosedur yang ditetapkan setelah mendapat laporan dari asisten

#### **Tugas dan Tanggung jawab Asisten**

1. Sebelum Pelaksanaan Praktikum:  
Membantu pembimbing praktikum menyiapkan peralatan dan sumber radiasi di lokasi praktikum
  2. Pada Saat Praktikum:  
Memandu peserta agar dapat melaksanakan praktikum sesuai prosedur pada petunjuk praktikum dan yang telah dijelaskan oleh pembimbing praktikum
  3. Setelah Selesai Praktikum:
    - a. Menguji unjuk kerja semua peralatan dan melaporkan hasilnya kepada pembimbing praktikum
    - b. Merapikan semua peralatan dan sumber radiasi sebelum dikembalikan oleh pembimbing ke Subbidang Sarana dan Prasarana.
- a. Mendata semua sumber radiasi yang diperlukan, baik yang sudah tersedia maupun yang harus diadakan
  - b. Mempersiapkan dosimeter perorangan yang akan digunakan oleh peserta, pembimbing dan asisten praktikum
  - c. Memeriksa validasi surveimeter yang akan digunakan dalam praktikum
  - d. Mengukur laju dosis dan/atau tingkat kontaminasi di lokasi praktikum
2. Pada Awal Pelaksanaan Praktikum:  
Membagikan dosimeter perorangan yang telah diidentifikasi kepada semua peserta
3. Pada Saat Praktikum Sedang Berlangsung:
  - a. Melakukan pengukuran laju dosis secara berkala di semua lokasi praktikum minimal 3 kali pengukuran (awal, pertengahan, akhir praktikum)
  - b. Mencatat semua sumber radiasi yang digunakan pada setiap praktikum
  - c. Mengukur tingkat kontaminasi setiap peserta pada akhir praktikum (khusus untuk sumber terbuka)
4. Setelah Praktikum Selesai (Setiap Hari):
  - a. Menjamin semua sumber radiasi yang digunakan sudah dikembalikan ke tempat penyimpanan sumber
  - b. Mengumpulkan kembali semua dosimeter perorangan dan mencatat dosis yang telah diterima peserta (berdasarkan dosimeter saku)
5. Setelah Seluruh Pelaksanaan Praktikum:
  - a. Mengumpulkan semua dosimeter perorangan
  - b. Mengukur laju dosis dan/atau tingkat kontaminasi di setiap lokasi praktikum
  - c. Menjamin bahwa limbah radioaktif dan baju/jas lab yang telah terkontaminasi terlokalisasi dengan baik
  - d. Menyusun laporan pelaksanaan tugas sebagai PPR mengikuti format yang berlaku
  - e. Mencatat dosis yang telah diterima para pembimbing dan asisten yang terlibat

#### **Tugas dan Tanggung jawab PPR**

1. Sebelum Pelaksanaan Praktikum:

dalam kegiatan praktikum tertentu pada kartu dosis.

### Metode Tinjauan

Tinjauan sistem manajemen terhadap praktikum PKR dilakukan berdasarkan pada:

- a. Pelaksanaan proses
  - i. Kendali produk
  - ii. Pengujian, verifikasi, dan validasi
- b. Pengembangan proses
  - i. mengidentifikasi dan mengembangkan proses
  - ii. persyaratan pengembangan proses
- c. Pemantauan, Pengukuran, Penilaian, dan Perbaikan:
  - i. Ketidakesesuaian,
  - ii. Tindakan Korektif, dan Pencegahan
  - iii. Peluang perbaikan

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk yang disediakan oleh Pusdiklat BATAN adalah pelatihan, maka spesifikasinya terkait dengan tercapainya tujuan pembelajaran, yang dinyatakan dalam kompetensi dasar dan indikator keberhasilan.

Dalam kendali produk dinyatakan bahwa spesifikasi dan persyaratan untuk produk termasuk perubahannya harus sesuai dengan standar yang ditetapkan dan memenuhi peraturan perundang-undangan. Produk diidentifikasi dan dikendalikan untuk memastikan penggunaannya dengan benar. Identifikasi produk direkam agar mampu telusur. Agar tujuan pembelajaran dapat tercapai, maka spesifikasi dan persyaratan sesuai pasal 19 untuk Praktikum PKR meliputi:

- Materi praktikum
- Petunjuk praktikum
- Rencana Pembelajaran
- Sumber radioaktif dan peralatan yang digunakan
- Kompetensi Pembimbing, Asisten, dan PPR
- Jumlah peserta per kelompok

- Lokasi praktikum

Materi dan Petunjuk Praktikum dibakukan oleh Sub Bidang Program dengan melibatkan personil yang memiliki kompetensi di bidang PKR. Rencana Pembelajaran merupakan dokumen yang berisi alokasi waktu, lingkup, peralatan, lokasi praktikum dan kondisi (jumlah peserta per kelompok), serta skenario yang memandu pelaksanaan praktikum agar tujuan pembelajaran tercapai. Apabila ada perubahan materi Petunjuk Praktikum, peralatan dan kondisi, serta skenario, maka dokumen Rencana Pembelajaran juga perlu direvisi dan dibakukan. Dokumen Petunjuk Praktikum dan Rencana Pembelajaran diidentifikasi dengan nomor dokumen, dan dikendalikan sesuai dengan Prosedur Pengendalian Dokumen.

Kegiatan pemeriksaan, pengujian, verifikasi, dan validasi harus selesai sebelum penerimaan, pelaksanaan, atau pengoperasian produk. Perkakas dan peralatan yang digunakan untuk kegiatan harus memiliki rentang, tipe, akurasi, dan presisi yang sesuai. Penerapan persyaratan pada pasal 20 tersebut untuk Praktikum PKD sebagai berikut:

- Validasi dan pengujian Petunjuk Praktikum dilakukan pada saat pembakuan materi;
- Verifikasi pelaksanaan praktikum dilakukan pada rapat Pengajar yang dilaksanakan paling lambat 2 minggu sebelum pelatihan dimulai;
- Beberapa tahun yang lalu, verifikasi lebih detil atau pemeriksaan untuk praktikum dilakukan dalam rapat koordinasi praktikum beberapa hari sebelum pelaksanaan; Saat ini rapat koordinasi praktikum dilaksanakan setiap 3 bulan untuk beberapa pelatihan, membahas koordinasi praktikum secara umum, sehingga tidak membahas detil praktikum per pelatihan.
- Peralatan praktikum yang diperlukan diuji dan disiapkan sebelum dilakukan serah terima kepada pembimbing Praktikum

- Serah terima peralatan dan sumber radioaktif direkam dalam formulir serah terima dan peminjaman sumber radioaktif. Petugas melakukan pemeriksaan terhadap penyerahan dan pengembalian. Penyerahan dan pengembalian sebaiknya diverifikasi oleh Atasan Petugas.

Kegiatan pembakuan Petunjuk Praktikum dan Rencana Pembelajaran, serta rapat Pengajar dikoordinasikan oleh Sub Bidang Program. Sedangkan rapat Koordinasi Praktikum, pengujian peralatan, serah terima peralatan dan sumber radioaktif dikoordinasikan oleh Sub Bidang Sarana dan Prasarana Pelatihan.

Produk harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dan memiliki kinerja yang memuaskan ketika digunakan. Pengendalian dilakukan untuk memastikan semua produk menjalani setiap kegiatan verifikasi yang dipersyaratkan. Penerapan dari persyaratan pasal 21 tersebut sebagai berikut:

- Evaluasi terhadap Pembimbing Praktikum dilakukan secara tertulis menggunakan formulir yang disediakan oleh Sub Bidang Evaluasi untuk mengukur kepuasan peserta terhadap pelaksanaan praktikum. Apabila hasil penilaian menunjukkan kinerja pembimbing tidak memenuhi kriteria baik, maka hal tersebut menjadi pertimbangan untuk penentuan pembimbing pada pelatihan berikutnya, dan diperlukannya kegiatan pengembangan kompetensi.
- Salah satu perubahan yang dapat terjadi menjelang pelaksanaan praktikum, yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan pembelajaran Praktikum PKR adalah penggantian pembimbing, asisten, atau PPR, karena berhalangan, atau karena ada tugas lain. Manajemen perlu melakukan pengendalian terhadap kemungkinan adanya tugas lain. Penggantian personil dilakukan mengacu pada kriteria yang sudah ditetapkan, dan direkam. Dalam peraturan, terhadap perubahan dipersyaratkan

dilakukan verifikasi supaya perubahan yang dilakukan tidak mempengaruhi pencapaian tujuan pembelajaran.

Identifikasi dan pengembangan proses sistem manajemen diperlukan untuk:

- mencapai tujuan organisasi;
- menyediakan sarana untuk memenuhi semua persyaratan;
- menghasilkan produk organisasi.

Rangkaian dan interaksi proses ditentukan. Pengembangan proses sistem manajemen harus direncanakan, dilaksanakan, dinilai, dan secara berkelanjutan diperbaiki. Metode yang diperlukan untuk memastikan efektivitas pelaksanaan dan kendali proses ditentukan dan dilaksanakan. Beberapa hal yang terkait dengan persyaratan pasal 27 tersebut, tetapi belum terpenuhi semuanya sebagai berikut:

- Beberapa tahun yang lalu, jumlah peserta pelatihan PPR sekitar 20 orang, sehingga dalam praktikum PKR digabung dalam 1 kelompok dengan 2 pembimbing, 2 asisten, dan 1 PPR. Dalam perkembangannya, jumlah peserta pelatihan bertambah mencapai 28 orang. Dalam pelaksanaan praktikum, pembimbing berinisiatif untuk membagi peserta menjadi 2 kelompok, masing-masing kelompok dipandu oleh 1 pembimbing 1 asisten. Setelah beberapa kali berjalan, pembimbing dan asisten merasa beban terlalu berat dan menyampaikannya pada rapat Pengajar Pelatihan PPR. Berdasarkan hal tersebut dilakukan perubahan, praktikum didampingi oleh 4 pembimbing dan 4 asisten untuk 2 kelompok.
- Adanya perkembangan situasi perlu diidentifikasi untuk melakukan perubahan yang terencana.

Pengembangan proses harus:

- memenuhi persyaratan proses ( peraturan perundang-undangan, persyaratan



- keselamatan, kesehatan, lingkungan hidup, keamanan, mutu, dan ekonomi);
- mengidentifikasi bahaya dan risiko serta setiap tindakan pemulihan yang diperlukan;
- mengidentifikasi interaksi dengan proses yang saling berkaitan;
- mengidentifikasi masukan proses;
- menguraikan aliran proses;
- mengidentifikasi keluaran proses;
- menetapkan kriteria pengukuran proses.

Kegiatan dan antarmuka antar perorangan atau kelompok berbeda yang terlibat dalam satu proses direncanakan, dikendalikan, dan dikelola dengan cara memastikan komunikasi yang efektif dan penugasan tanggung jawab yang jelas. Beberapa penerapan dari persyaratan pasal 28 tersebut antara lain:

- Identifikasi risiko terhadap Praktikum PKR sudah dituangkan dalam dokumen, tetapi perlu ditinjau lagi. Risiko tercecer atau hilangnya sumber yang digunakan dalam praktikum belum teridentifikasi.
- Identifikasi risiko terhadap perubahan skenario praktikum harus dilakukan.

Pemegang Izin harus menentukan penyebab ketidaksesuaian dan mengambil tindakan remedial untuk mencegah pengulangan ketidaksesuaian. Setiap personil harus mengidentifikasi setiap produk dan/atau proses yang tidak sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Personil harus memisahkan, mengendalikan, dan merekam, produk dan/atau proses yang tidak sesuai. Produk dan/atau proses yang tidak sesuai dilaporkan ke manajer yang terkait. Identifikasi ketidaksesuaian sesuai pasal 35 dalam pelaksanaan praktikum antara lain:

- Pembimbing Praktikum yang ditunjuk menggantikan Pembimbing Praktikum yang berhalangan belum mendapatkan pelatihan untuk mencapai kualifikasi sebagai pembimbing;

- Pelaksanaan praktikum kurang sesuai dengan Rencana Pembelajaran, karena hujan deras; Ketidaksesuaian bisa berupa berkurangnya durasi, karena menunggu hujan reda atau simulasi kontaminasi tidak dilakukan, karena lokasi basah;
- Perubahan lokasi praktikum, karena hujan yang sangat deras, sehingga tidak bisa dilaksanakan di halaman terbuka;
- Sumber radioaktif yang digunakan tidak sesuai ketentuan. Sumber  $^{192}\text{Ir}$  yang digunakan untuk praktikum PKR adalah sumber radioaktif bekas kegiatan radiografi yang aktivitasnya sudah turun menjadi 50 - 300 mCi.  $^{192}\text{Ir}$  dengan umur paruh 74 hari akan meluruh relatif cepat, sehingga aktivitas pada saat praktikum kurang dari 50 mCi. Apabila menggunakan sumber yang lebih baru dan belum cukup waktu peluruhannya, aktivitas lebih dari 300 mCi;
- Penggantian peralatan atau pemakaian secara bergantian, karena ada yang rusak atau sedang dikalibrasi.;
- Peminjaman sumber radioaktif tidak mengisi formulir peminjaman;
- Pengawasan terhadap sumber radioaktif kurang memadai.

Selama ini ketidaksesuaian dalam Praktikum PKR tersebut tidak dilaporkan kepada Manajer Representatif/Kepala Unit Jaminan Mutu. Biasanya masalah tersebut disampaikan dalam rapat Pengajar berikutnya. Oleh karena itu pasal 36 tidak terpenuhi, yaitu ketentuan manajer harus melakukan evaluasi dampak ketidaksesuaian, dan berdasarkan hasil evaluasi tersebut menetapkan kriteria keberterimaan produk atau proses. Dampak yang bisa terjadi terkait dengan ketidaksesuaian sebagai berikut:

1. Pembimbing yang tidak memenuhi kualifikasi bisa memberikan dampak:
  - a. Praktikum tidak berjalan sesuai skenario,
  - b. Tujuan pembelajaran tidak tercapai semuanya,

- c. Tanggung jawab terhadap penggunaan dan peminjaman sumber radioaktif kurang, sehingga peralatan atau sumber radioaktif rusak atau hilang.
2. Pelaksanaan praktikum tidak sesuai Rencana Pembelajaran disebabkan cuaca, bisa memberikan dampak:
  - a. Praktikum tidak berjalan sesuai skenario
  - b. Tujuan pembelajaran tidak tercapai semuanya
3. Aktivitas sumber radioaktif tidak sesuai ketentuan bisa memberikan dampak:
  - a. Aktivitas terlalu kecil kurang memberikan gambaran potensi bahaya radiasi yang sesungguhnya dan membuat peserta kurang serius;
  - b. Aktivitas terlalu besar memberikan tambahan dosis radiasi yang tidak perlu, kesulitan lebih tinggi sehingga waktu pelaksanaan lebih lama dari alokasi waktu yang disediakan.
4. Penggantian peralatan atau pemakaian peralatan secara bergantian bisa memberikan dampak konsentrasi peserta terganggu, karena harus menunggu peralatan pengganti atau peralatan yang sedang digunakan di kelompok lain.
5. Tidak mengisi formulir peminjaman sumber radioaktif dan pengawasan yang kurang memadai bisa memberikan dampak tidak tertelusurnya sumber yang tercecer, dan mengakibatkan sumber hilang yang berdampak bahaya radiasi bagi masyarakat.

Manajer yang terkait harus melaksanakan tindakan korektif dengan mengidentifikasi ketidaksesuaian yang diperkirakan dapat mengurangi kinerja organisasi. Selanjutnya tindakan pencegahan ditentukan dan dilaksanakan untuk menghilangkan penyebab ketidaksesuaian yang diperkirakan akan terjadi. Status dan efektivitas semua tindakan korektif dan pencegahan harus dipantau dan dilaporkan oleh manajer terkait. Persyaratan dalam pasal 37 tersebut sudah diterapkan oleh manajemen

Pusdiklat dengan tindakan pencegahan sebagai berikut:

1. Terkait dengan aktivitas sumber radioaktif yang tidak sesuai, Pusdiklat mengadakan sumber radioaktif berumur paruh panjang, yaitu  $^{137}\text{Cs}$  dengan bekerja sama dengan Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) melalui penggunaan kembali (*reuse*) limbah radioaktif. Saat ini proses tersebut sudah mendekati selesai, sehingga sumber radioaktif tersebut bisa mulai digunakan pada pelatihan PPR tahun 2018.
2. Sub Bidang Sarana dan Prasarana Pelatihan melakukan pengujian peralatan sebelum digunakan, dan mengatur penjadwalan kalibrasi surveimeter supaya tidak bersamaan dengan kegiatan praktikum PKR. Walaupun hal tersebut sudah dilakukan, tetapi karena frekuensi pelatihan yang diselenggarakan secara paralel cukup banyak, kebutuhan peralatan sangat tinggi, kerusakan atau penjadwalan kalibrasi yang mengganggu pelaksanaan praktikum masih terjadi, sehingga pada kegiatan pengujian dan penjadwalan kalibrasi perlu verifikasi secara bertingkat untuk lebih menjamin pemakaiannya.

Peluang perbaikan sistem manajemen diidentifikasi. Tindakan untuk memperbaiki proses dipilih, direncanakan, dan direkam. Tindakan perbaikan dipantau sampai selesai. Efektivitas perbaikan diperiksa. Penyediaan sumber daya yang memadai direncanakan. Peluang perbaikan seperti dipersyaratkan pasal 38 tersebut terhadap Praktikum PKR diusulkan sebagai berikut:

1. Skenario untuk kondisi hujan, dengan lokasi praktikum dipindahkan ke area yang beratap disusun dan divalidasi, termasuk identifikasi risikonya. Interaksi atau interferensi terhadap praktikum lain diidentifikasi dan ditanggulangi.
2. Uji coba perendaman terhadap sumber terbuka  $^{32}\text{P}$  pada kertas saring yang dibungkus

- selotape. Hal ini untuk menjamin bahwa zat radioaktif tidak menimbulkan kontaminasi pada area yang basah.
3. Penggunaan sumber terbungkus sebagai simulasi kontaminasi lebih memberikan jaminan tidak menimbulkan kontaminasi. Pengadaan sumber tersebut perlu direncanakan.
  4. Perekaman kompetensi personil secara lebih baik, sehingga dalam kondisi keterbatasan jumlah pembimbing dengan jadwal pelatihan yang bersamaan, tidak terjadi penentuan personil yang tidak sesuai kualifikasi.
  5. Peminjaman dan pengembalian sumber radioaktif diverifikasi oleh Atasan dari Petugas dalam jangka waktu yang ditentukan.

## KESIMPULAN

Tinjauan sistem manajemen untuk pelaksanaan proses, yang meliputi kendali produk (pasal 19), pengujian, verifikasi, dan validasi (pasal 20), kepuasan terhadap kinerja produk (pasal 21) terhadap praktikum PKR yang merupakan bagian dari produk berupa pelatihan sebagai berikut:

1. Spesifikasi dan persyaratan yang mempengaruhi pencapaian tujuan pembelajaran meliputi isi materi, Petunjuk Praktikum, Rencana Pembelajaran (lingkup materi, sumber radioaktif dan peralatan yang digunakan, skenario, jumlah peserta per kelompok), Kompetensi Pembimbing, Asisten, dan PPR).
2. Pembakuan, validasi dan verifikasi, terhadap spesifikasi telah selesai dilakukan sebelum pelaksanaan, praktikum. Sumber radioaktif dan peralatan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi dan diserahkan dengan perekaman.

3. Evaluasi terhadap pelaksanaan praktikum dilakukan untuk menilai kepuasan dan pencapaian tujuan pembelajaran.

Tinjauan sistem manajemen untuk pengembangan proses, yang meliputi identifikasi dan pengembangan proses (pasal 27) dan persyaratan pengembangan proses (pasal 28) terhadap praktikum PKR sebagai berikut:

1. Identifikasi perubahan jumlah peserta belum sepenuhnya direncanakan dan dinilai. Pengembangan proses berupa perubahan skenario yang dilaksanakan atas inisiatif Pembimbing Praktikum pada saat menghadapi perubahan yang tidak teridentifikasi sebelumnya.
2. Identifikasi risiko yang ditetapkan sebelum perubahan perlu ditinjau ulang.

Tinjauan sistem manajemen untuk Pemantauan, Pengukuran, Penilaian, dan Perbaikan, secara khusus untuk ketidaksesuaian (pasal 35), dampak dan keberterimaan produk (pasal 36), tindakan korektif dan pencegahan (pasal 37), peluang perbaikan (pasal 38) terhadap praktikum PKR sebagai berikut:

1. Beberapa identifikasi ketidaksesuaian yang teramati meliputi kualifikasi pembimbing, penyimpangan dari skenario, aktivitas sumber radioaktif, penggantian peralatan, kelalaian mengisi formulir peminjaman, dan pengawasan yang kurang memadai;
2. Dampak dan keberterimaan terhadap proses yang tidak sesuai belum ditentukan;
3. Tindakan pencegahan yang sudah dilakukan antara lain pengadaan sumber radioaktif berumur paruh panjang melalui skema reuse bekerja sama dengan PTLR, serta pengujian dan penjadwalan kalibrasi peralatan.
4. Peluang perbaikan yang dapat dilakukan meliputi skenario pada kondisi hujan, uji kontaminasi sumber radioaktif, perekaman kompetensi personil secara lebih baik, verifikasi peminjaman dan pengembalian sumber radioaktif oleh atasan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2010 tentang Sistem Manajemen Fasilitas dan Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, Jakarta: BAPETEN, 2010.
- [2] Dokumen Kriteria dan Tugas Pengajar, Pembimbing, Asisten PPR, Jakarta: Pusdiklat - BATAN, 2015.
- [3] Dokumen No. FM 001 SOP 005/KN 08 06/PDL K3: Penilaian Risiko, Jakarta: Pusdiklat - BATAN, 2015.
- [4] Petunjuk Praktikum Penanggulangan Kedaruratan Radiologi: Sumber Hilang, Jakarta: Pusdiklat - BATAN, 2013.