



YAYASAN PENDIDIKAN DAYANG SUMBI
**INSTITUT TEKNOLOGI
NASIONAL**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. PHH Mustapa 23, Bandung 40124 Indonesia, Telepon: +62-22-7272215 ext 157,
Fax 022-720 2892 Web site: <http://www.itenas.ac.id>, e-mail:
lpp@itenas.ac.id

SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
424/A.01/TL-FTSP/Itenas/VIII/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.
Jabatan : Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Itenas
NPP : 40909

Menerangkan bahwa,

Nama : Nida Nur Rofa Rosidin
NRP : 252016048
Email : nidanrfr@gmail.com

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Evaluasi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pusat
Sains dan Teknologi Terapan (PSTNT), Badan Tenaga Nuklir
Nasional (BATAN) Bandung
Tempat : Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung
Waktu : Juni – Agustus 2019
Sumber Dana : Mandiri

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 28 Agustus 2023

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Itenas,

(Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.)
NPP. 40909

LAPORAN PRAKTIK KERJA
EVALUASI PENERAPAN KESELAMATAN DAN
KESEHATAN KERJA (K3) PUSAT SAINS DAN
TEKNOLOGI NUKLIR TERAPAN (PSTNT), BADAN
TENAGA NUKLIR NASIONAL (BATAN) BANDUNG

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Kelulusan Mata Kuliah Praktik Kerja
(TLA-490)



Disusun Oleh :

Nama : Nida Nur Rofa Rosidin

NRP : 25– 2016-048

Pembimbing : Dr. Eng. M. Candra Nugraha., S.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2020

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN KERJA PRAKTIK

EVALUASI PENERAPAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR TERAPAN (PSTNT), BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL (BATAN) BANDUNG

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan

Mata Kuliah Kerja Praktik (TLA-490) pada

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknis Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Nasional Bandung

Disusun oleh:

Nida Nur Rofa Rosidin

25-2016-048

Bandung, Oktober 2020

Mengetahui/Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Koordinator Kerja Praktik



Dr. Eng. M. Chandra Nugraha., S.T.



Dr. Eng. M. Chandra Nugraha., S.T.

Kepala Prodi Teknik Lingkungan



Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kemudahan, kesehatan, serta kelancaran dalam menyelesaikan Praktik Kerja “Evaluasi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung. Tugas besar ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada mata kuliah Praktik Kerja (TLA-490). Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, antara lain:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan, kesehatan, serta kelancaran kepada penulis dalam pembuatan laporan;
2. Kedua orang tua, yang telah memberikan banyak bantuan berupa moril maupun materil;
3. Bapak Dr. Eng. Chandra Nugraha selaku dosen pembimbing mata kuliah Praktik Kerja di Jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan materi serta masukan pada penyusunan laporan Praktik Kerja;
4. Bapak Haryo Seno, M.Si selaku pembimbing lapangan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Praktik Kerja;
5. Ibu Aprilia Nur Kholifah, Bapak Dani Muliawan, Bapak Suhulman, Bapak Dikdik Sidik Purnama, S.Si, Bapak Yus, dan Personil Sub. Bidang KKPR yang telah membantu dalam pengumpulan data dan pelaksanaan Praktik Kerja;
6. Annita Nurhayati dan rekan-rekan Praktik Kerja lainnya yang sudah membantu dalam pengumpulan data Praktik Kerja, memberi semangat serta bantuan kepada penulis;
7. Raditya Tri Prabowo, Rae Ahmad Parinsa, Barudak Umi, Keluarga Pecel Lele dan Teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan angkatan 2016 dan kakak/adik tingkat yang telah memberi semangat, bantuan serta inspirasi kepada penulis; dan
8. Pihak lain yang tidak disebutkan, tetapi telah membantu penulis untuk menyelesaikan laporan Praktik Kerja ini.

Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlipat ganda atas semua kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas yang telah disusun mendapatkan kritik dan saran serta bermanfaat bagi yang membaca.

Bandung, Oktober 2020

Penulis,

Nida Nur Rofa Rosidin

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBA.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	I-2
1.3 Ruang Lingkup.....	I-3
1.4 Waktu dan Lokasi Pelaksanaan Praktik Kerja.....	I-3
1.5 Tahapan Pelaksanaan Praktik Kerja.....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	I-6
BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN.....	II-1
2.1 Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN Bandung.....	II-1
2.1.1 Sejarah Perusahaan.....	II-2
2.1.2 Visi dan Misi Perusahaan.....	II-6
2.1.3 Sasaran Manajemen PSTNT.....	II-8
2.1.4 Kebijakan Mutu PSTNT.....	II-9
2.2 Lokasi PSTNT BATAN.....	II-11
2.3 Tugas dan Fungsi PSTNT BATAN.....	II-11
2.4 Struktur Organisasi PSTNT BATAN.....	II-12
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	III-1
3.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	III-1
3.2 Kecelakaan Kerja.....	III-4
3.3 Identifikasi Risiko.....	III-8
3.4 Penilaian Risiko.....	III-10
3.5 Pengendalian Risiko.....	III-14
3.5.1 Pengelolaan Secara Umum.....	III-16
3.5.1.1 Pengendalian pada Sumber.....	III-17
3.5.1.2 Pengendalian pada Jalur.....	III-18
3.5.1.3 Pengendalian pada Penerimaan.....	III-18

3.5.2 Pengendalian Secara Manajerial.....	III-19
3.5.3 Pengendalian Secara Medis.....	III-19
3.5.4 Pendidikan dan Pelatihan.....	III-20
3.6 Parameter Kondisi Lingkungan Kerja.....	III-21
3.6.1 Pencahayaan.....	III-21
3.6.2 Iklim Kerja.....	III-23
3.6.3 Kebisingan.....	III-24
3.6.4 Medan Magnet.....	III-25
3.7 Radiasi.....	III-25
3.7.1 Radioaktivitas.....	III-27
3.7.2 Efek Radiasi.....	III-29
3.7.3 Perbandingan dengan Standar.....	III-31
3.7.4 Alat Ukur Radiasi.....	III-33
3.7.5 Pengendalian Bahaya Radiasi.....	III-35
3.7.6 Pengelolaan Limbah Radioaktif.....	III-36
3.7.6.1 Pengumpulan dan Pengelompokan.....	III-38
3.7.6.2 Pengolahan.....	III-38
3.7.6.3 Penyimpanan Sementara.....	III-39
3.7.6.4 Penyimpanan Lestari.....	III-40
3.7.6.5 Pengangkutan Zat Radioaktif.....	III-40
3.8 Fasilitas-fasilitas Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	III-41
3.8.1 Alat Pelindung Diri (APD).....	III-41
3.8.2 Rambu Keselamatan (<i>Safety Sign</i>).....	III-44
3.8.3 Fasilitas Kebakaran.....	III-46
3.8.4 Fasilitas Kesehatan.....	III-47
BAB IV ANALISIS.....	IV-1
4.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja di PSTNT (BATAN) Bandung.....	IV-1
4.2 Pengelolaan Kualitas Lingkungan.....	IV-14
4.2.1 Pengelolaan Limbah Radioaktif PSTNT BATAN.....	IV-14
4.2.1.1 Pengelolaan Limbah Radioaktif berdasarkan Jenis Limbah.....	IV-24
4.2.2 Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan.....	IV-26

4.3 Identifikasi Risiko di PSTNT BATAN.....	IV-29
4.3.1 Identifikasi Risiko di Kegiatan Pengelolaan Limbah PSTNT BATAN...	IV-41
4.3.2 Identifikasi Risiko di Kegiatan Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan.....	IV-91
4.4 Pengendalian Risiko Bahaya dan Rekomendasi di PSTNT BATAN.....	IV-114
4.5 Parameter Kondisi Lingkungan Kerja PSTNT BATAN.....	IV-117
4.5.1 Pencahayaan.....	IV-133
4.5.2 Iklim Kerja.....	IV-134
4.5.3 Kebisingan.....	IV-135
4.5.4 Medan Magnet.....	IV-135
4.6 Fasilitas-fasilitas Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) PSTNT BATAN.....	IV-136
4.6.1 Alat Pelindung Diri (APD).....	IV-136
4.6.2 Rambu Keselamatan (<i>Safety Sign</i>).....	IV-144
4.6.3 Fasilitas Kebakaran.....	V-149
4.6.4 Fasilitas Kesehatan.....	IV-151
4.7 Prosedur Keadaan Darurat.....	IV-154
4.8 Rekapitulasi Perbandingan Penerapan K3 di PSTNT BATAN dengan Undang-undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.....	IV-161
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-3

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sejarah BATAN.....	II-3
Tabel 2.2 Personel K3.....	II-17
Tabel 2.1 Standar Pencahayaan.....	III-22
Tabel 2.2 Nilai Ambang Batas Iklim Kerja dengan ISBB.....	III-24
Tabel 2.3 Nilai Ambang Batas Kebisingan.....	III-24
Tabel 2.4 Nilai Ambang Batas Kebisingan.....	III-25
Tabel 2.5 Waktu Paro Radionuklida Utama.....	III-28
Tabel 2.6 Toksisitas Isotop Radioaktif.....	III-30
Tabel 2.7 NBL untuk Kontaminasi Permukaan.....	III-36
Tabel 2.8 Fungsi dan Jenis Alat Pelindung Diri (APD).....	III-41
Tabel 2.9 Isi Kotak P3K.....	III-48
Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan KKPR 2019.....	IV-2
Tabel 4.2 Tingkat Tindakan untuk Kontaminasi Kulit.....	IV-13
Tabel 4.3 Klasifikasi Limbah Radioaktif.....	IV-15
Tabel 4.4 Informasi identifikasi bahaya.....	IV-31
Tabel 4.5 Skala Peluang Terjadinya Risiko.....	IV-32
Tabel 4.6 Skala Pengukuran Konsekuensi.....	IV-33
Tabel 4.7 Pemeringkatan Risiko.....	IV-36
Tabel 4.8 Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.....	IV-52
Tabel 4.9 Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.....	IV-101
Tabel 4.10 Persyaratan dan Tata Cara Penyelenggaraan Kesehatan Lingkungan Kerja.....	IV-118
Tabel 4.11 Pengukuran Parameter Kondisi Lingkungan Kerja.....	IV-121
Tabel 4.12 Daftar Isi Kotak P3K.....	IV-151
Tabel 4.13 Tabel Rekapitulasi Perbandingan Penerapan K3.....	IV-162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Pelaksanaan Kerja Praktik di PSTNT BATAN.....	I-4
Gambar 2.1 Logo BATAN.....	II-6
Gambar 2.2 Lokasi PSTNT BATAN.....	II-11
Gambar 2.3 Struktur Organisasi PSTNT BATAN.....	II-12
Gambar 3.1 Grafik Fungsi Perubahan Aktivitas terhadap Waktu.....	III-28
Gambar 3.2 Rambu dan Simbol K3.....	III-46
Gambar 4.1 Radiacwash Dekontaminasi.....	IV-13
Gambar 4.2 Label wadah limbah radioaktif.....	IV-19
Gambar 4.3 Lokasi Limbah PSTNT BATAN.....	IV-23
Gambar 4.4 Contoh Pola Jarak Pengambilan Sampel.....	IV-27
Gambar 4.5 Hirarki Pengendalian Risiko.....	IV-37
Gambar 4.6 Pemantauan Laju Dosis Daerah Pengelolaan Limbah.....	IV-43
Gambar 4.7 Limbah B3 PSTNT BATAN.....	IV-44
Gambar 4.8 Persiapan Wadah Limbah Radioaktif.....	IV-44
Gambar 4.9 Pengelompokan Jenis Limbah B3.....	IV-45
Gambar 4.10 Pewadahan dan Pengemasan Limbah B3.....	IV-45
Gambar 4.11 Penyimpanan Sementara Limbah.....	IV-46
Gambar 4.12 Limbah Radioaktif Padat PSTNT BATAN.....	IV-46
Gambar 4.13 Persiapan Wadah Limbah Radioaktif.....	IV-47
Gambar 4.14 Kegiatan Pemisahan atau Pemilahan Limbah Radioaktif.....	IV-47
Gambar 4.15 Pewadahan dan Pengemasan Limbah Radioaktif.....	IV-48
Gambar 4.16 Penyimpanan Sementara Limbah.....	IV-48
Gambar 4.17 Persiapan Kegiatan Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif.....	IV-49
Gambar 4.18 <i>Layout</i> Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif.....	IV-49
Gambar 4.19 Kegiatan Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif.....	IV-50
Gambar 4.20 Penyimpanan Sementara Wadah Limbah Radioaktif.....	IV-51
Gambar 4.21 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Pengelolaan Limbah B3.....	IV-76

Gambar 4.22 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Pengelolaan Limbah Radioaktif.....	IV-82
Gambar 4.23 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif.....	IV-87
Gambar 4.24 Alat dan Bahan Sampling Radioaktivitas Udara Ambien.....	IV-92
Gambar 4.25 Kegiatan Pengambilan Sampel Radioaktivitas Udara Ambien....	IV-93
Gambar 4.26 Kegiatan Pengukuran dan Analisis Sampel Radioaktivitas Udara Ambien.....	IV-95
Gambar 4.27 Kegiatan Pengambilan Sampel Radioaktivitas Tanah.....	IV-96
Gambar 4.28 Kegiatan Preparasi Sampel Radioaktivitas Tanah.....	IV-97
Gambar 4.29 Sampel Radioaktifitas Tanaman.....	IV-99
Gambar 4.30 Kegiatan Preparasi Sampel Radioaktivitas tanaman.....	IV-100
Gambar 4.31 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan.....	IV-109
Gambar 4.32 Kegiatan Pemantauan Parameter Kondisi Lingkungan Kerja....	IV-132
Gambar 4.33 Alat Pemantauan Dosis Eksternal.....	IV-137
Gambar 4.34 Alat Pelindung Kepala.....	IV-138
Gambar 4.35 Alat Pelindung Tangan dan Kaki.....	IV-140
Gambar 4.36 Alat Pakaian Pelindung.....	IV-143
Gambar 4.37 Rambu Keselamatan.....	IV-144
Gambar 4.38 Label Kategori Daerah Supervisi.....	IV-145
Gambar 4.39 Label Kategori Daerah Pengendalian.....	IV-146
Gambar 4.40 Label Identitas Sumber Radiasi.....	IV-146
Gambar 4.41 Label Sumber pada Pemagaran Daerah Kerja.....	IV-147
Gambar 4.42 Label Kategori Bungkusan Zat Radioaktif.....	IV-148
Gambar 4.43 Label Limbah Radioaktif.....	IV-148
Gambar 4.44 Peringatan Bekerja Di Daerah Radiasi.....	IV-149
Gambar 4.45 Fasilitas Kebakaran PSTNT BATAN.....	IV-150
Gambar 4.46 Peta Distribusi Peralatan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K).....	IV-152

Gambar 4.47 Peralatan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K) PSTNT BATAN.....	IV-152
Gambar 4.48 Rambu Keselamatan Kedaruratan.....	IV-155
Gambar 4.49 Kegiatan Pelaksanaan Pelatihan Kedaruratan PSTNT BATAN.....	IV-158
Gambar 4.50 Diagram Alir Kesiapsiagaan Tanggap Darurat Umum.....	IV-159

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018 tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Kerja Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi kesehatan dan keselamatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Menurut Undang-undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja banyak hal yang perlu diperbaharui dengan adanya perkembangan serta kemajuan teknik, mekanisasi, modernisasi, teknologi dan industrialisasi berlangsung pula peningkatan intensitas pekerja secara operasional dan waktu kerja. Diperlukan pengerahan tenaga kerja secara intensif terhadap hal-hal menjadi penyebab terjadinya kecelakaan.

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) atau disebut juga sebagai BATAN Bandung adalah satuan kerja yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Deputy bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional. Berdasarkan Undang-undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran pemanfaatan tenaga nuklir harus memperhatikan asas pembangunan nasional, keselamatan, keamanan, ketenteraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, perlindungan terhadap lingkungan hidup, serta pemanfaatan bagi sebesar-besar kemakmuran rakyat. Hal itu berarti bahwa pemanfaatan tenaga nuklir bagi kesejahteraan hidup rakyat banyak harus dilakukan dengan upaya-upaya untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja apabila suatu perusahaan memperkerjakan pekerja lebih dari 100 orang atau yang dalam pekerjaannya mengandung risiko bahaya berupa kecelakaan kerja, ledakan, kebakaran dan pencemaran serta penyakit akibat kerja, maka wajib menerapkan sistem manajemen Kesehatan dan Keselamatan kerja (SMK3).

Berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) standar atau acuan yang digunakan oleh Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN merupakan hasil integrasi dan penyesuaian terhadap *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18001:2007. Dengan tingginya risiko kecelakaan kerja dan tenaga kerja yang dipekerjakan oleh Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN mencapai 109 pekerja dibutuhkan peningkatan dengan mempertahankan kesesuaian terhadap kebijakan K3 yang telah ditetapkan. Oleh karena itu dalam pelaksanaan kerja praktik ini dilakukannya evaluasi penerapan kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari pelaksanaan kerja praktik pada Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN yaitu untuk mengevaluasi penerapan Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan kerja di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN. Adapun tujuan dari kerja praktik ini yaitu:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis bahaya dan penilaian risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada tahapan pengelolaan limbah dan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.
2. Merekomendasikan pengendalian risiko bahaya pada tahapan pengelolaan limbah dan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

3. Menganalisis pemantauan parameter kondisi lingkungan kerja Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN meliputi parameter pencahayaan, iklim kerja, kebisingan dan medan magnet.
4. Mengidentifikasi kesesuaian penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di pada tahapan pengelolaan limbah dan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN dan membandingkan dengan regulasi yang berlaku yaitu Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.

1.3 Ruang Lingkup

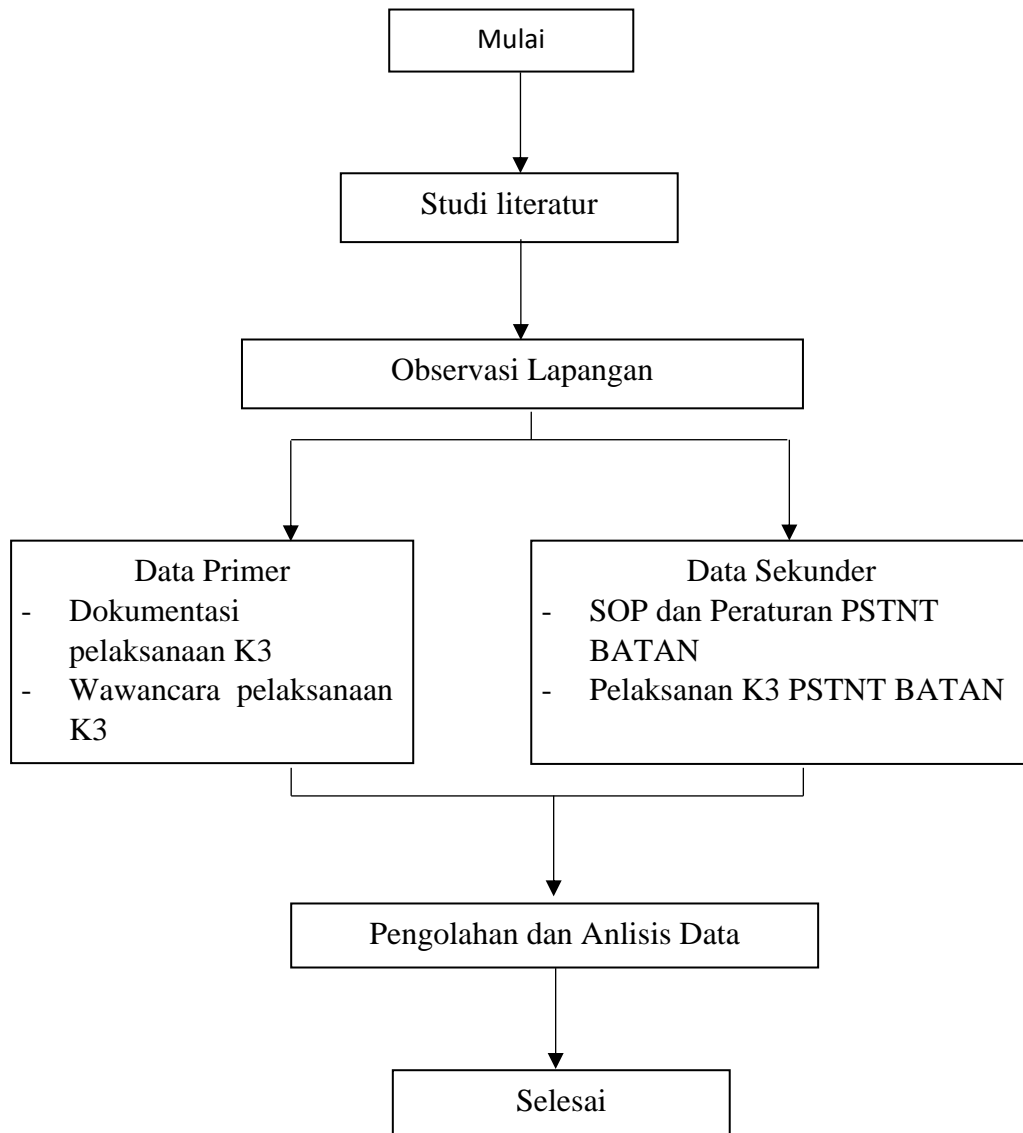
Ruang lingkup dari pelaksanaan kerja praktik ini, adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi hanya dilakukan terhadap penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada tahapan pengelolaan limbah padat dan pelaksanaan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.
2. Evaluasi penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN dilakukan terhadap parameter non radiasi meliputi parameter kondisi lingkungan kerja.
3. Evaluasi hanya dilakukan pada penilaian risiko Kesehatan dan Keselamatan lingkungan kerja, pemantauan parameter kondisi lingkungan kerja, dan fasilitas penunjang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

1.4 Waktu dan Lokasi Pelaksanaan Praktik Kerja

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) atau disebut juga sebagai Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung berada di Kawasan Nuklir Bandung yang beralamat di jalan Tamansari no 71 kota Bandung, Jawa Barat. Waktu pelaksanaan kerja praktik disesuaikan dengan ketentuan perusahaan yaitu mulai dari 17 juni 2019 – 31 Agustus 2019.

1.5 Tahapan Pelaksanaan Praktik Kerja



Gambar 1.1 Alur Pelaksanaan Kerja Praktik di PSTNT BATAN

Berikut merupakan penjelasan tahapan penyusunan laporan kerja praktik yang akan dilakukan:

1. Tahap Studi Literatur

Dilakukan pencarian dan pengumpulan yang kemudian ditinjau literatur yang sesuai dengan penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

Literatur dapat berupa regulasi, prosedur standar yang berkaku, jurnal, buku dan literatur lainnya yang dijadikan sebagai landasan penyesuaian penerapan di lapangan.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pelaksanaan prosedur yang telah ditetapkan. Dilakukan dengan pengamatan langsung pada tahapan pengelolaan limbah padat dan pelaksanaan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data digunakan sebagai penunjang dalam melakukan evaluasi penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Data yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara, observasi dan dokumentasi mencakup data yang langsung diperoleh dari objek penelitian. Data primer yang dibutuhkan:

- Data kegiatan Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.
- Data penilaian risiko dan pemantauan kondisi lingkungan kerja.
- Data fasilitas penunjang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

Data sekunder merupakan data yang diperoleh berdasarkan sumber data kedua, data sekunder yang digunakan adalah standar atau prosedur di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

4. Pengolahan dan Analisis Data

Dari hasil pengumpulan data dilakukan analisis data yang dilakukan secara sistematis dan kualitatif dengan melakukan penyesuaian penerapan dengan regulasi yang berlaku.

1.6 istematika Penulisan Laporan

Sistematika penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup, tahapan pelaksanaan praktik kerja dan sistematika penulisan laoran

BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Bab ini berisikan informasi terkait perusahaan tempat pelaksanaan praktik kerja di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN. Meliputi sejarah perusahaan, visi dan misi perusahaan, sasaran manajemen, kebijakan mutu, lokasi perusahaan dan penjelasan tugas pokok fungsi bagian struktur organisasi perusahaan.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka mengenai Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja (K3), manajemen pengendalian risiko K3, parameter kondisi lingkungan kerja, dan fasilitas penunjang Kesehatan dan Keselamatan Kerja.

BAB IV ANALISIS

Bab ini menjelaskan analisis penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN dengan melakukan analisis terhadap identifikasi risiko, pemantauan kondisi lingkungan kerja, dan evaluasi penyesuaian terhadap regulasi yang berlaku.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran untuk perusahaan mengenai penerapan Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja (K3) pada Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN Bandung

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) atau disebut juga sebagai BATAN Bandung adalah satuan kerja yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Deputi bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional. PSTNT dibentuk berdasarkan Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional No.14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional. Penelitian, pengembangan dan pemanfaatan sains dan teknologi nuklir terapan yang dilaksanakan oleh PSTNT diarahkan untuk dapat berkontribusi dalam meningkatkan kontribusi iptek nuklir, serta meningkatkan ketersediaan sumber daya iptek nuklir yang berkualitas, baik SDM, maupun sarana dan prasarana.

Dengan terbentuknya Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) pada tahun 1957, berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 65 tahun 1958, maka pemerintah pada tanggal 5 Desember 1958 meningkatkan status Panitia Negara untuk Pengukuran Radioaktiviteit (berstatus sebagai lembaga penasihat) menjadi lembaga baru yang dapat merealisasikan pelaksanaan program nuklir di Indonesia, yaitu Lembaga Tenaga Atom (LTA) dipimpin oleh seorang Direktur Jenderal. Dirjen LTA dirangkap oleh Menteri Kesehatan Bapak Prof. G.A. Siwabessy. Terbentuknya LTA memperoleh tanggapan dari para tenaga pengajar Bagian Fisika, Fakultas Ilmu Pasti dan Alam, UI Bandung (sekarang ITB), karena LTA yang baru dibentuk membutuhkan tenaga yang diperlukan untuk melaksanakan tugasnya, maka mulailah perekrutan tenaga pengajar dan mahasiswa untuk dikirim keluar negeri untuk memperdalam pengetahuan dan keterampilan dalam bidang nuklir. Beberapa dari mereka dikirim ke Amerika di berbagai universitas pusat penelitian dan pengembangan nuklir, serta untuk training pada pabrik pemasok calon reaktor pertama di Indonesia, Reaktor TRIGA Mark II, yaitu di *General Atomic* di San Diego, California.

Berdasarkan Undang-undang No.31 tahun 1964, LTA diubah menjadi Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), dan terakhir berdasarkan Keppres No. 197 tahun 1998 diubah menjadi Badan Tenaga Nuklir Nasional tanpa merubah singkatan, tetap BATAN (PSTNT, 2019).

2.1.1 Sejarah Perusahaan

Menurut PSTNT, 2019 kegiatan pengembangan dan pengaplikasian teknologi nuklir di Indonesia diawali dari pembentukan Panitia Negara untuk Penyelidikan Radioaktivitet tahun 1954. Panitia Negara tersebut mempunyai tugas melakukan penyelidikan terhadap kemungkinan adanya jatuhnya radioaktif dari uji coba senjata nuklir di lautan Pasifik. Dengan memperhatikan perkembangan pendayagunaan dan pemanfaatan tenaga atom bagi kesejahteraan masyarakat, maka melalui Peraturan Pemerintah No. 65 tahun 1958, pada tanggal 5 Desember 1958 dibentuklah Dewan Tenaga Atom dan Lembaga Tenaga Atom (LTA), yang kemudian disempurnakan menjadi Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) berdasarkan UU No. 31 tahun 1964 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Tenaga Atom. Selanjutnya setiap tanggal 5 Desember yang merupakan tanggal bersejarah bagi perkembangan teknologi nuklir di Indonesia dan ditetapkan sebagai hari jadi BATAN.

Pada perkembangan berikutnya, untuk lebih meningkatkan penguasaan di bidang iptek nuklir, pada tahun 1965 diresmikan pengoperasian reaktor atom pertama (Triga Mark II) di Bandung. Kemudian berturut-turut, dibangun pula beberapa fasilitas litbangyasa yang tersebar di berbagai pusat penelitian, antara lain Pusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat, Jakarta (1966), Pusat Penelitian Tenaga Atom GAMA, Yogyakarta (1967), dan Reaktor Serba Guna 30 MW (1987) disertai fasilitas penunjangnya, seperti: fabrikasi dan penelitian bahan bakar, uji keselamatan reaktor, pengelolaan limbah radioaktif dan fasilitas nuklir lainnya. Sementara itu dengan perubahan paradigma pada tahun 1997 ditetapkan UU No. 10 tentang Ketenaganukliran yang diantaranya mengatur pemisahan unsur pelaksana kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir (BATAN) dengan unsur pengawas tenaga nuklir (BAPETEN).

Tabel 2.1 Sejarah BATAN

1954	Pembentukan Panitia Negara untuk Penyelidikan Radioaktivitet
1958	Pembentukan Dewan Tenaga Atom dan Lembaga Tenaga Atom (PP No.65 Tahun 1958)
1964	Penetapan UU No.31 Tahun 1964 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Tenaga Atom
1965	Peresmian Pusat Reaktor Atom Bandung dan Pengoperasian Reaktor Triga Mark II berdaya 250 kW oleh Presiden RI serta perubahan nama Lembaga Tenaga Atom menjadi Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN)
1966	Pembentukan Pusat Penelitian Tenaga Atom (PPTA) Pasar Jumat, Jakarta
1967	Pembentukan Pusat Penelitian GAMA Yogyakarta
1968	Peresmian penggunaan Iradiator Gamma Cell Co-60 PPTA Pasar Jumat oleh Presiden RI
1970	Peresmian Klinik Kedokteran Nuklir di PPTA Bandung
1971	Reaktor Triga Mark II Bandung mencapai kritis pada daya 1 MW
1972	Pembentukan Komisi Persiapan Pembangunan PLTN (KP2-PLTN)
1979	Peresmian mulai beroperasinya Reaktor Kartini dengan daya 100 kW di PPTA Yogyakarta oleh Presiden RI
1984	Pengoperasian Mesin Berkas Elektron 300 keV di PPTA Pasar Jumat oleh Presiden RI
1987	Peresmian pengoperasian Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy dengan daya 30 MW dan Instalasi Elemen Bakar Nuklir di PPTA Serpong - Tangerang oleh Presiden RI
1988	Peresmian pengoperasian Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif di PPTA Serpong oleh Presiden RI
1989	Peresmian pengoperasian Instalasi Radioisotop dan Radiofarmaka, Instalasi Elemen Bakar Eksperimental di PPTA Serpong oleh Presiden RI

1990	Peresmian Instalasi Radiometalurgi, Instalasi Keselamatan dan Keteknikan Nuklir, Laboratorium Mekano Elektronik Nuklir di PPTA Serpong - Tangerang oleh Presiden RI
1992	Peresmian pengoperasian Instalasi Spektrometri Neutron, Instalasi Penyimpanan Elemen Bakar Bekas dan Pemindahan Bahan Terkontaminasi di PPTA Serpong - Tangerang oleh Presiden RI
1994	Peresmian pengoperasian Mesin Berkas Elektron 2 MeV di PPTA Pasar Jumat oleh Presiden RI
1995	Dalam memperingati HUT RI ke 50, BATAN berhasil melaksanakan “Whole Indonesian Core” untuk Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy
1996	Pembentukan PT Batan Teknologi (persero), Divisi : Produksi Elemen Bakar Reaktor, Produksi Radioisotop, Produksi Instrumentasi dan Rekayasa Nuklir
1997	Penetapan UU No.10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran yang memisahkan Badan Pelaksana dan Badan Pengawas penggunaan tenaga nuklir
1998	Perubahan Badan Tenaga Atom Nasional menjadi Badan Tenaga Nuklir Nasional (Keppres No.197 Tahun 1998)
2000	Peresmian peningkatan daya Reaktor Triga 2 MW di Pusat Penelitian Tenaga Nuklir Bandung oleh Wakil Presiden RI
2001	Peningkatan status Pendidikan Ahli Teknik Nuklir (PATN) menjadi Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir
2003	Penyerahan hasil “Comprehensive Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation in Indonesia” kepada Presiden RI; Pencapaian 10% jumlah varietas unggul tanaman pangan nasional; Pengoperasian Mesin Berkas Elektron 350 keV, 10 mA di PPTN Yogyakarta; Pengoperasian Pusat Pelatihan dan Diseminasi Teknologi Peternakan - Pertanian Terpadu di Kalsel
2005	Terwujudnya perpustakaan digital di bidang nuklir

2006	Pencapaian 1 juta hektar penyebaran varietas padi unggul BATAN di seluruh Indonesia
2008	50 tahun BATAN Berkarya.
2012	Pencapaian 20 varietas unggul padi, 6 varietas unggul kedelai, 1 varietas unggul kacang hijau, dan 1 varietas kapas 54 tahun. Pemberian penghargaan berupa G.A. Siwabessy Award kepada tokoh atau figure yang dianggap berjasa dalam pengembangan teknologi nuklir di Indonesia. Penghargaan G.A. Siwabessy Award diberikan kepada Ir. Sutaryo Supadi, M.Sc untuk kategori Nuclear Lifetime Achievement.
2013	Peringatan 55 tahun BATAN Tetap Berkarya dan Penggantian logo BATAN yang memiliki makna BATAN adalah sebuah lembaga yang melakukan penelitian, pengembangan dan pemanfaatan ilmu pengetahuan tentang nuklir yang jujur, terbuka, disiplin, kreatif, inovatif, mengutamakan keselamatan dan keamanan untuk kesejahteraan bangsa.
2014	Indonesia meraih penghargaan tertinggi di bidang nuklir (Outstanding Achievement Award) dunia, atas peran serta mendukung ketahanan pangan melalui radiasi dengan mengembangkan varietas benih unggul. Penghargaan disampaikan langsung oleh Direktur Jenderal International Atomic Energy Agency (IAEA) Yukiya Amano kepada Duta Besar Indonesia Rachmat Budiman disaksikan oleh Kepala BATAN Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto

(Sumber: PSTNT, 2019)

2.1.2 Visi dan Misi Perusahaan



Gambar 2.1 Logo BATAN

(Sumber: PSTNT, 2019)

Visi

Terwujudnya Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan yang andal dan berperan aktif dalam percepatan kesejahteraan bangsa.

Misi

Dalam mewujudkan Visi Batan 2015-2019 terutama untuk mewujudkan keunggulan Batan, maka visi tersebut perlu dijabarkan ke dalam misi-misi yang dapat memperkuat tugas dan fungsi Batan dalam melakukan penelitian, pengembangan dan pendayagunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir. Adapun misi yang ingin dilaksanakan Batan pada tahun 2015-2019 adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sains dan teknologi nuklir terapan yang andal di bidang energi, industri, kesehatan dan lingkungan yang bermanfaat bagi masyarakat;
2. Meningkatkan peran reaktor TRIGA 2000 untuk pelayanan masyarakat;
3. Mengimplementasikan sistem manajemen terintegrasi untuk memastikan keandalan pengembangan sains dan teknologi nuklir terapan;
4. Melaksanakan layanan prima dalam pemanfaatan sains dan teknologi nuklir terapan untuk mempercepat kesejahteraan bangsa.

Tujuan

Tujuan pembangunan iptek nuklir adalah memberikan dukungan nyata dalam pembangunan nasional dengan peran:

1. Meningkatkan hasil litbang energi nuklir, isotop dan radiasi, dan pemanfaatan/pendayagunaanya oleh masyarakat dalam mendukung program pembangunan nasional
2. Meningkatkan kinerja manajemen kelembagaan dan penguatan sistem inovasi dalam rangka mendukung penelitian, pengembangan dan penerapan energi nuklir, isotop dan radiasi

Sasaran

Sasaran pembangunan iptek nuklir yang ingin dicapai adalah :

1. Peningkatan hasil litbang enisora berupa bibit unggul tanaman pangan, tersedianya insfrastruktur dasar pembangunan PLTN, pemahaman masyarakat terhadap teknologi nuklir, pemanfaatan aplikasi teknologi isotop dan radiasi untuk kesehatan; dan
2. Peningkatan kinerja manajemen kelembagaan dan penguatan sistem inovasi meliputi kelembagaan iptek, sumber daya iptek dan penguatan jejaring iptek dalam rangka mendukung pemanfaatan hasil penelitian, pengembangan dan penerapan energi nuklir, isotop dan radiasi di masyarakat

Prinsip

Segenap kegiatan iptek nuklir dilaksanakan secara profesional untuk tujuan damai dengan mengutamakan prinsip keselamatan dan keamanan, serta kelestarian lingkungan hidup

Nilai-Nilai

Segenap kegiatan nuklir dilandasi nilai-nilai

1. Visionary, Innovative, Excellent dan Accountable
2. Kejujuran, Kedisiplinan, Keterbukaan, Tanggungjawab, Kreatif dan Kesetiakawanan

Serta Berpedoman pada 5 (lima) pedoman BATAN yaitu :

1. Berjiwa pionir
2. Bertradisi ilmiah
3. Berorientasi industri
4. Mengutamakan keselamatan
5. Komunikatif

2.1.3 Sasaran Manajemen PSTNT

PSTNT BATAN memiliki sasaran manajemen yang dicapai di tahun 2019, yaitu (PSTNT,2019):

1. Laporan yang bermutu/berkualitas dan sesuai *code/standard*.
2. Tidak ada keluhan pelanggan yang diterima selama tahun 2019.
3. Ketepatan waktu penyerahan laporan sesuai batas waktu yang ditetapkan.
4. Rata-rata IKP (Indeks Kepuasan Pegawai) internal bernilai minimal 3.2 (skala 4).
5. Rata-rata indeks kepuasan kunjungan (IKK) bernilai minimal 3.2 (skala 4).
6. Target serapan anggaran minimal 90% (serapan anggaran litbang minimal 96%).
7. Jumlah hari tanpa kecelakaan mencapai 1894 hari sejak 24 Oktober 2014 sampai 31 Desember 2019.
8. Budaya keselamatan bernilai baik (B).
9. Tidak ditemukan radiaktivitas yang berasal dari zat radioaktif buatan diluar kawasan dan limbah yang rilis ke luar kawasan tidak melebihi batasan klirens dan baku mutu lingkungan.
10. Jumlah pelanggan meningkat sebesar 20% dari sasaran tahun 2018 yaitu 90 pelanggan, baik dari institusi maupun perseorangan.
11. Diseminasi hasil pemantauan lingkungan dapat terlaksana pada saat *open house PSTNT*.
12. Tidak ada keluhan pelanggan yang diterima selama tahun 2019.
13. Rata-rata umpan balik pelanggan berkategori baik dengan nilai 3.25 (skala 4).
14. Budaya keamanan bernilai 3.30
15. Publikasi jurnal nasional terakreditasi berjumlah 20
16. Operasi reaktor mencapai 18 MWd.
17. Publikasi jurnal internasional bereputasi mencapai 5
18. Mengikuti seminar internasional sebagai pemakalah : 5
19. Undangan menjadi *Keynote Speaker* dalam konferensi internasional : 3.
20. Kunjungan lembaga internasional ke PSTNT : 3
21. Jumlah lulusan S3 : 2 (baik pegawai maupun hasil bimbingan)

- 22. Jumlah paten/rezim HKI : 1
- 23. Kerjasama riset tingkat nasional : 3
- 24. Kerjasama riset tingkat internasional : 1
- 25. Kerjasama nonriset : 15
- 26. Kontrak bisnis dengan industri : 1

2.1.4 Kebijakan Mutu PSTNT

Kebijakan Mutu Manajemen Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN sebagai berikut (PSTNT, 2019):

1. Safety Excellence

Keselamatan adalah prioritas utama, Batan sangat peduli terhadap keselamatan, lingkungan dan potensi dampak pada saat membuat keputusan dan pelaksanaan pekerjaan. Tujuan keselamatan Batan adalah mencegah terjadinya kecelakaan, memperkecil risiko terjadinya insiden maupun risiko penyakit akibat kerja.

2. Ultimate Quality

Batan berkomitmen terhadap mutu litbang, mutu pengujian, mutu produk dan memberikan pelayanan yang memenuhi persyaratan mutu.

3. Continual Improvement Excellence

Bersama dengan pihak-pihak terkait, Batan berkomitmen untuk melakukan peningkatan berkelanjutan terhadap mutu litbang dan kinerja pelayanan.

4. Conformance Excellence

PSTNT menerapkan sistem manajemen terintegrasi, tunduk terhadap berbagai peraturan dan mempertahankan kesesuaiannya dengan persyaratan SB 77-0001-80:2005, SB 008-SNI-19-14001:2009, SB 006-OHSAS (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) 18001:2008, SB 77-0003-80:2007, SB 009-BATAN:2010, Pedoman KNAPPP (Komisi Nasional Akreditasi Pranata Penelitian dan Pengembangan) 02:2007.

5. *Employee Excellence*

Semua pegawai melaksanakan kegiatannya dengan bertanggung jawab dan berbudaya keselamatan dan keamanan. Manajemen memberikan pelatihan dan akses informasi dalam rangka membekali dan memotivasi pegawai untuk terlibat dalam proses peningkatan berkelanjutan.

6. *Stake Holder Satisfaction Excellence*

Batan memberikan pelayanan prima kepada pelanggan, menjalin hubungan baik dengan para pemangku kepentingan, berpartisipasi aktif dengan berbagai badan pengawas untuk meningkatkan kinerja dan pemenuhan peraturan, sehingga meyakinkan para pemangku kepentingan bahwa aktivitas Batan telah memenuhi peraturan yang berlaku.

7. *Security Excellence*

Batan melindungi keamanan personil, materil, bahan keterangan/dokumen, zat radioaktif, bahan nuklir dan kemasan.

2.2 Lokasi PSTNT BATAN

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) atau disebut juga sebagai Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung berada di Kawasan Nuklir Bandung yang beralamat di jalan Tamansari no 71 kota Bandung, Jawa Barat. Secara Administratif Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) di batasi oleh:

Bagian Utara : Sasana Budaya Ganesha ITB

Bagian Selatan: Kebun Binatang Bandung

Bagian Barat : Sungai Cikapundung

Bagian Timur : Institut Teknologi Bandung



Gambar 2.2 Lokasi PSTNT BATAN

(Sumber: Google Earth, 2019)

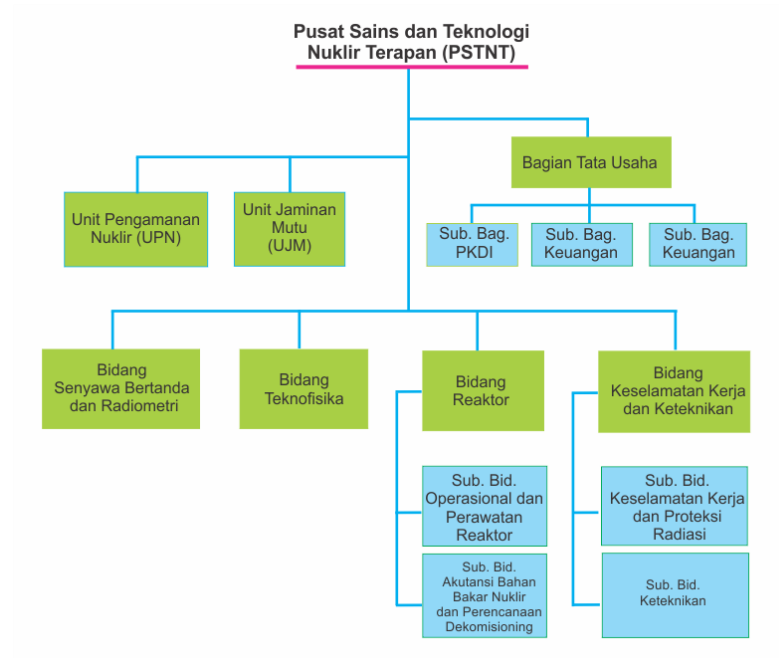
2.3 Tugas dan Fungsi PSTNT BATAN

Menurut Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional No. 14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional tugas pokok dan fungsi Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan adalah melaksanakan perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, dan pembinaan dan bimbingan di bidang penelitian dan pengembangan senyawa bertanda dan radiometri, pemanfaatan teknofisika, dan pengelolaan reaktor riset. Penelitian dan pengembangan sains dan teknologi nuklir terapan ini hanya diarahkan untuk tujuan damai dan sebesar-besarnya untuk kesejahteraan masyarakat.

Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya tersebut, Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan menyelenggarakan fungsi:

1. Pelaksanaan urusan perencanaan, persuratan dan kearsipan, kepegawaian, keuangan, perlengkapan dan rumah tangga, dokumentasi ilmiah dan publikasi serta pelaporan;
2. Pelaksanaan penelitian dan pengembangan di bidang senyawa bertanda dan teknik analisis radiometri;
3. Pelaksanaan penelitian dan pengembangan di bidang pemanfaatan teknofisika;
4. Pelaksanaan pengelolaan reaktor riset;
5. Pelaksanaan pemantauan keselamatan kerja dan pengelolaan keteknikan;
6. Pelaksanaan jaminan mutu;
7. Pelaksanaan pengamanan nuklir; dan
8. Pelaksanaan tugas lain yang diberikan oleh Deputy Bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir.

2.4 Struktur Organisasi PSTNT BATAN



Gambar 2.3 Struktur Organisasi PSTNT BATAN

(Sumber: PSTNT, 2019)

Berdasarkan struktur organisasi dapat dilihat Pusat Sains Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN dan sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional No. 14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional dan Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional No. 21 tahun 2014 tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Batan terdiri dalam beberapa bidang.

1. Bagian Tata Usaha

Bagian Tata Usaha memiliki tugas melaksanakan urusan perencanaan, persuratan dan kearsipan, kepegawaian, keuangan, perlengkapan dan rumah tangga, dokumentasi ilmiah dan publikasi serta pelaporan. Yang terdiri atas:

- Sub Bagian Keuangan

Subbagian Keuangan mempunyai tugas melakukan urusan keuangan.

- Sub Bagian Perlengkapan

Subbagian Perlengkapan mempunyai tugas melakukan urusan perlengkapan dan rumah tangga.

- Sub Bagian Persuratan, Kepegawaian dan Dokumentasi Ilmiah

Subbagian Persuratan, Kepegawaian, dan Dokumentasi Ilmiah mempunyai tugas melakukan urusan perencanaan, persuratan dan kearsipan, kepegawaian, administrasi kegiatan ilmiah, dokumentasi dan publikasi, dan pelaporan. Bidang Tata Usaha berisi 27 personel, 19 diantaranya berstatus PNS dan 8 berstatus pegawai pemerintah non pegawai negeri (PPNPN). Dalam melaksanakan tugas bagian Tata Usaha menyelenggarakan fungsi:

- a. Pelaksanaan urusan perencanaan, persuratan dan kearsipan, kepegawaian, administrasi kegiatan ilmiah, dokumentasi dan publikasi, dan pelaporan;
- b. Pelaksanaan urusan keuangan; dan
- c. Pelaksanaan urusan perlengkapan dan rumah tangga.

2. Unit Jaminan Mutu

Unit Jaminan Mutu memiliki tugas melakukan pengembangan, pemantauan pelaksanaan dan audit internal sistem manajemen mutu penelitian dan pengembangan teknologi nuklir terapan. Unit Jaminan Mutu merupakan unit terkecil dan termuda yang ada di PSTNT dengan berjumlah 3 personel.

3. Unit Pengamanan Nuklir

Unit Pengamanan Nuklir mempunyai tugas melakukan pengamanan instalasi nuklir, lingkungan, dan personel dalam bentuk pemantauan, pencegahan dan penanggulangan di lingkungan Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan.

4. Bidang Teknofisika

Bidang Teknofisika mempunyai tugas melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang pemanfaatan teknofisika, dan terbagi atas 3 kelompok penelitian, yaitu :

- Fisika Bahan
- Termohidraulik
- Neutronik

Sebanyak 21 personil bidang Teknofisika memiliki berbagai kompetensi dan disiplin ilmu diantaranya *Nuclear Engineering*, rekayasa nuklir, rekayasa pertambangan, kimia, fisika, elektro, elektronika dan instrumentasi, analisis kimia, teknik material dan teknik nuklir. Semuanya terdiri atas peneliti, teknisi litkayasa dan pranata nuklir yang berkompeten di bidangnya masing-masing mulai dari S1, S2, S3 hingga profesor riset.

5. Bidang Senyawa Bertanda dan Radiometri (SBR)

Bidang Senyawa Bertanda dan Radiometri mempunyai tugas melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang senyawa bertanda dan teknik analisis radiometri, dengan rincian tugas sebagai berikut:

- Melaksanakan penelitian dan pengembangan teknologi pembuatan radioisotop untuk aplikasi di bidang kesehatan, industri dan bidang terkait lainnya.
- Melaksanakan penelitian dan pengembangan senyawa bertanda untuk aplikasi di bidang kesehatan, industri dan bidang terkait lainnya.
- Melaksanakan penelitian, pengembangan dan aplikasi teknik analisis radiometri, teknik analisis nuklir dan teknik analisis terkait lainnya, dan
- Melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang radiologi lingkungan, termasuk rencana penyiapan dekomisioning Reaktor TRIGA 2000

Sebanyak 31 personil bidang SBR memiliki berbagai kompetensi diantaranya radiokimia, radiofarmasi, teknik analitik nuklir, fisika nuklir, biologi dan kedokteran hewan. Para personil tersebut juga telah mengantongi beberapa lisensi yang diterbitkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan lembaga terkait lainnya, diantaranya Petugas Proses Radioisotop dan Senyawa Bertanda (Operator Fasilitas Produksi Radioisotop) 8 orang, Supervisor Proses Radioisotop dan Senyawa Bertanda 6 orang, Petugas Analisis Aktivasi Neutron (AAN) 2 orang, Supervisor AAN 2 orang dan Petugas CRANE 2 orang.

6. Bidang Reaktor

Bidang Reaktor mempunyai tugas melaksanakan pengelolaan reaktor riset.

Bidang Reaktor menyelenggarakan fungsi:

- a. Pelaksanaan perencanaan operasi, pengoperasian, perawatan, dan pendayagunaan reaktor riset; dan
- b. Pelaksanaan pengelolaan elemen bakar nuklir, akuntansi bahan nuklir, dan perencanaan dekomisioning reaktor riset.

Bidang Reaktor terdiri atas:

- Subbidang Operasi dan Perawatan
Subbidang Operasi dan Perawatan mempunyai tugas melakukan perencanaan operasi, pengoperasian, perawatan, dan pendayagunaan reaktor riset.
- Subbidang Akuntansi Bahan Nuklir dan Perencanaan Dekomisioning
Subbidang Akuntansi Bahan Nuklir dan Perencanaan Dekomisioning mempunyai tugas melakukan pengelolaan elemen bakar nuklir, akuntansi bahan nuklir, dan perencanaan dekomisioning reaktor riset.

7. Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan

Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan (K3) mempunyai tugas dan fungsi melaksanakan pemantauan keselamatan kerja, proteksi radiasi, dan operasi, pemeliharaan dan pengembangan elektromekanik dan instrumentasi fasilitas penelitian dan pengembangan teknologi nuklir terapan.

Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya, bidang K3 melakukan dan mengembangkan teknik pengendalian dosis radiasi personel, pemantauan dan pengendalian daerah kerja, teknik penanggulangan kecelakaan kerja radiasi dan non radiasi; perencanaan dan pelaksanaan program penanggulangan kedaruratan nuklir dan non nuklir, pengendalian lalu lintas zat radioaktif di lingkungan fasilitas, pengelolaan limbah radioaktif dan limbah B3 dan pengendalian keselamatan lingkungan. Melakukan Operasi dan perawatan mesin produksi Nitrogen cair dan Genset, perawatan dan perbaikan blower ruang asam, mesin pendingin, peralatan elektromekanik, peralatan ukur dan radiasi, konstruksi dan rancang bangun dalam mengembangkan fasilitas penelitian. Kesehatan pegawai dipantau secara berkala melalui *Medical Check up* dan layanan kesehatan oleh klinik. Selain itu, sebagai wujud kontribusi PSTNT kepada masyarakat, bidang K3 mengoptimalkan fasilitas, peralatan dan personel yang ada utk melayani masyarakat seperti; melayani pemeriksaan radioaktivitas dalam berbagai matriks cuplikan, peningkatan pengetahuan masyarakat melalui kunjungan ataupun pelatihan dan nara sumber. Personel bidang K3 terdiri dari pejabat fungsional Pengawas radiasi, Pranata nuklir dan Pengendali dampak lingkungan yang dalam melakukan pekerjaannya dilengkapi dengan lisensi dari Bapeten maupun Menaker. Pada 2020, jumlah personel bidang K3 beranggotakan 27 orang personel, yang masing-masing tergabung dalam 3 Sub bidang:

- Sub Bidang Keselamatan kerja dan Proteksi Radiasi
Subbidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi mempunyai tugas melakukan pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan, proteksi radiasi, penanggulangan kedaruratan nuklir, dan pengelolaan limbah.
- Sub Bidang keteknikan
Subbidang Keteknikan mempunyai tugas melakukan operasi, pemeliharaan dan pengembangan elektromekanik dan instrumentasi fasilitas penelitian dan pengembangan teknologi nuklir terapan.
- Klinik

Tabel 2.2 Personel K3

No.	Kompetensi	Jumlah
1.	Pengawas Radiasi Madya	2
2.	Pengawas Radiasi Muda	1
3.	Pengawas Raadiasi Pratama	1
4.	Pranata Nuklir Madya	1
5.	Pranata Nuklir Muda	2
6.	Pranata Nuklir Pratama	-
7.	Pranata Nuklir Penyedia	4
8.	Pranata Nuklir Terampil	4
9.	Pranata Nuklir Mahir	2
10.	Pengendali Dampak Lingkungan Muda	1
11.	Ahli K3 Umum	3
12.	Petugas Proteksi Radiasi	8
13.	Welding Engineer	1
14.	Dokter Spesialis Kedokteran Nuklir	1
15.	Dokter Umum	1
16.	Dokter Gigi	1
17.	Perawat	1

(Sumber: PSTNT, 2019)

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi Kesehatan dan Keselamatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (PerMenNaker No.5 Tahun 2018). Istilah Kesehatan dan Keselamatan sangat erat hubungannya namun tetap memiliki makna kata berbeda dan belum jelas batasannya. Dimana salah satu pendapat mengatakan bahwa keselamatan dikaitkan dengan kecelakaan dan kesehatan berhubungan dengan penyakit. Meskipun demikian, kondisi seorang pekerja dapat menyebabkan kecelakaan sehingga kesehatan pekerja menjadi salah satu faktor keselamatan. Di dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI No. KEPTS. 333/MEN/1989 tentang Diagnosis dan Pelaporan Penyakit Akibat Kerja menyatakan lebih jelas bahwa penyakit akibat kerja dianggap sebagai kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja yang selanjutnya diartikan sebagai suatu kejadian yang tidak disengaja (Rachmatiah Indah, 2015).

Sejarah kecelakaan kerja dan keselamatan sudah ada sejak zaman dahulu. Berbagai jenis kegiatan dan pekerjaan dikembangkan oleh manusia untuk meningkatkan kesejahteraan. Untuk memenuhi kebutuhan perkembangan produksi dimulai dari kegiatan produksi domestik, kemudian produksi kerajinan, dan seiring dengan peningkatan teknologi dan mesin munculah sistem teknik modern. Revolusi industri dimulai dengan adanya mesin uap dan menggunakan banyak bahan baku serta melibatkan banyak tenaga kerja. Kegiatan industri saat itu belum memperhatikan aspek keselamatan ataupun mencegah kecelakaan, kecelakaan dan penyakit akibat kerja saat itu sangat tinggi sehingga juga mempengaruhi kesejahteraan manusia secara umum. Sehingga, aturan kesejahteraan pekerja dimulai. Indonesia diberlakukan Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dan dibentuk Lembaga K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) di bawah Departemen Perburuhan (Rachmatiah Indah, 2015).

Menurut Undang-undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja banyak hal yang perlu diperbaharui dengan adanya perkembangan serta kemajuan teknik, mekanisasi, modernisasi, teknologi dan industrialisasi berlangsung pula peningkatan intensitas pekerja secara operasional dan waktu kerja. Hal-hal tersebut memerlukan pengerahan tenaga kerja secara intensif karena hal-hal seperti kelelahan, hilangnya keseimbangan atau kesalahan prosedur cara kerja yang tidak baik dan sebagainya menjadi penyebab terjadinya kecelakaan. Perlu adanya pengendalian terhadap alat dan bahan yang digunakan pekerja yang merupakan sumber-sumber timbulnya bahaya dan penyakit akibat kerja. Maka, perlu adanya pengetahuan keselamatan kerja dan kesehatan kerja yang maju dan tepat. Dengan adanya peraturan yang sesuai akan dicapai keamanan yang baik dan realistis yang merupakan faktor penting dalam memberikan rasa tentram, meningkatkan mutu pekerjaan serta meningkatkan produksi dan produktivitas kerja.

Menurut Rachmatiah Indah (2015) Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dalam kegiatan industri sangat diperlukan karena (1) setiap aktivitas di industri sering mengandung bahaya dan memberika risiko Kesehatan dan Keselamatan; (2) bahaya dan risiko tersebut akan menimbulkan konsekuensi; (3) K3 yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan kerugian (*loss*). Beberapa faktor yang turut mempengaruhi tingginya kecelakaan kerja terutama di Indonesia dilaporkan antara lain (1) sumber daya manusia (SDM) tidak memiliki keahlian dan keterampilan dalam mengoperasikan mesin-mesin pabrik yang berteknologi tinggi; (2) status kesehatan dan gizi kerja yang tidak memadai; (3) banyaknya pengangguran membuat tenaga kerja memilih lebih baik bekerja tanpa memperhitungkan pekerjaan yang berbahaya, yang penting bekerja ketimbang menganggur; (4) lemahnya pengawasan dari instansi ketenagakerjaan; (5) banyaknya tenaga kerja yang tidak dilindungi program Jamsostek. Pencegahan kecelakaan kerja yang tinggi memerlukan upaya peningkatan kesadaran pekerja dan pemahaman atas penyebab kecelakaan. Banyak upaya dilakukan untuk mengetahui teori penyebab kecelakaan yang dapat membantu dalam mengidentifikasi, mengisolasi dan menghilangkan faktor yang berkontribusi terhadap atau penyebab kecelakaan.

Syarat-syarat keselamatan kerja yang tertera sebagai berikut (Undang-Undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja):

- a. Mencegah dan mengurangi kecelakaan.
- b. Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran.
- c. Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan.
- d. Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya.
- e. Memberi pertolongan pada kecelakaan.
- f. Memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja.
- g. Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebarkan suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran.
- h. Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psikis, peracunan, infeksi dan penularan.
- i. Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai.
- j. Menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik.
- k. Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup.
- l. Memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban.
- m. Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan cara dan proses kerjanya.
- n. Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang.
- o. Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan.
- p. Mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar-muat, perlakuan dan penyimpanan barang.
- q. Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya.
- r. Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.

3.2 Kecelakaan Kerja

Menurut Rachmatiah Indah (2015) kecelakaan (*accident*) adalah kejadian yang pada umumnya merupakan akibat dari peristiwa sebelumnya yang dapat menyebabkan cedera, kematian, kerusakan, kebakaran, atau kerugian harta benda dan kerusakan lingkungan. Keselamatan (*safety*) merupakan suatu kondisi terhindar atau usaha mencegah terjadinya kecelakaan melalui penerapan sains dan teknologi untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi potensi bahaya. Bahaya atau potensi bahaya yang selanjutnya disebut dengan (*hazard*) merupakan kondisi fisik, kimia, ataupun lingkungan yang berpotensi menyebabkan kerusakan dan risiko bagi manusia, aset dan lingkungan. Risiko (*risk*) merupakan ukuran tentang besarnya kerugian, cedera, dan korban yang dapat terjadi.

Suatu peristiwa atau *event* yang tidak disengaja, tidak direncanakan, terjadi secara kebetulan (*by chance*) dianggap suatu Kecelakaan Kerja. Kejadian kecelakaan merupakan sesuatu yang tidak dikehendaki dan terasa sebagai sesuatu yang merugikan. Dampak dari kecelakaan dapat berupa kerugian secara ekonomi, kehilangan secara sosial, kecacatan individu atau grup, atau sekelompok populasi. Kejadian kecelakaan tidak saja menimpa suatu individu, tetapi juga dapat terjadi pada suatu kegiatan/kerja yang melibatkan banyak orang seperti dalam suatu perusahaan ataupun industri. Khususnya untuk kegiatan industri yang berorientasi keuntungan, kejadian kecelakaan akan menimbulkan dampak kerugian yang cukup penting. Selain kerugian yang menyangkut individu atau kelompok manusia, kecelakaan kerja pada suatu industri juga akan menimbulkan inefisiensi kegiatan, gangguan produksi, ataupun menghambat tercapainya suatu kemajuan dan standar lingkungan kerja.

Kecelakaan kerja merupakan sesuatu yang tidak dikehendaki dan tidak direncanakan, sering kali kecelakaan dianggap sebagai suatu kejadian tanpa penyebab dan seakan-akan kejadian tersebut tidak dapat dicegah. Namun, dalam suatu aktivitas industri, kejadian kecelakaan ini mempunyai kemungkinan terjadi dan dampak yang lebih besar daripada kecelakaan di tempat umum lain dengan adanya pemakaian bahan dalam jumlah besar, peralatan khusus, ataupun pergerakan bahan dan orang dalam jumlah dan frekuensi yang tinggi.

Jenis kecelakaan kerja sangat bergantung pada jenis kegiatan kerja. Beberapa lingkungan kerja mempunyai risiko kecelakaan yang jauh lebih tinggi daripada lingkungan kerja lainnya. Kerugian kecelakaan kerja tentu saja menimbulkan kerugian yang dapat berupa kematian, kecelakaan fatal, dan kecelakaan ringan yang berasosiasi dengan jumlah biaya yang diberikan, baik dalam bentuk kompensasi kepada pekerja maupun biaya lain yang berupa kompensasi yang diberikan oleh lembaga jaminan kesehatan untuk kecelakaan kerja. Oleh karenanya, saat ini dilakukan upaya-upaya untuk mengetahui dan meningkatkan kesadaran, mengetahui penyebab kecelakaan, serta implementasi dari sistem manajemen K3 diperlukan dengan harapan kecelakaan yang sama tidak akan terjadi kembali pada masa yang akan datang.

Menurut Rachmatiah Indah (2015) teori domino dikembangkan oleh H.W. Heinrich (1931) yang menyatakan bahwa, kecelakaan kerja disebabkan oleh perilaku tidak aman (*unsafe acts*) 88%, kondisi tidak aman (*unsafe condition*) 10%, dan “*acts of God*” 2% atau tidak dapat dihindari. Heinrich mengajukan lima faktor atau kartu urutan kecelakaan di mana setiap faktor secara berurutan akan menentukan kejadian tahap berikutnya sehingga disebut sebagai teori domino:

1. Lingkungan sosial;
2. Kesalahan pekerja;
3. Perilaku tidak aman (*unsafe act*) dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*);
4. Kecelakaan;
5. Cedera/jejas dan kerusakan.

Dengan perkataan lain, cedera atau jejas pada kegiatan kerja disebabkan oleh adanya kecelakaan. Kecelakaan disebabkan langsung oleh; (a) Tindakan-tindakan tidak aman dari manusia; atau (b) kondisi kerja tidak aman. Tindakan-tindakan dan kondisi-kondisi yang tidak aman tersebut disebabkan oleh kesalahan manusia dan kesalahan manusia timbul oleh lingkungan yang ada. Apabila terdapat kesalahan pada lingkungan sosial, itu dapat menimbulkan kesalahan pekerja melalui adanya perilaku tidak aman dan mungkin bersama kondisi tidak aman dapat menimbulkan kecelakaan yang berakibat pada adanya cedera atau kerusakan. Dengan menghilangkan salah satu faktor dari efek domino dapat mencegah kecelakaan yang mengakibatkan cedera, penghilangan salah satu faktor yang menentukan ialah faktor perilaku tidak aman (*unsafe act*) dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*), tidak akan terjadi kecelakaan.

Terdapat dua kelompok penyebab kecelakaan, yaitu penyebab langsung dan penyebab tidak langsung. Penyebab langsung atau primer disebabkan oleh *unsafe act* (perilaku manusia tidak aman) dan *unsafe condition* (kondisi lingkungan kerja yang tidak aman). Sedangkan penyebab tidak langsung/nyata/dasar (*underlying*) dapat disebabkan oleh: (a) faktor manusia, faali, kejiwaan; (b) faktor lingkungan (fisika, kimia, biologi, psikologi); (c) faktor manajemen (kebijakan, keputusan, evaluasi, kontrol, administrasi).

Faktor yang berbahaya lainnya dapat dikategorikan sebagai berikut: (a) zat kimia baik cairan, padatan seperti debu, uap logam, embun, uap, maupun gas; (b) zat fisis seperti radiasi elektromagnetik, radiasi penion, bising, vibrasi, temperatur serta tekanan barometrik yang ekstrem; (c) zat biologis seperti insekta, tungau, jamur, ragi, bakteri dan virus; (d) ergonomi, yakni posisi baan, fungsi badan sehubungan dengan kerja, kejiwaan seperti kerja yang monoton, kegaduhan, panas, keadaan jiwa seperti kerisauan, tekanan/beban kerja, dan kelelahan. Penyebab tidak langsung ini atau *underlying causes* dapat melibatkan unsur-unsur seperti material yang digunakan, peralatan yang dilibatkan, lingkungan tempat bekerja, serta juga orang atau pekerja lain di sekitarnya. *Underlying causes* sangat berperan dan sering menjadi penyebab kecelakaan yang sebenarnya.

Penyebab tidak langsung ini dapat diketahui dengan meneliti penyebab langsung terlebih dahulu dan kemudian menganalisis penyebab langsung tersebut secara detail dan terurut dengan cara mencoba mengetahui mengapa penyebab langsung yang berupa *unsafe act* atau *unsafe condition* ini terjadi. Pada akhirnya, diketahui bahwa penyebab tidak langsung akhirnya membawa kepada *root cause* (akar penyebab) yang dapat berasal dari permasalahan kelemahan manajemen yang berkontribusi pada pemikiran, perilaku, dan kondisi yang berhubungan dengan kecelakaan. Hal ini sesuai pula dengan teori domino dan pengembangannya.

Kecelakaan dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu parah dan tidak parah. Kecelakaan tidak parah tidak menyebabkan kehilangan hari kerja yang menyebabkan konsekuensi minor. Kecelakaan parah mencakup baik kecelakaan dengan atau hampir terjadi kehilangan hari kerja atau dikatakan sebagai *near miss*. Kondisi keselamatan pada suatu perusahaan atau kegiatan dapat diurutkan dari yang terbaik sebagai berikut (Rachmatiah Indah, 2015):

- *safe work condition*, apabila memang tidak terdapat kejadian kecelakaan kerja;
- *near miss*, atau keadaan ketika terjadi kecelakaan tetapi tanpa adanya korban atau sering kali disebut dengan adanya *incident*;
- *accident with injury*, yaitu adanya cedera karena kecelakaan;
- *emergency*, yaitu kedaruratan ketika kecelakaan kerja yang terjadi cukup besar dan menimbulkan dampak luas bagi kegiatan dan yang paling buruk kondisinya ialah yang dinyatakan sebagai
- *disaster* atau malapetaka yang mempengaruhi lingkungan yang lebih luar di luar lokasi kegiatan atau perusahaan.

Pada perusahaan yang memprioritaskan keselamatan, kondisi “*near miss*” sudah menjadi perhatian dan dicatat. Beberapa perusahaan lainnya baru akan mencatat kecelakaan apabila kecelakaan yang terjadi menimbulkan kehilangan hari kerja. Perbedaan ini bermula karena adanya perbedaan perhatian dan prioritas kecelakaan dan sangat bergantung pada frekuensi ataupun cedera yang terjadi di perusahaan tersebut.

3.3 Identifikasi Risiko

Menurut (Rachmatiah Indah, 2015) kecelakaan kerja merupakan sesuatu yang tidak diinginkan dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Salah satu upaya mengurangi kerugian akibat kecelakaan ialah dengan mengadakan analisis setiap kecelakaan yang terjadi dan melakukan tindakan perbaikan agar kecelakaan serupa tidak akan pernah terjadi kembali. Hasil analisis kecelakaan yang baik dan tepat serta diterapkan upaya tindak pencegahannya akan dapat meningkatkan kesadaran keselamatan bagi semua karyawan dan kerugian akibat kecelakaan akan berkurang. Untuk dapat melakukan identifikasi bahaya dalam lingkungan kerja, diperlukan seorang ahli yang paham akan pengoperasian dan proses kerja.

Dengan melakukan identifikasi faktor berbahaya serta efeknya terhadap kesehatan, melakukan evaluasi dengan teknik pengukuran dan menilai apakah keadaan dapat membahayakan lingkungan dan pekerjaannya, dan pengendalian faktor sedemikian dengan melakukan reduksi, eliminasi faktor berbahaya, serta menghilangkan efeknya terhadap kesehatan. Investigasi kecelakaan ini juga berfungsi untuk memperbaiki kondisi yang ada (manajemen, pekerja, peralatan, dsb) sehingga pencegahan dapat dilakukan. Kecelakaan terjadi ketika ada bahaya (*hazard*) yang tidak terhindarkan dari sistem atau metode pencegahan kecelakaan seperti (*job safety analysis/JSA* atau *process safety analysis*).

Untuk bahaya yang tidak terlalu kelihatan, kecelakaan terjadi karena kombinasi berbagai kondisi yang sulit untuk dipekirakan. Hal ini biasanya memerlukan sesuatu *training* keselamatan yang ekstensif dan baru. Fokus utama dalam suatu investigasi kecelakaan ialah menentukan dan menilai fakta-fakta yang ada saat kecelakaan terjadi dan menangkap pembelajaran yang diperoleh untuk upaya pencegahan berulangnya kejadian yang sama. Suatu investigasi kecelakaan yang baik harus dapat mencakup bahaya fisik, lingkungan, administrasi, ataupun proses. Semua kejadian kecelakaan harus di investigasi. Kedalaman dan kompleksitas investigasi yang dilakukan sangat tergantung pada serius atau tidaknya kecelakaan kerja.

Prioritas utama ketika suatu kecelakaan terjadi ialah tindakan *emergency* atau gawat darurat untuk menangani semua cedera atau penyakit yang timbul. Investigasi kecelakaan dilakukan setelah peangulangan kecelakaan atau kondisi *emergency* ini diselesaikan. Investigasi dilakukan segera dengan adanya saksi-saksi, bukti yang tidak hilang, rusak, atau dibuang sebelum dilakukan inspeksi di lokasi kejadian. Sehingga, apa yang baru terjadi dapat terekam dengan baik. Investigasi kecelakaan dapat dilakukan oleh supervisor, ahli keselamatan atau K3, komite investigasi khusus, atau komite keselamatan umum tergantung pada jenis dan kondisi kecelakaan yang terjadi.

Menurut *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18002:2008 bahaya berpotensi menyebabkan cedera atau sakit penyakit. Oleh karena itu, bahaya perlu diidentifikasi sebelum risiko terkait dengan bahaya tersebut dapat dinilai, dan jika saat ini belum ada pengendalian atau pengendalian yang tidak memadai, harus dilaksanakan pengendalian yang efektif sesuai dengan hirarki pengendalian. Identifikasi bahaya harus bertujuan untuk menentukan semua sumber secara proaktif situasi atau tindakan yang timbul dari kegiatan organisasi dan mempertimbangkan jenis bahaya di tempat kerja termasuk fisik, kimia biologis dan psikososial, contohnya termasuk:

- Sumber (misal: sumber radiasi, mesin, atau energi bergerak).
- Situasi (misal: bekerja di ketinggian), atau
- Tindakan (misal: pengangkatan seacara manual).

Proses identifikasi bahaya harus diterapkan untuk kegiatan dan situasi baik rutin maupun non-rutin (misal: periodik, sesekali atau keadaan darurat). Identifikasi bahaya harus mempertimbangkan semua orang yang memiliki akses ke tempat kerja baik pelanggan, pengunjung, kontraktor, karyawan dan sebagainya. Faktor manusia, seperti kemampuan perilaku dan keterbatasannya harus diperhitungkan ketika mengevaluasi bahaya dan risiko proses, peralatan dan lingkungan kerja.

Dalam mempertimbangkan faktor manusia proses identifikasi bahaya harus mempertimbangkan hal berikut dan interaksinya (OHSAS 18002:2008):

- Sifat pekerjaan (tata letak tempat kerja, informasi operator, beban kerja, pekerjaan fisik, pola kerja).
- Lingkungan (panas, cahaya, kebisingan, kualitas udara).
- Perilaku manusia (tempramen, kebiasaan, sikap).
- Kemampuan psikologis (pengetahuan dan perhatian),
- Kemampuan fisiologis (variasi biomekanik, antropometri/fisik individu).

3.4 Penilaian Risiko

Organisasi harus membuat, menerapkan dan memelihara tujuan dan sasaran K3 yang terdokumentasi, pada setiap fungsi dan tingkat yang relevan di dalam organisasi. Tujuan-tujuan harus dapat diukur, bila memungkinkan, dan konsisten dengan kebijakan K3, termasuk komitmen untuk mencegah cedera dan sakit penyakit, memenuhi peraturan perundangan yang relevan dan persyaratan lain di mana organisasi mendapatkan dan untuk peningkatan berkelanjutan (OHSAS 18001:2007). Dimana penilaian risiko menurut OHSAS 18002:2008 merupakan proses untuk mengevaluasi risiko yang muncul dari suatu bahaya, mempertimbangkan kelayakan kontrol yang ada, dan memutuskan apakah risiko dapat diterima atau tidak. Tujuan keseluruhan dari penilaian risiko adalah untuk mengenali dan memahami bahaya yang timbul dari bahaya ini dinilai, di prioritaskan dan dikendalikan ke tingkat yang dapat diterima.

Hal ini dicapai dengan (OHSAS 18002:2008):

- Mengembangkan metodologi untuk identifikasi bahaya dan penilaian risiko
- Mengidentifikasi bahaya.
- Kecukupan setiap pengendalian yang ada (dimungkinkan diperlukan perolehan data tambahan dan melakukan analisis lebih lanjut untuk mencapai perkiraan risiko yang layak).
- Menentukan apakah risiko tersebut dapat diterima

- Menentukan pengendalian risiko yang sesuai dimana itu diperlukan (bahwa ditempat kerja dan cara bahaya tersebut harus dikendalikan, sering didefinisikan dalam peraturan, kode praktek, pedoman yang diterbitkan oleh regulator dan dokumen pedoman industri).

Hasil penilaian risiko memungkinkan organisasi untuk membandingkan pilihan pengurangan risiko dan memprioritaskan sumber daya untuk manajemen risiko yang efektif.

Menurut Rachmatiah Indah (2015) sebelum terjadinya kecelakaan, perusahaan atau industri dapat menentukan angka risiko pada kecelakaan pada setiap unit kegiatan yang ada di perusahaan. Upaya pencegahan kecelakaan diprioritaskan untuk unit-unit kegiatan yang mempunyai risiko kecelakaan yang terbesar dan disesuaikan dengan risiko kecelakaan yang dapat diterima oleh perusahaan. Kegiatan penentuan dan evaluasi risiko merupakan kegiatan yang berkelanjutan, sehingga upaya pencegahan kecelakaan dapat dilakukan secara optimal dan efektif. Penentuan risiko ini merupakan bagian dari manajemen risiko kecelakaan kerja di suatu perusahaan yang harus dilakukan:

- Sekarang bila belum pernah dilakukan;
- Ketika ada pekerjaan baru direncanakan;
- Ketika ada perubahan yang signifikan;
- Setelah terjadi insiden; dan
- Secara reguler pada periode yang tertentu.

Data dan pencatatan yang memadai dari proses manajemen risiko dapat membantu Divisi K3 sehingga dapat tercipta tempat kerja yang terjamin keamanan dan kenyamanannya. Pencatatan harus menunjukkan bahwa proses terlaksana dengan baik, termasuk informasi mengenai *hazard* (bahaya), risikonya, dan metode pengendalian yang sudah diimplementasikan.

Informasi yang diperlukan mencakup:

- Identifikasi *hazard* atau bahaya;
- Menentukan atau menilai risiko dari bahaya tersebut;
- Keputusan cara pengendalian risiko;
- Bagaimana dan kapan metode pengendalian diimplementasikan;
- Bukti adanya *monitoring* dan evaluasi efektivitas cara pengendalian, dan
- Semua *ceklist* yang ada dalam proses.

Risiko dapat diperkirakan melalui penentuan *risk score* yang dapat dimanfaatkan untuk pencegahan kecelakaan. *Risk score* ini dapat digunakan baik untuk mengevaluasi kecelakaan yang sudah lalu ataupun untuk pencegahan (sebelum terjadi kecelakaan). *Risk score* ada yang bersifat kualitatif dengan nilai *high risk*, *medium risk*, atau *low risk*, ataupun yang kuantitatif.

Parameter utama yang diperhitungkan dalam penentuan nilai risiko ialah *Consequences* (akibat yang ditimbulkan), *Exposure* (paparan atau bahaya yang mungkin terjadi), dan *Probability* (kemungkinan suatu kejadian terjadi). Penentuan *risk score* ini dapat berbeda antara satu perusahaan dan perusahaan lainnya atau tergantung pula jenis kegiatannya. Penentuan risiko bahan kimia, misalnya, dapat mempertimbangkan faktor seperti probabilitas, frekuensi, jumlah orang yang terkena atau terpapar, dan konsekuensi terburuk yang dapat terjadi. Sementara itu, pada kegiatan konstruksi yang berbeda dari kegiatan manufaktur, *risk score* juga mempertimbangkan faktor bahaya adanya fluktuasi kegiatan terhadap waktu dan ruang.

Untuk memeriksa adanya potensi bahaya perlu dilakukan analisis terhadap setiap pekerja atau proses *job hazard analysis* (JHA). Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui atau memberitahukan jenis dan sifat pekerjaan serta hal yang harus dipersiapkan, dengan demikian dapat mencegah dan mengurangi kemungkinan terjadinya cedera dan kecelakaan. Analisis tersebut antara lain meliputi identifikasi, evaluasi, dan pengendalian terhadap potensi bahaya dan masalah keselamatan lainnya.

Banyak cara yang digunakan untuk melakukan analisis potensi bahaya tersebut, antara lain dengan metode *what if*, *checklist*, *what if/checklist*, *hazard and operability study* (HAZOPS), *failure mode and effects analysis* (FMEA), *fault tree analysis*, *event tree*, *cause-consequence analysis*, dan sebagainya hal ini dipengaruhi oleh kemampuan tenaga kerja pada perusahaan tersebut (Rachmatiah Indah, 2015).

Menurut *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18001:2007 Organisasi harus membuat, menerapkan dan memelihara prosedur untuk mengidentifikasi bahaya yang ada, penilaian risiko, dan penetapan pengendalian yang diperlukan. Prosedur untuk mengidentifikasi bahaya dan menilai risiko harus memperhatikan:

- a) Aktivitas rutin dan tidak rutin;
 - b) Aktivitas seluruh personel yang mempunyai akses ke tempat kerja (termasuk kontraktor dan tamu);
 - c) Perilaku manusia, kemampuan dan faktor-faktor manusia lainnya;
 - d) Bahaya-bahaya yang timbul dari luar tempat kerja yang berdampak pada kesehatan dan keselamatan personel di dalam kendali organisasi di lingkungan tempat kerja;
 - e) Bahaya-bahaya yang terjadi di sekitar tempat kerja hasil aktivitas kerja yang terkait di dalam kendali organisasi;
- CATATAN 1 akan lebih sesuai penilaian bahaya bahaya dinilai seperti aspek lingkungan atau kondisi lingkungan yang mempengaruhi tempat kerja.
- f) Prasarana, peralatan dan material di tempatkerja, yang disediakan baik oleh organisasi ataupun pihak lain.
 - g) Perubahan-perubahan atau usulan perubahan didalam organisasi, aktivitas-aktivitas atau material;
 - h) Modifikasi sistem manajemen K3, termasuk perubahan sementara, dan dampaknya kepada operasional, proses-proses dan aktivitasaktivitas;
 - i) Adanya kewajiban perundangan yang relevan terkait dengan penilaian risiko dan penerapan pengendalian yang dibutuhkan

- j) Rancangan area-area kerja, proses-proses, instalasi-instalasi, mesin/peralatan, prosedur operasional dan organisasi kerja, termasuk adaptasinya kepada kemampuan manusia.

Metodologi organisasi dalam melakukan identifikasi bahaya dan penilaian risiko harus ditetapkan dengan memperhatikan ruang lingkup, sifat dan waktu untuk memastikan metodenya proaktif dan menyediakan identifikasi, prioritas dan dokumentasi risiko-risiko, dan penerapan pengendalian, sesuai keperluan.

3.5 Pengendalian Risiko

Pencegahan bahaya dan kecelakaan haruslah dilakukan terlebih dahulu dengan berpedoman pada peraturan yang relevan dan berlaku. Peraturan-peraturan tersebut secara garis besar meliputi persyaratan teknis, desain yang baik dan benar, operasi dan perawatan, serta peralatan dan perlengkapan bagi keselamatan personil dan lingkungan. Dengan demikian, itu tidak hanya memudahkan pemilihan proses, mesin dan peralatan serta instalasi yang tepat dan aman, prosedur operasi dan perawatan yang baik dan benar, pemilihan lokasi dan tata ruang pabrik, tetapi juga tentang pendidikan dan pelatihan bagi pekerja atau personel untuk memperoleh tingkat kemampuan dan ketrampilan yang diperlukan. Pada dasarnya, pengendalian kecelakaan kerja dapat dikelompokkan ke dalam dua kegiatan besar, yaitu kegiatan setelah kecelakaan terjadi dan kegiatan yang dilakukan sebelum ada kecelakaan kerja. Metode pengendalian yang dilakukan setelah kecelakaan kerja (Rachmatiah Indah, 2015):

- Pertolongan pada kecelakaan sehingga cedera yang terjadi tidak dikurangi atau dilakukan perawatan.
- *Emergency response* terhadap keseluruhan kemungkinan impikasinya pada lokasi industri dan masyarakat sekitar dapat diminimalisasi sehingga jumlah korban dan kerugian tidak terlalu besar.

- Dari setiap kecelakaan kerja, perlu dipelajari “*lesson learned*” dari kecelakaan yang terjadi. Analisis kecelakaan mencakup evaluasi apa akar penyebab kecelakaan, cek sistem: *job safety analysis* (JSA), atau *process safety analysis*, dst.
- Dilakukan pemilihan metode penanggulangan atau kontrol yang dilakukan untuk memperbaiki kondisi setelah kecelakaan.
- Penerapan metode kontrol atau penanggulangan yang dipilih.
- Pemantauan secara terus-menerus apa yang terjadi setelah metode penanggulangan diterapkan.

Pengelolaan diperlukan untuk memelihara dan memperbaiki kualitas lingkungan sehingga tidak berdampak negatif terhadap pekerja. Pengelolaan dapat dilakukan pada sumber (*source*), jalur (*pathway*), dan penerima (*receiver*) dari suatu pajanan baik dilakukan secara rekayasa umum dan khusus, manajerial, medis, dan pendidikan/pelatihan. Apabila dampak atau efek kesehatan terhadap pekerja atau konsentrasi kontaminan dalam lingkungan kerja telah melebihi NAB (Nilai Ambang Batas), perlu dilakukan tindak pengendalian atau pengamanan. Tindakan yang selanjutnya dimonitor untuk melihat efisiensinya, serta usaha pencegahan dan pemeliharaan dilakukan agar kasus yang terjadi tidak terulang kembali. Salah satu tindak pengelolaan ialah pengendalian, apabila standar yang berlaku dilampaui maka perlu tindakan pengamanan. Prioritas dalam pengamanan ialah pengendalian yang dilakukan pada sumber, kemudian jalur dan penerima.

Apabila ketiga alternatif tersebut tidak dapat dilaksanakan, pengendalian APD dilaksanakan dengan pekerja tetap akan terpajan faktor bahaya yang masih ada didalam lingkungan. Pengendalian pada sumber dan jalur sebagian besar bersifat ke-rekayasa, pengamanan pada jalur prinsipnya akan dilakukan perpanjangan jarak baik jarak secara fisik maupun jarak dengan penggunaan prisai. Pada penerima, pengamanan berupa penggunaan Alat Pengaman Diri (APD) yang hanya akan mengamankan pekerja apabila terus dipakai dengan pekerja harus berubah perilaku mengerti arti APD, penggunaan serta pemeliharaannya (Rachmatiah Indah, 2015).

Pada saat membuat dan meninjau tujuan-tujuan terkait K3, organisasi harus mempertimbangkan peraturan perundangan dan persyaratan K3 lainnya di mana organisasi mendapatkan, dan risiko-risiko K3. Juga mempertimbangkan aspek teknologi, aspek keuangan, persyaratan operasional dan bisnis, dan pandangan dari pihak-pihak terkait (OHSAS 18001:2007).

3.5.1 Pengelolaan Secara Umum

Setelah menyelesaikan penilaian risiko dan memperhitungkan pengendalian yang ada organisasi harus dapat menentukan apakah pengendalian yang ada telah memadai atau perlu peningkatan, atau jika pengendalian baru diperlukan. Jika pengendalian baru atau peningkatan diperlukan, pemilihannya harus ditentukan berdasarkan prinsip hirarki pengendalian, yaitu penghapusan bahaya bila memungkinkan, diikuti dengan pengurangan risiko (baik dengan mengurangi kemungkinan terjadinya atau potensi keparahan cedera atau bahaya), dengan penerapan alat pelindung diri (APD) sebagai pilihan terakhir (OHSAS 18002:2008).

Untuk mengelola perubahan, organisasi harus mengidentifikasi bahaya-bahaya K3 dan risiko-risiko K3 terkait dengan perubahan di dalam organisasi, sistem manajemen K3, atau aktivitas-aktivitasnya, sebelum menerapkan perubahan tersebut. Organisasi harus memastikan hasil dari penilaian ini dipertimbangkan dalam menetapkan pengendalian. Saat menetapkan pengendalian, atau mempertimbangkan perubahan atas pengendalian yang ada saat ini, pertimbangan harus diberikan untuk menurunkan risiko berdasarkan hirarki berikut (OHSAS 18001:2007).

- a) Eliminasi, modifikasi desain untuk menghilangkan bahaya.
- b) Substitusi, mengganti dengan bahan yang kurang berbahaya atau mengurangi energi.
- c) Pengendalian teknik menginstal sistem ventilasi, penjaga mesin, *interlock*, pagar suara, dll.

- d) Rambu/peringatan dan/atau pengendalian administrasi, dengan memberi tanda keselamatan, tanda berbahaya, tanda *photoluminescent*, tanda trotoar untuk pejalan kaki, sirine/lampu peringatan, alarm, prosedur keselamatan, inspeksi peralatan, kontrol akses, sistem yang aman untuk bekerja, *tagging* dan ijin kerja dan lainnya.
- e) Alat pelindung diri (APD), seperti: kacamata keselamatan, perlindungan pendengaran, pelindung wajah, *safety harness* dan *lanyard*, respirator dan sarung tangan.

Organisasi harus mendokumentasikan dan memelihara hasil identifikasi bahaya, penilaian risiko dan penetapan pengendalian selalu terbaru.

3.5.1.1 Pengendalian pada Sumber

Tindak pengendalian pada sumber di lingkungan kerja dilakukan secara beruntutan sebagai berikut, sesuai prioritas (Rachmatiah Indah, 2015):

- **Substitusi**

Substitusi bahan/proses bila bahan/proses sangat berbahaya. Dengan melakukan substitusi sumber bahaya dari bahan atau proses berbahaya dihilangkan, tidak ada lagi bahaya dalam lingkungan kerja. Substitusi material perlu dilakukan percobaan dalam skala laboratorium terlebih dahulu untuk melihat efektivitas. Namun, substitusi material seringkali juga disertai dengan substitusi mesin atau alat yang digunakan pada proses.

- **Isolasi**

Isolasi merupakan urutan kedua dalam pengamanan sumber. Isolasi dapat berupa isolasi fisik dengan menjauhkan atau memperpanjang jarak antara sumber dan penerima sehingga tidak lagi terpapar oleh bahaya. Isolasi dapat dilaksanakan dengan menggunakan beberapa alat pengendalian seperti bahan pelapis atau *dampers* dan sebagainya.

3.5.1.2 Pengendalian pada Jalur

Tindakan pengamanan pada jalur, pada prinsipnya merupakan penambahan jarak, serta pemeliharaan kebersihan lingkungan atau *good housekeeping*. Maksud dan tujuannya ialah (Rachmatiah Indah, 2015):

- a. Mengurangi dispersi atau penyebaran sumber bahaya
- b. Membersihkan ceceran material/bahan/*spill* secepatnya.
- c. Melakukan pembersihan rutin.
- d. Pemantauan terhadap kebocoran.
- e. Pemantauan kebersihan Alat Pengaman Diri (APD).
- f. Pemantauan peralatan terjadwal, pembuangan limbah termasuk bersifat B3 yang perlu prosedur khusus.
- g. Pendidikan/pelatihan dalam mengerjakan pekerjaan atau sertifikasi untuk pekerjaan khusus.

3.5.1.3 Pengendalian pada Penerima

Tindakan pengendalian pada penerima terutama ialah pendidikan dan pelatihan dasar agar pekerja bekerja dengan aman dan tidak menderita kecelakaan/penyakit. Isolasi pekerja ataupun proses, rotasi pekerja dengan yang lebih aman, pemantauan pribadi seperti pajanan atau paparan yang diterima, kebersihan pribadi atau hygiene perseorangan, dan penggunaan Alat Pengaman Diri (APD). APD merupakan pilihan terakhir dari semua metode, hal ini disebabkan karena APD tidak melakukan pengamanan lingkungan kerja. APD tidak menghilangkan sumber bahaya, hanya mengamankan pekerja yang menggunakannya. Hal ini dapat berhasil apabila, APD digunakan sesuai prosedur, APD masih bekerja secara efektif, dan APD sesuai dengan lingkungan kerja. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam penggunaan APD (Rachmatiah Indah, 2015):

- a. Hanya bila lingkungan tidak dapat diamankan dengan cara lain.
- b. APD tidak mengurangi bahaya.
- c. Tidak efektif tanpa pengetahuan pemakai APD.
- d. Pemilihan bahan yang sesuai pada APD.

- e. Pelindung seperti pelindung mata dan muka dari debu/sinar, pelindung telinga dari kebisingan harus selalu dipakai secara terus-menerus dalam lingkungan kerja yang sesuai.

3.5.2 Pengendalian Secara Manajerial

Pengendalian secara rekayasa telah banyak dilakukan dan mengurangi dampak negatif terhadap pekerja dan lingkungan. Meskipun demikian, pengendalian manajemen perlu dilakukan karena terdapat masih banyaknya penyakit akibat kerja. Antara lain usaha untuk keamanan dan kesehatan sebagai berikut (Rachmatiah Indah, 2015):

- a. Pembelian alat dan bahan yang mempunyai spesifikasi aman.
- b. Pemilihan personil yang sesuai dengan pekerjaan tertentu.
- c. Pekerja perlu berada dalam keadaan sehat.
- d. Pendidikan dan pelatihan sebelum kerja secara periodik.
- e. Pemantauan dan evaluasi.
- f. Inspeksi peralatan dan cara kerja/proses kerja.
- g. Pencatatan dan pelaporan K3.
- h. Kebijakan yang harus dikomunikasikan kepada seluruh pekerja agar dapat berpartisipasi dalam K3.
- i. Komitmen manajer dan partisipasinya dalam K3 sangat menentukan keberhasilan usaha K3, demikian pula dengan para ahli, *supervisor*, dan pekerja

3.5.3 Pengendalian secara Medis

Pengendalian medis merupakan titik pantau pengendalian rekayasa dengan melakukan pemeriksaan sebelum bekerja dan secara periodik setelah terpajan faktor bahaya dan pengobatan dini, serta memberikan metoda pengamanan atau pengelolaan lanjutan untuk perbaikan lingkungan kerja (Rachmatiah Indah, 2015).

3.5.4 Pendidikan dan Pelatihan

Pendidikan dan pelatihan diberikan kepada pekerja baru dan sebagai penanggulangan pemeliharaan kebersihan perseorangan. Hal ini dilakukan dengan memberikan pendidikan dan latihan, misalnya bagaimana cara menggunakan mesin dan fasilitas yang tersedia. Dari ruang lingkup yang perlu dikuasai dan telah dibahas seorang ahli K3 akan perlu pelatihan dan pendidikan agar dapat terampil berfungsi (Rachmatiah Indah, 2015):

- a. Mengelola program K3.
- b. Memantau dan menilai kualitas lingkungan kerja, termasuk mempelajari proses produksi, alat proses produksi, produksi utama dan sampingan, dapat memberi usulan cara kerja demi perbaikan lingkungan kerja, mengukur besaran *exposure* yang diterima pekerja, menguji sampel lingkungan dan sampel biologis.
- c. Menginterpretasi hasil pengumpulan data, termasuk data kesehatan pekerja, kerusakan yang terjadi, menganalisis dan mengambil kesimpulan.
- d. Menentukan kebutuhan dan efektivitas cara pengaman, bila perlu memberi rekomendasi untuk perbaikan.
- e. Secara rutin melaksanakan proses identifikasi, evaluasi, dan pengendalian umum.
- f. Membuat teks label, informasi keselamatan kerja, materi berbahaya, dan lain-lain.
- g. Membuat aturan dan peraturan kerja, standar prosedur sehingga lingkungan kerja dan masyarakat umum menjadi tetap sehat.
- h. Memimpin studi epidemiologis di industri untuk memperbaiki NAB.
- i. Melaksanakan pelatihan K3 bagi pekerja dan masyarakat umum.

3.6 Parameter Kondisi Lingkungan Kerja

Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Kerja yang selanjutnya disebut dengan K3 Lingkungan Kerja adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi Kesehatan dan Keselamatan tenaga kerja melalui pengendalian Lingkungan Kerja dan penerapan *higine* Sanitasi di tempat kerja. Lingkungan kerja adalah aspek *higine* di tempat kerja yang mencakup faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi dan psikologi yang keberadaannya di tempat kerja dapat mempengaruhi Kesehatan dan Keselamatan tenaga kerja. Selanjutnya ditetapkan Nilai Ambang Batas (NAB), sebagai kadar atau intensitas rata-rata tertimbang waktu (*time weighted average*) yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan. Dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Pengusaha dan/pengurus wajib melaksanakan syarat-syarat K3 Lingkungan Kerja. Syarat-syarat yang dimaksud sebagai berikut (PerMenNaker No. 5 Tahun 2018); a) pengendalian faktor fisika dan kimia agar di bawah NAB; b) pengendalian faktor biologi, faktor ergonomi dan faktor psikologi kerja agar memenuhi standar; c) penyediaan fasilitas kebersihan dan sarana *higine* di tempat kerja yang bersih dan sehat; dan d) penyediaan personil K3 yang memiliki kompetensi dan kewenangan K3 di bidang lingkungan kerja.

3.6.1 Pencahayaan

Pencahayaan adalah sesuatu yang memberikan terang (sinar) atau yang menerangi, meliputi pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Intensitas cahaya adalah jumlah rata-rata cahaya yang diterima pekerja setiap waktu pengamatan pada setiap titik dan dinyatakan dalam satuan Lux. Lux adalah satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Pencahayaan di ruang kerja yang seimbang sangat diperlukan mengingat bahwa pekerja memerlukan melihat dengan jelas kondisi operasional. Berikut standar atau nilai ambang batas pencahayaan berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No 05 Tahun 2018 tentang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.

Tabel 2.1 Standar Pencahayaan

No	Keterangan	Intensitas (Lux)
1	Penerangan darurat	5
2	Halaman dan jalan	20
3	Pekerjaan membedakan barang kasar seperti : a. Mengerjakan bahan-bahan yang kasar b. Mengerjakan arang atau abu c. Menyisihkan barang-barang yang besar d. Mengerjakan bahan tanah atau batu e. Gang-gang, tangga di dalam gedung yang selalu dipakai f. Gudang-gudang untuk menyimpan barang-barang besar dan kasar	50
4	Pekerjaan yang membedakan barang-barang kecil secara sepiantas lalu seperti : a. Mengerjakan barang-barang besi dan baja yang setengah selesai b. Pemasangan yang kasar c. Penggilingan padi d. Pengupasan/ pengambilan dan penyisihan bahan kapas e. Mengerjakan bahan-bahan pertanian lain yang kira-kira setingkat dengan poin d f. Kamar mesin dan uap g. Alat pengangkut orang dan barang h. Ruang-ruang penerimaan dan pengiriman dengan kapal i. Tempat menyimpan barang-barang sedang dan kecil j. Toilet dan tempat mandi	100
5	Pekerjaan membeda-bedakan barang-barang kecil yang agak teliti seperti : a. Pemasangan alat-alat yang sedang b. Pekerjaan mesin dan bubut yang kasar c. Pemeriksaan atau percobaan kasar terhadap barang-barang d. Menjahit tekstil atau kulit yang berwarna muda e. Pemasukan dan pengawetan bahan-bahan makanan dalam kalem f. Pembungkusan daging g. Mengerjakan kayu h. Melapis perabot	200
6	Pekerjaan pembedaan yang teliti daripada barang-barang kecil halus seperti : a. Pekerjaan mesin yang teliti b. Pemeriksaan yang teliti	300

Tabel 2.1 Standar Pencahayaan

No	Keterangan	Intensitas (Lux)
	c. Percobaan-percobaan yang teliti dan halus d. Pembuatan tepung e. Penyelesaian kulit dan penenunan bahan-bahan katun atau wol berwarna merah muda f. Pekerjaan kantor yang berganti-ganti menulis dan membaca, pekerjaan arsip dan seleksi surat-surat	
7	Pekerjaan membedakan barang-barang halus dengan kontras yang sedang dan dalam waktu yang lama seperti: a. Pemasangan yang halus b. Pekerjaan-pekerjaan mesin yang halus c. Pemeriksaan yang halus d. Penyemiran yang halus dan pemotongan gelas kaca e. Pekerjaan kayu yang halus (ukir-ukiran) f. Menjahit bahan-bahan wol yang berwarna tua g. Akuntan, pemegang buku, pekerjaan steno, mengetik atau pekerjaan kantor yang lama	500-1000
8	Pekerjaan membedakan barang-barang yang sangat halus dengan kontras yang sangat kurang untuk waktu yang lama seperti: a. Pemasangan yang ekstra halus b. Pemeriksaan yang ekstra halus c. Percobaan alat-alat yang ekstra halus d. Tukang mas dan intan e. Penilaian dan penyisihan hasil-hasil tembakau f. Penyusunan huruf dan pemeriksaan copy dalam pencetakan g. Pemeriksaan dan penjahitan bahan pakaian berwarna tua	1000

(Sumber : Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 05 Tahun 2018)

3.6.2 Iklim Kerja

Iklim Kerja adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya meliputi tekanan panas dan dingin. Tekanan udara ekstrim adalah tekanan udara yang lebih tinggi atau tekanan udara yang lebih rendah dari tekanan udara normal (1 atm).

Akibat dari tekanan dingin, pengeluaran panas akibat pajanan terus menerus terhadap dingin yang mempengaruhi kemampuan tubuh untuk menghasilkan panas sehingga mengakibatkan hipotermia (suhu tubuh dibawah 36 derajat celcius). Suhu ruangan yan nyaman harus dipertahankan dengan ketentuan; a) Suhu Kering 23-26°C dengan kelembaban 40-60%; b) perbedaan suhu antar ruangan tidak melebihi 5°C. Berikut standar atau nilai ambang batas iklim kerja berdasarkan Peraturan Menteri Tenagakerja No 05 Tahun 2018 tentang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.

Tabel 2.2 Nilai Ambang Batas Iklim Kerja dengan ISBB

Pengaturan Waktu Kerja Setiap Jam	ISBB(°C)			
	Beban Kerja			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75 % - 100 %	31,0	28,0	-	-
50 % - 75 %	31,0	29,0	27,5	-
25 % - 50 %	32,0	30,0	29	28,0
0 % - 25 %	32,2	31,5	30,0	30,0

(Sumber : Peraturan Menteri Tenagakerja Nomor 05 Tahun 2018)

3.6.3 Kebisingan

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Berikut standar atau nilai ambang batas kebisingan berdasarkan Peraturan Menteri Tenagakerja No 05 Tahun 2018 tentang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja

Tabel 2.3 Nilai Ambang Batas Kebisingan

Waktu Paparan/ Hari		Intensitas Kebisingan dalam dBA
Jam	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
	30	97
Menit	15	100
	7,5	103
	3,75	106
	1,88	109
	0,94	112

Waktu Paparan/ Hari	Intensitas Kebisingan dalam dBA
28,12	115
14,06	118
7,03	121
3,52	124
1,76	127
0,88	130
0,44	133
0,22	136
0,11	139

(Sumber : Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 05 Tahun 2018)

3.6.4 Medan Magnet

Medan Magnet Statis adalah suatu medan atau area yang ditimbulkan oleh pergerakan arus listrik. Berikut standar atau nilai ambang batas Medan Magnet berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No 05 Tahun 2018 tentang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.

Tabel 2.4 Nilai Ambang Batas Kebisingan

No	Bagian Tubuh	Kadar Tertinggi Diperkenankan (Ceiling)
1.	Seluruh Tubuh (tempat kerja umum)	2T
2.	Seluruh Tubuh (pekerja khusus dan lingkungan kerja yang terkontrol)	8T
3.	Anggota gerak (Limbs)	20T
4.	Penggunaan peralatan medis elektronik	0,5T

Keterangan: mT (mili Tesla)

(Sumber : Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 05 Tahun 2018)

3.7 Radiasi

Radiasi pada dasarnya adalah suatu cara perambatan energi dari sumber energi ke lingkungannya tanpa membutuhkan medium. Pada umumnya, istilah radiasi sering digunakan untuk menyatakan radiasi pengion. Biasanya digunakan untuk hal-hal yang berkaitan dengan senjata nuklir, reaktor nuklir, atau zat radioaktif.

Radiasi yang akan dibahas adalah radiasi yang berasal dari proses fisika yang terjadi di dalam atom. Radiasi pengion sendiri didefinisikan sebagai proses emisi atau pancaran energi dari suatu medium atau ruang dan menimbulkan ionisasi pada medium yang dilewatinya. Ionisasi terjadi karena radiasi menyebabkan lepasnya elektron dari orbitnya dan menyisakan atom yang kemudian menjadi bermuatan positif. Radiasi pengion yang dihasilkan oleh atom yang memiliki inti tidak stabil sehingga inti akan meluruh (*disintergrate*) secara spontan dengan melepaskan sejumlah energi menjadi produk atom yang lebih stabil. Unsur yang mempunyai inti atom tidak stabil disebut dengan unsur radioaktif dan proses peluruhannya disebut dengan peluruhan radioaktif (*radioactive decay*), dalam setiap proses peluruhan akan dipancarkan radiasi (Rachmatiah Indah, 2015).

Menurut STTN BATAN (2007) bila ketidakstabilan inti disebabkan karena komposisi jumlah proton dan neutron yang tidak seimbang, maka inti tersebut akan berubah dengan memancarkan radiasi alpha (α) atau radiasi beta (β). Sedangkan kalau ketidakstabilannya disebabkan karena tingkat energinya yang tidak berada pada keadaan dasar, maka akan berubah dengan memancarkan radiasi gamma (γ). Jenis peluruhan atau jenis radiasi yang dipancarkan dari suatu proses peluruhan ditentukan dari posisi yang tidak stabil tersebut dalam diagram N-Z.

- **Sifat Radiasi Alpha**

- a. Daya ionisasi partikel alpha sangat besar, kurang lebih 100 kali daya ionisasi partikel beta dan 10.000 kali daya ionisasi sinar gamma.
- b. Jarak jangkauan (tembus) sangat pendek, hanya beberapa mm udara, bergantung pada energinya.
- c. Partikel alpha akan dibelokkan jika melewati medan magnet atau medan listrik.
- d. Kecepatan partikel alpha bervariasi antara 1/100 hingga 1/10 kecepatan cahaya.

- **Sifat Radiasi Beta**

- a. Daya ionisasinya di udara 1/100 kali dari partikel alpha.
- b. Jarak jangkauannya lebih jauh daripada partikel alpha, di udara dapat beberapa cm.
- c. Kecepatan partikel beta berkisar antara 1/100 hingga 99/100 kecepatan cahaya.
- d. Karena sangat ringan, maka partikel beta mudah sekali dihamburkan jika melewati medium.
- e. Partikel beta akan dibelokkan jika melewati medan magnet atau medan listrik.
- f. Energi partikel beta rata-rata = 1/3 energi beta maksimum.

- **Sifat Radiasi Gamma**

Berbeda dengan dua jenis peluruhan sebelumnya, peluruhan gamma tidak menyebabkan perubahan nomor atom maupun nomor massa, karena radiasi yang dipancarkan dalam peluruhan ini berupa gelombang elektromagnetik (foton).

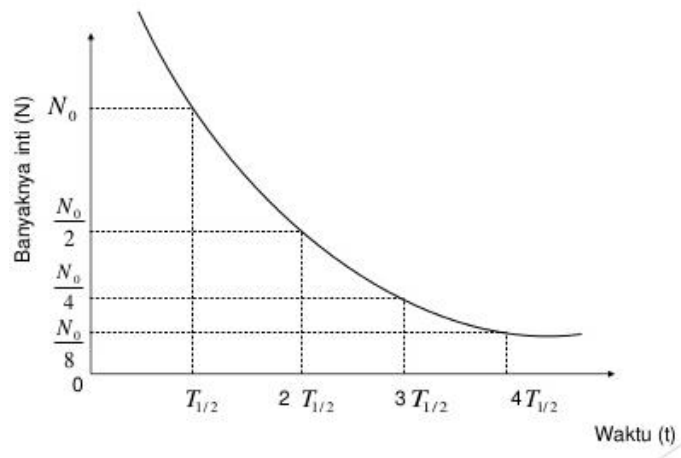
- a. Sinar gamma dipancarkan oleh nuklida tereksitasi (isomer) dengan panjang gelombang antara 0,005 Å hingga 0,5 Å.
- b. Daya ionisasi di dalam medium dangat kecil sehingga daya tembusnya sangat besar bila dibandingkan dengan daya tembus partikel alpha dan beta.
- c. Karena tidak bermuatan, sinar gamma tidak dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet.

3.7.1 Radioaktivitas

Sejak tahun 1976 dalam satuan internasional (SI) aktivitas radiasi dinyatakan dalam satuan Becquerel (Bq) yang didefinisikan sebagai:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ peluruhan per detik}$$

Sebelum itu digunakan satuan Curie (Ci) untuk menyatakan aktivitas radiasi atau kuantitas dari nuklida radioaktif dimana $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10}$ peluruhan perdetik, sehingga 1 Ci sama dengan $3,7 \times 10^{10}$ Bq. Aktivitas atau radioaktivitas merupakan suatu parameter radiasi yang menyatakan laju peluruhan unsur radioaktif. Laju peluruhan atau aktivitas unsur radioaktif sebanding dengan jumlah inti atom yang tidak stabil dan berubah secara eksponensial sesuai dengan waktu (Rachmatiah Indah, 2015).



Gambar 3.1 Grafik Fungsi Perubahan Aktivitas terhadap Waktu

(Sumber: Rachmatiah Indah, 2015)

Grafik diatas menggambarkan waktu paro ($T_{1/2}$) didefinisikan sebagai selang waktu yang dibutuhkan agar aktivitas suatu radioaktif menjadi separuhnya. Setiap radionuklida mempunyai waktu paro yang berbeda dan tetap. Contoh waktu paro radionuklida utama dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Waktu Paro Radionuklida Utama

Inti	Waktu Paro
H-3	12,33 tahun
C-14	5730 tahun
K-40	$1,28 \times 10^9$ tahun
Co-60	5,27 tahun
Sr-90	28,79 tahun
Mo-99	65,94 jam
Tc-99m	6,01 jam
I-129	$1,57 \times 10^7$ tahun
I-131	8,02 hari
Cs-137	30,07 tahun
Ra-226	1600 tahun
U-238	$4,47 \times 10^9$ tahun
Pu-239	$2,41 \times 10^4$ tahun

(Sumber: batan.go.id, 2019)

3.7.2 Efek Radiasi

Menurut Rachmatiah Indah (2015) perbedaan yang paling dasar antara radiasi pengion dan radiasi lainnya (panas dan cahaya) ialah bahwa radiasi pengion mempunyai kemampuan untuk mengionisasi. Efek radiasi yang muncul pada tubuh manusia merupakan akibat kerusakan individu sel, dengan pembentukan senyawa kimia yang merusak material kromosom dalam inti sel terjadi perubahan bentuk, susunan dan fungsi sel. Dalam tubuh manusia akibat radiasi akan muncul dalam jangka waktu panjang seperti; kanker, efek radiasi terhadap tubuh manusia dibedakan ke dalam dua kelompok besar yaitu non-stokastik dan stokastik.

Efek nonstokastik juga sering disebut sebagai efek deterministik (reaksi jaringan yang berbahaya) yaitu sebagian besar sel jaringan mengalami kematian atau fungsi sel rusak karena dosis radiasi tinggi atau yang didefinisikan sebagai efek yang dapat terlihat dalam beberapa jam sampai beberapa minggu setelah terjadi paparan radiasi. Dosis serap akut sebesar 1 Gy dapat menyebabkan efek radiasi yang terjadi karena kerusakan mayor pada populasi sel dalam sejumlah organ akibat matinya sel dan kegagalan/keterlambatan pembelahan sel seperti; kerusakan sumsum tulang, kerusakan saluran pencernaan, kerusakan sistem saraf dan otot, katarak, cacat janin dsb. Pada dosis serap sebesar 2 Gy dimana dosis ambang untuk radiasi gamma dan beta, dapat terjadi kematian pada manusia 10-15 hari setelah paparan. Dosis yang dapat menyebabkan efek nonstokastik hanya dapat diterima saat terjadi kecelakaan nuklir, meskipun demikian dosis rendah yang diterima dapat menyebabkan efek yang merugikan dalam jangka waktu panjang.

Efek stokastik merupakan efek yang bersifat probabilistik efek ini dapat muncul atau tidak muncul pada individu yang terpapar radiasi. Efek ini dapat terlihat beberapa tahun setelah terjadinya paparan radiasi, karakteristik utama dari efek ini adalah tidak ada dosis ambang, probabilitas timbulnya efek meningkat dengan meningkatnya dosis radiasi, efek ini tidak dapat secara pasti dikaitkan dengan paparan radiasi. Efek stokastik banyak dikaitkan dengan risiko terkena penyakit kanker, dimana radiasi pengion dapat mempengaruhi laju mutasi sel atau efek genetik.

Energi radiasi pengion yang diterima jaringan atau organ dapat mengakibatkan perubahan pada molekul, kerusakan pada elemen selulardan gangguan fungsi atau kematian sel. Radiasi pengion menjadikan atom dan molekul tersebut terionisasi dan menyebabkan SB (016 BATAN:2014):

1. Terbentuknya radikal bebas.
2. Terpecahnya ikatan kimia.
3. Terbentuknya ikatan kimia baru dan ikatan silang antar molekul
4. Kerusakan molekul yang sangat berperan dalam proses di dalam tubuh (seperti DNA, RNA, dan protein).

Sel-sel yang telah rusak pada tingkat kerusakan tertentu dapat mengalami perbaikan, misalnya pada dosis rendah sebagaimana yang kita terima dari dosis radiasi latar, kerusakan selular dapat segera diperbaiki. Namun pada tingkat dosis yang lebih tinggi, dapat terjadi kematian sel bahkan pada dosis yang sangat tinggi sel tidak dapat tergantikan, jaringan menjadi rusak dan organ tidak berfungsi.

Bahan radioaktif dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui pernafasan, pencernaan, dan penyerapan oleh kulit dimana salah satu sifat radioaktif sukar larut. Laju peluruhan bahan radioaktif bergantung pada waktu paruh yang sangat bervariasi sesuai dengan karakteristik kimia dari bahan radioaktif. Selain membahayakan kesehatan karena sifat radiasinya, bahan radioaktif juga berbahaya karena sifat toksiknya secara kimia yang digolongkan ke dalam 4 kelas.

Tabel 2.6 Toksisitas Isotop Radioaktif

Golongan	Toksisitas	Contoh Radionuklida
1	Radiotoksisitas sangat tinggi	Pb-210, Po-210, Ra-226, Th-228, U-233, Pu-239, Am-241, dst.
2	Radiotoksisitas tinggi	Na-22, Co-66, Sr-90, Y-91, Cd-115m, I-131, Cs-134, Cs-137, Ba-140, TI-204 dst.
3	Radiotoksisitas sedang	Be-7, C-14, P-32, S-35, Ar-41, Cr-51, Fe-59, Zn-65, As-73, Sr-85, Y-90 dst.
4	Radiotoksisitas rendah	H-3, Ni-59, Kr-85, U-238 dst.

(Sumber: Rachmatiah Indah, 2015)

3.7.3 Perbandingan dengan Standar

Menurut Keputusan Kepala BAPETEN No 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, Keselamatan radiasi dimaksudkan sebagai usaha untuk melindungi seseorang, keturunannya, dan juga anggota masyarakat secara keseluruhan terhadap kemungkinan terjadinya akibat biologi yang merugikan dari radiasi. Akibat ini disebut somatik apabila dialami oleh seseorang, dan genetik apabila dialami oleh keturunannya. Apabila peluang terjadinya suatu akibat tidak memerlukan dosis ambang dan sebagai fungsi dosis yang menyebabkannya, akibat itu disebut sebagai stokastik. Sebaliknya, bila tingkat keparahan suatu akibat bergantung pada dosis dan pemunculan pertamanya memerlukan dosis ambang, akibat ini disebut non stokastik.

Tujuan keselamatan radiasi dengan demikian adalah:

- 1) Membatasi peluang terjadinya akibat stokastik atau risiko akibat pemakaian radiasi yang dapat diterima oleh masyarakat.
- 2) Mencegah terjadinya akibat non-stokastik dari radiasi yang membahayakan seseorang.

Pembatasan akibat stokastik dapat dicapai dengan cara mengusahakan agar semua penyinaran dibuat serendah mungkin. Pencegahan akibat non-stokastik akan tercapai dengan menetapkan nilai batas dosis pada harga yang cukup rendah. Nilai batas yang ditetapkan hanya didasarkan pada penyinaran dalam keadaan normal.

Dosis serap atau dosis absorpsi adalah ukuran deposisi energi dari radiasi pengion pada setiap medium yang dilewatinya, dalam standar internasional dosis serap dinyatakan dalam gray (Gy) dimana $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/Kg} = 1 \text{ rad}$. Namun, dalam sistem biologi tidak dapat diterapkan karena memiliki derajat kerusakan yang berbeda akibat radiasi dengan dosis yang sama dari jenis radiasi berbeda. Perbedaan efek radiobiologik harus diperhitungkan untuk memperoleh dosis efektif biologik total atau dosis ekuivalen. Ukuran atau besaran dosis radiasi yang diterima oleh makhluk hidup, manusia. Dalam sistem standar satuan internasional, satuan yang digunakan adalah sievert atau Sv. Maka hubungan antara keduanya dinyatakan dalam $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ (Rachmatiah Indah, 2015).

Nilai Batas Dosis yang ditetapkan ini dimaksudkan sebagai dasar untuk merancang prosedur kerja, mendisain sistem proteksi yang diinginkan, untuk menentukan efisiensi tindakan proteksi dan cara kerja, serta untuk menentukan luas dan sifat tindakan kesehatan yang perlu diberikan kepada seseorang. Nilai Batas Dosis yang ditetapkan dalam ketentuan ini adalah penerimaan dosis yang tidak boleh dilampaui oleh seseorang pekerja radiasi selama jangka waktu setahun, tidak bergantung pada laju dosis, baik dari penyinaran eksterna maupun interna, tetapi tidak termasuk penerimaan dosis dari penyinaran medis dan penyinaran alam. Berikut nilai batas dosis internal sesuai dengan Keputusan Kepala BAPETEN No 01/Ka-BAPETEN/V-99.

1. NBD untuk penyinaran seluruh tubuh NBD untuk pekerja radiasi/mahasiswa/pekerja magang yang memperoleh penyinaran seluruh tubuh ditetapkan 50 mSv per tahun.
2. NBD untuk wanita dalam usia subur Batas tertinggi penerimaan dosis pada abdomen pekerja radiasi wanita dalam usia subur ditetapkan tidak lebih dari 13 mSv dalam jangka waktu 13 minggu dan tidak melebihi NBD untuk pekerja radiasi.
3. NBD untuk Wanita Hamil Segera setelah seseorang pekerja wanita dinyatakan mengandung harus dilakukan pengaturan agar dalam melaksanakan tugasnya jumlah penerimaan dosis pada janin, terhitung sejak dinyatakan mengandung hingga saat melahirkan, diusahakan serendahrendahnya dan sama sekali tidak boleh melebihi 10 mSv Umumnya, NBD ini dicapai dengan mempekerjakan mereka pada kondisi kerja yang sesuai.
4. Untuk siswa yang melakukan kerja praktik berusia 16-18 tahun, NBD 0,3NBD pekerja radiasi. Untuk siswa dibawah umur 16 tahun, NBD 0,1 NBD masyarakat umum yaitu 0,5 mSv/tahun.
5. Untuk masyarakat umum, NBD sebesar 5 mSv/tahun.

Menurut Rachmatiah Indah (2015) berkaitan dengan bahaya radiasi intenal yang diakibatkan oleh masuknya bahan radioaktif ke dalam tubuh, dibuat suatu batasan masukan tahunan yang dinyatakan sebagai *annual limit of intake* (ALI), yang didefinisikan sebagai jumlah radionuklida dalam Bq yang ditentukan sedemikian sehingga jumlah risiko efek skotastik dari dosis terhadap berbagai organ tubuh pada periode 50 tahun setelah kontaminasi tubuh tidak melebihi batas tahunan yaitu sebesar 50 mSv.

3.7.4 Alat Ukur Radiasi

Menurut STTN BATAN (2007) sebagaimana sifatnya yang tidak dapat terlihat dan dirasakan oleh panca indera manusia, untuk menentukan radiasi nuklir diperlukan suatu susunan peralatan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi, baik secara kuantitas, energi, intensitas dan dosisnya.

Kuantitas radiasi merupakan banyaknya radiasi per satuan waktu per satuan luas pada suatu titik pengukuran. Energi radiasi merupakan kekuatan dari setiap radiasi yang dipancarkan tergantung pada jenis radionuklida nya dan dinyatakan dalam (kV atau keV). Intensitas radiasi adalah energi per satuan waktu per satuan luas atau dengan kata lain intensitas merupakan perkalian antara kuantitas dan energi. Dosis radiasi menggambarkan tingkat perubahan atau kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh radiasi. Nilai dosis ini sangat ditentukan oleh intensitas radiasi, jenis radiasi dan jenis bahan penyerap, bisa juga dijelaskan sebagai jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi atau jumlah energi yang diserap atau diterima oleh materi.

Penggunaan alat ukur radiasi dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu untuk kegiatan proteksi radiasi dan untuk kegiatan aplikasi atau penelitian radiasi nuklir. Alat ukur radiasi yang digunakan harus dapat menunjukkan nilai intensitas atau dosis radiasi sehingga seorang pekerja radiasi dapat langsung mengambil tindakan tertentu setelah membaca alat ukur yang digunakannya. Sedangkan alat ukur yang digunakan di bidang aplikasi atau penelitian dapat menampilkan nilai kuantitas radiasi atau spektrum energi radiasi yang memasukinya.

Alat ukur radiasi selalu terdiri atas dua bagian utama yaitu detektor dan peralatan penunjang. Detektor merupakan suatu bahan yang peka terhadap radiasi yang bila terkena radiasi akan menghasilkan suatu tanggapan (*response*) tertentu, sedangkan peralatan penunjang yang biasa merupakan peralatan elektronik berfungsi untuk mengolah tanggapan detektor menjadi suatu informasi yang dapat diamati serta diolah menjadi informasi yang berarti. Alat proteksi radiasi ini dibedakan menjadi tiga yaitu kelompok dosimeter perorangan, monitor area dan monitor kontaminasi.

- **Dosimeter Perorangan**

Alat ini digunakan untuk mengukur dosis radiasi secara akumulasi, dosimeter perseorangan ringan dan berukuran kecil. Digunakan oleh setiap pekerja radiasi yang bekerja di medan radiasi. Terdapat tiga macam dosimeter perseorangan yang banyak digunakan yaitu dosimeter saku (*pen/pocket dosemeter*), *film badge*, *Thermoluminisence Dosemeter* (TLD).

Dari tiga jenis dosimeter, dosimeter saku merupakan dosimeter yang dapat dibaca langsung dimana dapat mengetahui dosis yang diterima setelah menyelesaikan pekerjaannya. Sedangkan *film badge* dan TLD memerlukan suatu proses sehingga pengukurannya tidak dapat diketahui secara langsung, untuk mengetahui dosis yang diterimanya dengan pembacaan alat berkala misalnya, selama satu bulan. Pekerja radiasi yang bekerja di daerah radiasi tinggi dianjurkan menggunakan dua dosimeter yaitu dosimeter saku dan *film badge*/TLD.

- **Monitor Area**

Monitor area dapat dibedakan menjadi monitor area yang bersifat portable dan menetap (*stationary*). Monitor yang bersifat portable yaitu disebut *surveimeter*, digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi di tempat kerja sehingga sebelum memulai kegiatan, setiap pekerja dapat memperkirakan jumlah radiasi yang akan diterimanya. Monitor yang bersifat menetap digunakan untuk mengukur tingkat dosis radiasi suatu lokasi tertentu (seperti; ruang kerja, laboratorium, tempat penyimpanan sumber dsb) secara terus menerus yang biasanya dibandingkan dengan suatu nilai batas dosis yang telah ditentukan.

- **Monitor Kontaminasi**

Kontaminasi merupakan suatu masalah yang sangat berbahaya, terutama apabila sampai terjadi dalam tubuh. Kontaminasi sangat mudah terjadi kalau bekerja dengan sumber radiasi terbuka, misalnya berbentuk cair, serbuk atau gas. Jika intensitas radiasi yang dipancarkan oleh sesuatu yang telah terkontaminasi sangat rendah, maka alat ukur harus memancarkan efisiensi pencacahan yang sangat tinggi. Tampilan dari monitor kontaminasi menunjukkan kuantitas radiasi (laju cacah) seperti cacah per menit atau per detik, nilai harus dikonversikan menjadi satuan aktivitas radiasi yaitu *Currie* atau *Becquerel* (Bq).

3.7.5 Pengendalian Bahaya Radiasi

Pengendalian bahaya radiasi juga dilakukan dengan membatasi paparan radiasi agar dosis yang diterima tidak melebihi batas yang diizinkan, pengendalian yang dilakukan menggunakan prinsip waktu, jarak dan perisai (Rachmatiah Indah, 2015).

- **Waktu**

Waktu merupakan prinsip pengendalian radiasi yang paling mudah diterapkan, dosis radiasi yang terakumulasi pada seseorang yang bekerja di suatu area radiasi dengan laju dosis tertentu secara langsung berbanding lurus dengan jumlah yang dihabiskan ditempat tersebut. Apabila bekerja pada area dengan laju dosis radiasi tinggi, pekerja harus efisien dalam menyelesaikan pekerjaannya.

- **Jarak**

Jarak juga merupakan prinsip pengendalian radiasi yang relatif mudah diaplikasikan, suatu sumber radiasi memancarkan radiasi secara seragam ke segala arah. Fluks partikel radiasi pada jarak r dari titik sumber radiasi asumsi sumber sebagai titik berbanding terbalik secara proporsional dengan kuadrat jarak r . Karena dosis radiasi secara langsung berkaitan dengan fluks, dosis radiasi juga berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.

- **Perisai**

Perisai (*shielding*) jumlah atau banyaknya yang diperlukan bergantung pada jenis radiasi, aktivitas sumber radiasi, dan laju dosis yang diterima.

Ketebalan perisai yang dibutuhkan bergantung pada jenis radiasi, aktivitas sumber dan laju dosis yang dikehendaki di luar atau di balik bahan pelindung. Pengurangan laju dosis berbanding secara eksponensial dengan ketebalan bahan perisai. Metode ini menghasilkan kondisi kerja yang lebih aman. Partikel alpha sangat mudah diserap, selembar kertas dapat menghentikan partikel alpha. Radiasi beta mempunyai daya tembus lebih besar dari pada radiasi alpha, radiasi beta memerlukan perisai lebih tebal kurang lebih 10 mm seperti: plastik. Selain dilakukan pengendalian bahaya radiasi internal dengan membatasi dosis, pengendalian secara eksternal juga dilakukan dengan cara membatasi konsentrasi lepasan bahan radioaktif ke udara dan mebatasi tingkat kontaminasi ke permukaan. Untuk radiasi gamma, bahan padat seperti timbal (Pb) dan baja adalah paling efektif maka bahan ini banyak digunakan dalam desain bungkusan.

Tabel 2.7 NBL untuk Kontaminasi Permukaan

Nuklida Toksisitas Tinggi	Nuklida Toksisitas Sedang	Nuklida Toksisitas Rendah
$3 \times 10^3 \text{ Bq/m}^2$	$3 \times 10^4 \text{ Bq/m}^2$	$3 \times 10^5 \text{ Bq/m}^2 - 3 \times 10^6 \text{ Bq/m}^2$
$(8 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cm}^2)$	$(8 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/cm}^2)$	$8 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cm}^2 - (8 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cm}^2)$ bergantung pada toksisitas

(Sumber: Rachmatiah Indah, 2015)

3.7.6 Pengelolaan Limbah Radioaktif

Menurut *International Atomic Energy Agency* (IAEA), limbah radioaktif adalah semua bahan yang sudah tidak dipakai lagi yang mengandung atau terkontaminasi radionuklida dengan konsentrasi atau tingkat radioaktivitas melebihi jumlah yang telah ditentukan oleh badan yang berwenang. Karakteristik radioaktivitas dalam limbah tidak dapat dimusnahkan atau dihilangkan akan berkurang seiring dengan peluruhan radionuklidanya, untuk limbah radioaktif yang waktu peluruhannya cukup panjang diperlukan pengelolaan lebih lanjut (Rachmatiah Indah, 2015).

Limbah radioaktif harus dikelola agar tidak membahayakan manusia dan lingkungan. Pengelolaan limbah radioaktif harus dilakukan dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, aspek teknis berupa pengurangan volume dan aktivitas limbah radioaktif serta aspek ekonomis (STTN BATAN, 2007).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2002 Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, limbah radioaktif adalah zat radioaktif dan atau bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan radiasi pengion yang tidak dapat digunakan lagi. Pengolahan limbah radioaktif adalah proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah radioaktif sehingga apabila disimpan dan atau dibuang tidak membahayakan masyarakat dan lingkungan hidup. Didukung dengan pengelolaan lingkungan hidup upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup.

Pengelolaan limbah radioaktif adalah pengumpulan/penampungan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan sementara dan lestari, dan atau pembuangan limbah radioaktif. Limbah yang mempunyai tingkat radioaktivitas rendah dan waktu paruh pendek tidak memerlukan pengolahan, limbah dapat disimpan sementara untuk dibiarkan meluruh dan selanjutnya dapat dilepas ke lingkungan setelah radioaktivitasnya di bawah nilai tertinggi yang diizinkan. Dengan penghasil limbah radioaktif harus menyediakan tempat penampungan sesuai dengan volume dan karakteristik limbah radioaktif dan harus mempunyai peralatan yang dapat digunakan untuk mendeteksi limbah radioaktif. Pelaksanaan pengelolaan limbah radioaktif dapat disederhanakan apabila tahap penampungan limbah sudah dilakukan dengan baik, dengan demikian limbah yang sederhana sifatnya tidak tercampur dengan limbah yang lebih kompleks. Pengolahan limbah radioaktif dilakukan agar sesudah dibuang limbah tidak menimbulkan bahaya bagi manusia dan lingkungan (STTN BATAN, 2007).

3.7.6.1 Pengumpulan dan Pengelompokan

Menurut Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif pengumpulan limbah radioaktif harus diatur berdasarkan klasifikasi dan karakterisasi limbah radioaktif dengan dilakukan pengelompokan menurut aktivitas, waktu paro, jenis radiasi, bentuk dan sifat fisis kimia, sifat racun dan asal limbah radioaktif.

Umumnya limbah radioaktif dikelompokkan berdasarkan tingkat radioaktivitasnya, yaitu limbah tingkat rendah (LTR), tingkat sedang (LTS), dan tingkat tinggi (LTT). Sistem dan pengelompokan limbah di tiap negara berbeda-beda sesuai dengan tuntutan keselamatan atau peraturan yang berlaku (Rachmatiah Indah, 2015).

3.7.6.2 Pengolahan

Pengolah limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang dapat dilakukan oleh penghasil limbah atau dapat diserahkan ke Badan Pelaksana. Limbah radioaktif tingkat tinggi dilarang diolah oleh penghasil limbah radioaktif, penghasil hanya wajib menyimpan sementara. Pengolah limbah harus memiliki persyaratan sekurang-kurangnya (STTN BATAN, 2007):

1. Mempunyai program dan melakukan pengelolaan dan pemantauan lingkungan secara berkala.
2. Melakukan analisis limbah secara lengkap untuk menentukan metode pengolahan yang tepat.
3. Memiliki sistem proteksi,
4. Menggunakan unit pengolah yang sesuai dengan metode pengolahan.
5. Mempunyai tempat penampungan sementara limbah radioaktif.

Ada 3 (tiga) prinsip pengolahan yang dapat dilakukan (STTN BATAN, 2007):

1. Pengenceran dan pembauran (*Dilute and Disperse*) untuk limbah padat, cair dan gas tingkat rendah.
2. Penangguhan dan peluruhan (*Delay and Decay*) untuk limbah padat, cair dan gas dengan waktu paro pendek.
3. Pengkonsentrasian dan pengungkungan (*Concentration and Contain*) untuk limbah padat, cair dan gas tingkat menengah dan tinggi.

Pengolahan limbah bertujuan untuk mereduksi volume dan mengondisikan limbah agar dalam penanganan selanjutnya aman bagi pekerja radiasi, anggota masyarakat dan lingkungan hidup. Reduksi volume limbah disesuaikan dengan bentuk fisik limbah (Rachmatiah Indah,2015):

1. Limbah radioaktif gas atau aerosol, dilepas ke atmosfer setelah radioaktivitas limbah dikurangi dengan cara filtrasi untuk menghilangkan partikulat radionuklida, adsorpsi untuk mengurangi radioaktivitas gas, dan dispersi melalui cerobong.
2. Limbah radioaktif cair, reduksi volume dilakukan dengan mengubah bentuk fisik menjadi limbah padat sehingga mobilitasnya rendah. Beberapa cara dilakukan seperti penguapan, pengendapan secara kimia, dan *ion exchange* (pertukaran ion).
3. Limbah radioaktif padat, reduksi volume dilakukan dengan cara insenerasi (pembakaran) untuk limbah padat yang dapat terbakar dan masuk kedalam kategori LTR, sedangkan untuk limbah padat yang tidak dapat terbakar reduksi volume dilakukan dengan cara kompaksi.

Limbah yang telah mengalami reduksi volume selanjutnya dikondisikan dalam matriks penyimpanan beton, aspal, gelas, keramik, dan matriks lainnya agar radionuklida yang terkandung dapat terikat dalam matriks tidak mudah terlindi dalam waktu relatif lama dan disimpan secara lestari di lingkungan.

3.7.6.3 Penyimpanan Sementara

Telah banyak diimplementasikan negara industri nuklir, teknologi pengolahan dan *disposal* limbah radioaktif tingkat rendah (LTR) dan tingkat sedang (LTS) setelah direduksi volumenya dan dikondisikan akan disimpan di tempat penyimpanan sementara (*interim storage*) berada dalam keadaan aman dan terkendali. Untuk kebijakan pengelolaan limbah tingkat tinggi (LTT) setiap negara masih berubah-ubah dan berbeda-beda. Beberapa negara melakukan pilihan olah-ulang atau daur tertutup sekaligus mereduksi volumenya, LTT juga dilihat sebagai limbah daur-terbuka dimana mendisposalnya dalam formasi geologi tanah dalam (*deep repository*) (Rachmatiah Indah,2015).

3.7.6.4 Penyimpanan Lestari

Penyimpanan lestari limbah radioaktif mempunyai potensi meningkatkan terimaan dosis terhadap anggota masyarakat dan dosis maksimal yang diakibatkannya tidak boleh melebihi batas dosis yang diperkenankan. Pengoperasian fasilitas penyimpanan lestari ini harus mendapat izin lokasi, konstruksi dan operasi dari badan pengawas. Lokasi fasilitas mengacu pada proses seleksi yang direkomendasikan oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA). Faktor-faktor yang dipertimbangkan antaranya, faktor geologi, hidrogeologi, geokimia, tektonik dan kegempaan, berbagai kegiatan di sekitar lokasi, perlindungan lingkungan hidup dan faktor sosial isu selama fase awal proses pemilihan lokasi perlu dilakukan dengan seksama.

3.7.6.5 Pengangkutan Zat Radioaktif

Selain memenuhi Peraturan Pemerintah No. 58 Tahun 2015 Tentang Keselamatan dan Keamanan Dalam Pengangkutan Zat Radioaktif dan SK BAPETEN No. 04/Ka.Bapeten/V-99, setiap pengangkutan zat radioaktif harus memenuhi ketentuan umum lain yang mengatur pengangkutan dan termasuk untuk barang yang mempunyai sifat lain yang berbahaya (B3).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 58 Tahun 2015 Tentang Keselamatan dan Keamanan Dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, keselamatan radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi selama pengangkutan zat radioaktif. Pengangkutan zat radioaktif adalah pemindahan zat radioaktif yang memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan teknis keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif, dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan lalu lintas umum, dengan menggunakan sarana angkutan darat, air, atau udara. Benda terkontaminasi permukaan adalah benda padat yang tidak radioaktif tetapi terdapat zat radioaktif yang tersebar pada permukaan dalam jumlah yang melebihi $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ (nol koma empat Becquerel per sentimeter persegi) untuk pemancar beta, gamma, dan pemancar alfa toksisitas rendah, atau $0,04 \text{ Bq/cm}^2$ (nol koma nol empat Becquerel persentimeter persegi) untuk pemancar alfa lainnya.

Selain itu menurut STTN BATAN (2007) mengingat potensi bahaya radiasi yang ditimbulkannya, maka pengangkutan zat radioaktif dilakukan dengan memenuhi ketentuan umum meliputi perizinan, kewajiban dan tanggung jawab, pembungkusan, program proteksi radiasi, program jaminan kualitas, jenis dan batas aktivitas zat radioaktif, penanggulangan keadaan darurat dan sanksi administratif.


3.8 Fasilitas-fasilitas Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)




3.8.1 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri selanjutnya disingkat APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. Pekerja/buruh dan orang lain yang memasuki tempat kerja wajib memakai atau menggunakan APD sesuai dengan potensi bahaya dan risiko. Pengusaha wajib menyediakan APD bagi pekerja/buruh di tempat kerja. APD sebagaimana dimaksud pada harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau standar yang berlaku (Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No.8/2010).

Fungsi dan Jenis Alat Pelindung Diri (APD) sebagai berikut:

Tabel 2.8 Fungsi dan Jenis Alat Pelindung Diri (APD)

APD	Fungsi	Jenis
Alat pelindung kepala 	Alat pelindung kepala adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia, jasad renik (mikro organisme) dan suhu yang ekstrim.	Jenis alat pelindung kepala terdiri dari helm pengaman (<i>safety helmet</i>), topi atau tudung kepala, penutup atau pengaman rambut, dan lain-lain.

APD	Fungsi	Jenis
Alat pelindung mata dan muka 	Alat pelindung mata dan muka adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara dan di badan air, percikan benda-benda kecil, panas, atau uap panas, radiasi gelombang elektromagnetik yang mengion maupun yang tidak mengion, pancaran cahaya, benturan atau pukulan benda keras atau benda tajam.	Jenis alat pelindung mata dan muka terdiri dari kacamata pengaman (<i>spectacles</i>), goggles, tameng muka (<i>face shield</i>), masker selam, tameng muka dan kacamata pengaman dalam kesatuan (<i>full face masker</i>).
Alat pelindung telinga 	Alat pelindung telinga adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau tekanan.	Jenis alat pelindung telinga terdiri dari sumbat telinga (<i>ear plug</i>) dan penutup telinga (<i>ear muff</i>).
Alat pelindung pernapasan beserta perlengkapannya 	Alat pelindung pernapasan beserta perlengkapannya adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring cemaran bahan kimia, mikro-organisme, partikel yang berupa debu, kabut (<i>aerosol</i>), uap, asap, gas/ fume, dan sebagainya.	Jenis alat pelindung pernapasan dan perlengkapannya terdiri dari masker, respirator, katrit, kanister, tangki selam dan regulator dsb.

APD	Fungsi	Jenis
Alat pelindung tangan 	Pelindung tangan (sarung tangan) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari pajanan api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mengion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat patogen (virus, bakteri) dan jasad renik.	Jenis pelindung tangan terdiri dari sarung tangan yang terbuat dari logam, kulit, kain kanvas, kain atau kain berpelapis, karet, dan sarung tangan yang tahan bahan kimia.
Alat pelindung kaki 	Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, terkena bahan kimia berbahaya dan jasad renik, tergelincir.	Jenis Pelindung kaki berupa sepatu keselamatan pada pekerjaan peleburan, pengecoran logam, industri, konstruksi bangunan, pekerjaan yang berpotensi bahaya peledakan, bahaya listrik, tempat kerja yang basah atau licin, bahan kimia dan jasad renik, dan/atau bahaya binatang dan lain-lain.

APD	Fungsi	Jenis
Pakaian pelindung 	Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, pajanan api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan (<i>impact</i>) dengan mesin, peralatan dan bahan, tergores, radiasi, binatang, mikro-organisme patogen dari manusia, binatang, tumbuhan dan lingkungan seperti virus, bakteri dan jamur.	Jenis pakaian pelindung terdiri dari rompi (<i>Vests</i>), celemek(<i>Apron/Coveralls</i>) Jacket, dan pakaian pelindung yang menutupi sebagian atau seluruh bagian badan.

(Sumber: PerMen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No.8 Tahun 2010)

3.8.2 Rambu Keselamatan (*Safety Sign*)

Salah satu penyebab tingginya angka kecelakaan kerja adalah masih banyak pekerja yang mengabaikan rambu kesehatan dan keselamatan kerja (K3) atau perusahaan tidak memasang rambu K3 sesuai standar yang berlaku. Padahal, peran rambu K3 ini sangat membantu perusahaan untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan PAK (Penyakit Akibat Kerja), sehingga perusahaan pun dapat menciptakan *zero accident* di area kerja. Para ahli K3 menyadari bahwa perusahaan harus menyampaikan komunikasi K3 secara efektif untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman. Rambu K3 memainkan peranan penting untuk mencapai tujuan tersebut. Media visual tersebut berguna untuk:

- Mengingatkan pekerja dari potensi bahaya dan bagaimana menghindari bahaya yang terdapat di area kerja.
- Memberi petunjuk ke lokasi tempat penyimpanan peralatan darurat.
- Membantu pekerja atau penghuni gedung lainnya saat proses evakuasi dalam keadaan darurat.

- Poin plus saat audit K3, membantu perusahaan untuk mendapatkan sertifikasi ISO, OHSAS, dll.

Semua proyek harus membuat papan informasi K3 yang berisi kinerja K3 dan informasi K3 lainnya, papan informasi pekerjaan dan potensi bahaya pada setiap lokasi kerja, memasang rambu dan banner sesuai dengan potensi bahaya pada lokasi kerja. Berikut ketentuan papan informasi (SCBD, 2017):

1. Tempatkan papan informasi pada lokasi yang mudah terlihat.
2. Hanya pekerjaan mayor atau yang memiliki risiko tinggi dan dapat dibuat dalam bentuk peta yang dimutakhirkan.
3. Menjelaskan semua alat berat yang digunakan, lisensi operator dan sertifikat alat serta nama penanggung jawab. Lisensi dan sertifikat adalah wajib, alat yang tidak memiliki sertifikat dan operator yang tidak memiliki lisensi dilarang beroperasi dan selalu dimutakhirkan.
4. Alur proses prosedur kerja aman setiap item pekerjaan, semua dibuat dalam bentuk alur proses dilengkapi dengan penjelasan pengendalian K3 dan dimutakhirkan setiap hari.
5. Alur proses tanggap darurat dan no. Telepon penting dimutakhirkan setiap ada perubahan.
6. Rambu keadaan darurat sebagai petunjuk apabila keadaan darurat terjadi atau menunjukkan lokasi fasilitas pelayanan darurat. Rambu dinyatakan dengan warna dasar hijau dan tulisan putih. Rambu dipasang pada lokasi yang sesuai. Rambu titik berkumpul dipasang di lokasi titik kumpul yang sudah ditentukan pada lokasi yang aman.
7. Harus dipasang spanduk dan poster yang sesuai dengan kebutuhan dan sifat spanduk dan poster. Ukuran dan jumlah spanduk dan poster disesuaikan dengan kebutuhan dan lokasi. Spanduk dan rambu peringatan kepada pihak ketiga atau lingkungan sekitar proyek harus dipasang pada setiap lokasi yang sesuai.



Gambar 3.2 Rambu dan Simbol K3

(Sumber: SCBD, 2017)

3.8.3 Fasilitas Kebakaran

Alat pemadam api ringan (APAR) ialah alat yang ringan serta mudah dilayani oleh satu orang untuk memadamkan api pada mula terjadi kebakaran. Setiap alat pemadam api ringan harus diperiksa 2 (dua) kali dalam setahun, yaitu pemeriksaan dalam jangka 6 (enam) atau 12 (dua belas) bulan. Jenis APAR terdiri dari; APAR jenis air, APAR jenis *Dry Chemical*, APAR jenis Busa, APAR jenis CO₂, APAR jenis halon Dalam pemasangan APAR sebagai berikut (Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No.4/1980):

1. Setiap satu atau kelompok alat pemadam api ringan harus ditempatkan pada posisi yang mudah dilihat dengan jelas, mudah dicapai dan diambil serta dilengkapi dengan pemberian tanda pemasangan. Pemasangan sesuai dengan jenis dan penggolongan kebakaran.

2. Tinggi pemberian tanda pemasangan tersebut adalah 125 cm dari dasar lantai tepat diatas satu atau kelompok alat pemadam api ringan bersangkutan dan penempatan tersebut antara alat pemadam api yang satu dengan lainnya atau kelompok satu dengan lainnya tidak boleh melebihi 15 meter, kecuali ditetapkan lain oleh pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.
3. Semua tabung alat pemadam api ringan sebaiknya berwarna merah.
4. Alat pemadam api ringan tidak boleh dipasang dalam ruangan atau tempat dimana suhu melebihi 49°C atau turun sampai minus 44°C kecuali apabila alat pemadam api ringan tersebut dibuat khusus untuk suhu diluar batas tersebut.

3.8.4 Fasilitas Kesehatan

Salah satu penyediaan fasilitas kesehatan yaitu dengan penyediaan pertolongan pertama pada kecelakaan di tempat kerja selanjutnya disebut dengan P3K di tempat kerja, adalah upaya memberikan pertolongan pertama secara cepat dan tepat kepada pekerja/buruh dan/atau orang lain yang berada di tempat kerja, yang mengalami sakit atau cidera di tempat kerja. Fasilitas P3K di tempat kerja adalah semua peralatan, perlengkapan, dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan P3K di tempat kerja ditentukan berdasarkan jumlah pekerja/buruh dan potensi bahaya di tempat kerja (Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No.15/2008).

Tabel 2.9 Isi Kotak P3K

No.	Isi Kotak P3K	KOTAK A (untuk 25 pekerja/buruh atau kurang)	KOTAK B (untuk 50 pekerja/buruh atau kurang)	KOTAK C (untuk 100 pekerja/buruh atau kurang)
1.	Kasa steril terbungkus	20	40	40
2.	Perban (lebar 5 cm)	2	4	6
3.	Perban (lebar 10 cm)	2	4	6
4.	Plester (lebar 1,25 cm)	2	4	6
5.	Plester Cepat	10	15	20
6.	Kapas (25 gram)	1	2	3
7.	Kain segitiga/mittela	2	4	6
8.	Gunting	1	1	1
9.	Peniti	12	12	12
10.	Sarung tangan sekali pakai	2	3	4
11.	(pasangan)	2	4	6
12.	Masker	1	1	1
13.	Pinset	1	1	1
14.	Lampu senter	1	1	1
15.	Gelas untuk cuci mata	1	2	3
16.	Kantong plastik bersih	1	1	1
17.	Aquades (100 ml lar. Saline)	1	1	1
18.	Povidon Iodin (60 ml)	1	1	1
19.	Alkohol 70%	1	1	1
20.	Buku panduan P3K di tempat kerja	1	1	1
21.	Daftar isi kotak P3K	1	1	1

(Sumber: PerMen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No.15 Tahun 2008)

BAB IV

ANALISIS

4.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja di PSTNT (BATAN) Bandung

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) atau disebut juga sebagai Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung, sebagaimana yang telah ditetapkan pada Surat Keputusan Kepala BAPETEN No. 1/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi setiap perusahaan yang memanfaatkan tenaga nuklir harus menerapkan keselamatan radiasi.

Menurut Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional No. 4 Tahun 2017 dengan mempertimbangkan keselamatan nuklir dilakukan pencapaian kondisi operasi yang ditetapkan, pencegahan kecelakaan atau pembatasan konsekuensi kecelakaan sehingga memberikan perlindungan kepada pekerja, masyarakat dan lingkungan dari bahaya radiasi. Pelaksanaan pemantauan dan pelaksanaan keselamatan radiasi personil, daerah kerja, lingkungan dan kesehatan kerja dilakukan dengan kegiatan pelaksanaan keselamatan/proteksi radiasi bagi manusia dan lingkungan dalam pengoperasian perangkat nuklir sebaiknya dilakukan secara periodik yang rentang periodenya disesuaikan dengan peraturan keselamatan dan kebutuhan instansi setempat.

Pelaksanaan dan pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan termasuk proteksi radiasi, penanggulangan kedaruratan nuklir, dan pengelolaan limbah di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT), BATAN Bandung dilaksanakan oleh Sub. bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan. Sebagaimana bidang tersebut bertanggung jawab dan menyelenggarakan fungsi dapat dilihat pada **Tabel 4.1** sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan KKPR 2019

No.	Kegiatan 2019	Jadwal sampling / Pelaksanaan	Laporan	
1.	Survey radiasi di instalasi			Uskeg
	a. Reaktor (laju dosis radiasi, kontaminasi permukaan, proteksi dan keselamatan kerja di reaktor) → Rutin	Mingguan, Bulanan	Bulanan	Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi
	b. Laboratorium pendukung (XRF, pneumatik, <i>green house</i> , <i>Ged L/bunker SRA</i>), perimeter → laju dosis radiasi	Mingguan, Bulanan	Bulanan	
	c. Pemantauan Limbah sisa <i>upgrading</i>	Bulanan	Bulanan	
	d. Laboratorium SBR (laju dosis radiasi, kontaminasi permukaan, proteksi dan keselamatan kerja di Lab SBR)	Harian, Bulanan	Bulanan	
	e. Limbah padat, cair, dan <i>laundry</i>	Bulanan	Bulanan	
	f. Pemantauan lingkungan di kawasan nuklir Bandung	Tahunan	Tahunan	
	g. Pemantauan konsentrasi udara di tempat kerja	Bulanan	Bulanan	
	h. Pemantauan kontaminasi permukaan di limbah ducting	Triwulan	Triwulan	
	i. Pemantauan kontaminasi permukaan di fasilitas limbah cair (Ged I)	Triwulan	Triwulan	
2.	Perizinan zat radioaktif	Bulanan	Triwulan	

No.	Kegiatan 2019	Jadwal sampling / Pelaksanaan	Laporan	
3.	Pemantauan parameter fisik K3 (non radiasi)	Bulanan	Bulanan	(KKPR)
4.	Pengelolaan dosis personil	Triwulan	Triwulan	Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR) Uskeg
5.	Perawatan dan kalibrasi (internal & eksternal) alat ukur radiasdan non radiasi	Reguler (sesuai kebutuhan)	Tahunan	
6.	e-learning	Harian	Triwulan	
7.	Kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir	Tahunan	Tahunan	
8.	Budaya keselamatan kerja	Harian,	Harian,	Uskeg Pengelolaan Limbah dan Pemantauan Keselamatan Lingkungan
	Penilaian risiko	Bulanan	Bulanan	
9.	Pemantauan sumber radioaktif di ruang kalibrasi PSTNT	Tahunan	Tahunan	
10.	Dekontaminasi pakaian kerja & peralatan	Bulanan	Bulanan	
11.	Pemantauan laju dosis lab SBR secara online			
12.	Perawatan icam, stack monitor Reaktor & SBR			
13.	Diklat Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat Nuklir untuk <i>First Responden</i>			
14.	Pengelolaan limbah radioaktif & B3	Bulanan	Bulanan	
15.	Pemantauan radioaktivitas lingkungan	Triwulan	Triwulan (Rutin) Semesteran (BAPETEN)	
16.	Pengiriman limbah ducting reaktor ke PTLR	Tahunan	Tahunan	
17.	Pengelolaan Laboratorium ARL	Triwulan	Triwulan	
18.	Kunjungan			

No.	Kegiatan 2019	Jadwal sampling / Pelaksanaan	Laporan
19.	Jaminan mutu Sub Bidang	Reguler (sesuai kebutuhan)	Tahunan
20.	BMN		
21.	Pendampingan audit internal, audit external (PSMN, BAPETEN)		

(Sumber: Data Pusat Sains dan Tenaga Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN Bandung, 2019)

Menurut SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN untuk melakukan pengelolaan proteksi radiasi dan lingkungan Petugas Proteksi Radiasi (PPR) pada Sub. bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan mempunyai tanggung jawab sebagai berikut:

1. Mengawasi pelaksanaan program proteksi dan keselamatan radiasi;
2. Mengkaji ulang efektivitas penerapan program proteksi dan keselamatan radiasi;
3. Memberikan instruksi teknis dan administratif secara lisan atau tertulis kepada Pekerja Radiasi tentang pelaksanaan program Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
4. Mengidentifikasi kebutuhan dan mengorganisasi kegiatan pelatihan;
5. Memastikan ketersediaan dan kelayakan perlengkapan proteksi radiasi dan memantau pemakaiannya;
6. Membuat dan memelihara rekaman dosis yang diterima oleh pekerja radiasi;
7. Melaporkan kepada Pemegang Izin (PI) jika pekerja radiasi menerima dosis melebihi pembatas dosis;
8. Memberitahukan kepada pekerja radiasi mengenai hasil evaluasi pemantauan dosis;
9. Membuat dokumen yang berhubungan dengan proteksi radiasi;
10. Melakukan kendali akses di daerah pengendalian;

11. Melaksanakan latihan penanggulangan dan pencarian fakta dalam hal kedaruratan;
12. Memberikan konsultasi yang terkait dengan proteksi dan keselamatan radiasi di instalasi.

Dalam mencegah terjadinya kecelakaan dan mengurangi risiko terjadinya penyakit akibat kerja secara kebijakan BATAN mengintegrasikan kebijakan K3 dalam kebijakan Mutu Manajemen yang sebagai berikut (PSTNT, 2019):

1. *Safety Excellence*

Keselamatan adalah prioritas utama, Batan sangat peduli terhadap keselamatan, lingkungan dan potensi dampak pada saat membuat keputusan dan pelaksanaan pekerjaan. Tujuan keselamatan Batan adalah mencegah terjadinya kecelakaan, memperkecil risiko terjadinya insiden maupun risiko penyakit akibat kerja.

2. *Ultimate Quality*

Batan berkomitmen terhadap mutu litbang, mutu pengujian, mutu produk dan memberikan pelayanan yang memenuhi persyaratan mutu.

3. *Continual Improvement Excellence*

Bersama dengan pihak-pihak terkait, Batan berkomitmen untuk melakukan peningkatan berkelanjutan terhadap mutu litbang dan kinerja pelayanan.

4. *Conformance Excellence*

PSTNT menerapkan sistem manajemen terintegrasi, tunduk terhadap berbagai peraturan dan mempertahankan kesesuaiannya dengan persyaratan SB 77-0001-80:2005, SB 008-SNI-19-14001:2009, SB 006-OHSAS (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) 18001:2008, SB 77-0003-80:2007, SB 009-BATAN:2010, Pedoman KNAPPP (Komisi Nasional Akreditasi Pranata Penelitian dan Pengembangan) 02:2007.

5. *Employee Excellence*

Semua pegawai melaksanakan kegiatannya dengan bertanggung jawab dan berbudaya keselamatan dan keamanan.

Manajemen memberikan pelatihan dan akses informasi dalam rangka membekali dan memotivasi pegawai untuk terlibat dalam proses peningkatan berkelanjutan.

6. *Stake Holder Satisfaction Excellence*

Batan memberikan pelayanan prima kepada pelanggan, menjalin hubungan baik dengan para pemangku kepentingan, berpartisipasi aktif dengan berbagai badan pengawas untuk meningkatkan kinerja dan pemenuhan peraturan, sehingga meyakinkan para pemangku kepentingan bahwa aktivitas Batan telah memenuhi peraturan yang berlaku.

7. *Security Excellence*

Batan melindungi keamanan personil, materil, bahan keterangan atau dokumen, zat radioaktif, bahan nuklir dan kemasan.

PSTNT dalam mempertahankan kesesuaian sistem manajemen terintegrasi dilakukan kajian atau audit berkala terhadap kesesuaian, efektifitas dan keberlanjutan kebijakan yang diterapkan. PSTNT melakukan dua pelaksanaan audit yakni audit internal dan audit eksternal. Audit internal dilaksanakan berkala minimal 1 (satu) tahun sekali oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Audit internal meliputi penyesuaian terhadap Sistem Manajemen Keselamatan Kerja atau *Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18001:2007* yang terintegrasi dalam SB 006-OHSAS 18001:2008, Sistem Manajemen Lingkungan (ISO 14001) yang terintegrasi dalam SB 008-SNI-19-14001:2009 dan Sistem Manajemen Mutu (ISO 9001) yang terintegrasi dalam SB 001-ISO-9001: 2016. Audit eksternal dilakukan penyesuaian terhadap Pedoman KNAPPP (Komisi Nasional Akreditasi Pranata Penelitian dan Pengembangan) 02:2007 yang mengacu kepada Kementerian Riset dan Teknologi, Sistem Manajemen Kegiatan dan Fasilitas (SMKM) dan Kebijakan Sistem Manajemen Mutu (SMT) PSTNT yang mengacu kepada *International Atomic Energy Agency (IAEA)*. Selain itu, PSTNT selalu melakukan pemberian informasi di lokasi strategis dan melaksanakan pelatihan untuk pegawai terkait kebijakan Mutu Manajemen PSTNT BATAN.

Dalam pemanfaatan tenaga nuklir baik terhadap manusia maupun lingkungan, yang mencakup kuantifikasi efek radiasi terhadap kesehatan melalui besaran-besaran dosis yang diterima dilakukan penyelenggaraan keselamatan radiasi. Pengaturan dan pengawasan Kesehatan dan Keselamatan kerja dilakukan agar dosis radiasi (eksternal dan internal) yang diterima para pekerja radiasi, tamu, pengunjung, dan bukan pekerja radiasi serendah mungkin. Berdasarkan (SB 016 BATAN:2014) Pengaturan Nilai Batas Dosis (NBD) meliputi:

1. Untuk membatasi peluang terjadinya efek stokastik pada pekerja radiasi, ditetapkan nilai dosis efektif rata-rata sebesar 20 mSv per tahun dalam periode 5 tahun, sehingga dosis yang terakumulasi selama 5 tahun tidak boleh melebihi 100 mSv, dengan ketentuan dosis efektif tidak boleh melampaui 50 mSv dalam satu tahun tertentu;
2. Untuk mencegah terjadinya efek deterministik pada pekerja radiasi, ditetapkan nilai dosis ekuivalen untuk lensa mata sebesar 20 mSv per tahun dalam periode 5 tahun dan 50 mSv dalam satu tahun tertentu, dan dosis ekuivalen untuk kulit serta untuk tangan dan kaki sebesar 500 mSv per tahun;
3. NBD untuk anggota masyarakat mengikuti pola penerapan untuk pekerja radiasi dengan nilai lebih rendah, yaitu sebesar 1 mSv dalam 1 tahun dan pekerja magang dengan dosis efektif 6 mSv per tahun;
4. Evaluasi dosis perorangan pekerja radiasi pada umumnya dilakukan setiap triwulan berdasarkan atas penjumlahan penerimaan dosis radiasi eksternal dan internal serta membandingkan penerimaan tersebut terhadap NBD triwulan;
5. Pemeriksaan kesehatan rutin terhadap pekerja radiasi dilakukan minimal sekali dalam setahun untuk kondisi normal. Pemeriksaan kesehatan tambahan dapat dilakukan terhadap pekerja radiasi pada kondisi khusus;
6. Pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi melalui sistem keselamatan radiasi yang tersedia di kawasan masing-masing atau laboratorium yang ditunjuk oleh Pemegang Izin (PI).

Untuk mengetahui Nilai Batas Dosis (NBD) atau paparan radiasi yang diterima dilakukan pengendalian paparan radiasi eksternal dan internal yang dilakukan dengan cara (SB 016 BATAN:2014):

1. Pemantauan dosis radiasi perorangan

Pemantauan dosis radiasi perorangan dilakukan secara eksternal dan internal. Pemantauan eksternal dilakukan dengan menggunakan dosimeter perorangan. Pemantauan internal dilakukan secara in-vivo dan/atau in-vitro.

2. Pengendalian daerah kerja

Pengendalian daerah kerjadilakukan dengan pembagian daerah kerja, pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif menggunakan alat ukur radiasi.

Pemantauan dosis radiasi perorangan dapat dilakukan dengan 2 macam pemantauan yaitu dengan pemantauan dosis radiasi eksternal, dilakukan dengan menggunakan dosimeter perorangan yaitu dosimeter (TLD) sesuai dengan medan radiasi yang ada. Setiap pekerja radiasi diberi 2 (dua) badge TLD misalnya seri A dan seri B, TLD dipakai bergantian setiap periodenya untuk memantau dosis radiasi eksternal. dan pemantauan dosis radiasi internal dilakukan dengan pemantauan pekerja radiasi secara langsung (in-vivo) dilakukan dengan mencacah jenis dan aktivitas radionuklida dalam tubuh pekerja dan atau pemantauan pekerja radiasi secara tidak langsung (in-vitro). Dengan kriteria personel yang dipantau (SB 016 BATAN:2014):

1. Pekerja radiasi yang mendapat pemantauan dosis adalah pekerja radiasi yang diperkirakan menerima dosis efektif pertahun $> 1\text{mSv}$.
2. Pekerja radiasi yang bekerja di medan radiasi tinggi harus menggunakan dosimeter tambahan misalnya dosimeter saku yang dapat dibaca langsung.
3. Kelompok tamu atau pengunjung yang akan memasuki daerah kerja pengendalian menggunakan sekurang-kurangnya satu dosimeter perorangan.
4. Pemantauan dosis radiasi internal diutamakan diberikan kepada pekerja radiasi yang menangani sumber radiasi terbuka dengan potensi kontaminasi internal dan diperkirakan akan menerima dosis terikat efektif pertahun $> 3/10$ NBD rata-rata tahunan pekerja radiasi dan laju dosis yang dikehendaki $10\text{ }\mu\text{Sv/jam}$.

5. Pemantauan dosis radiasi internal terhadap pekerja radiasi lainnya tidak diperlukan, kecuali untuk konfirmasi atau jika terjadi kecelakaan yang diduga terjadi kontaminasi radiasi internal.

Periode pemantauan dosis radiasi eksternal ditentukan berdasarkan daerah radiasi tempat pekerja radiasi bekerja. Untuk kegiatan yang bersifat khusus, pekerja yang bekerja di daerah radiasi tinggi dan diperkirakan dapat menerima dosis melebihi NBD maka periode pemantauannya dapat dilakukan setiap 2 (dua) minggu dan selambat-lambatnya 1 (satu) bulan. Untuk pekerja yang bekerja di medan radiasi rendah dan sedang pada umumnya mempunyai periode pemantauan 3 (tiga) bulan. Periode pemantauan untuk dosis radiasi internal bergantung pada sifat kimia dan fisika radionuklida, kondisi daerah kerja dan jenis pekerjaan. Jenis pemantauan dosis radiasi internal terdiri atas (SB 016 BATAN:2014):

- a) Pemantauan rutin: mempunyai periode pemantauan 2 minggu sampai 3 bulan.
- b) Pemantauan khusus: pemantauan yang dilakukan di luar jadwal rutin misalnya karena adanya kondisi abnormal.
- c) Pemantauan operasional atau penugasan: pemantauan yang dilakukan karena adanya penugasan.
- d) Pemantauan konfirmasi: pemantauan yang dilakukan 1 kali dalam setahun untuk pembuktian bahwa pekerja bebas kontaminasi radionuklida internal.

Pembagian daerah kerja instalasi nuklir disesuaikan dengan kegiatan yang dilakukan di tiap instalasi nuklir tersebut. Secara garis besar daerah kerja instalasi nuklir dibagi menjadi Daerah Supervisi daerah kerja di luar daerah pengendalian yang memerlukan peninjauan terhadap paparan kerja dan tidak memerlukan tindakan proteksi atau ketentuan keselamatan khusus dan Daerah Pengendalian suatu daerah kerja yang memerlukan tindakan proteksi dan ketentuan keselamatan khusus untuk mengendalikan paparan normal atau mencegah penyebaran kontaminasi selama kondisi kerja normal dan untuk mencegah atau membatasi tingkat paparan potensial (SB 016 BATAN:2014).

1. Daerah Supervisi, terdiri atas:

- a) Daerah Radiasi Sangat Rendah, daerah kerja yang memungkinkan seseorang pekerja menerima dosis kurang dari atau sama dengan 1 mSv (100 mRem) dalam satu tahun.
- b) Daerah Radiasi Rendah, daerah kerja yang memungkinkan seseorang pekerja menerima dosis lebih dari 1 mSv (100 mrem) tapi kurang dari 6 mSv (600 mrem) dalam satu tahun untuk seluruh tubuh atau nilai batas dosis organ yang sesuai.

2. Daerah Pengendalian, dibedakan atas:

A. Daerah Radiasi:

- a) Daerah Radiasi Sedang Daerah kerja yang memungkinkan seseorang yang bekerja secara tetap pada daerah itu menerima dosis 6 mSv (600 mrem) atau lebih tetapi kurang dari 20 mSv (2 rem) dalam satu tahun untuk seluruh tubuh atau nilai batas dosis organ yang sesuai.
- b) Daerah Radiasi Tinggi Daerah kerja yang memungkinkan seseorang yang bekerja secara tetap dalam daerah itu menerima dosis 20 mSv (2 rem) atau lebih dalam satu tahun atau nilai yang sesuai terhadap organ tertentu dari tubuh.

B. Daerah Kontaminasi:

- a) Daerah kontaminasi rendah, daerah kerja dengan tingkat kontaminasi yang besarnya lebih kecil dari $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-5} \mu\text{Ci/cm}^2$) untuk pemancar α dan lebih kecil dari $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-4} \mu\text{Ci/cm}^2$) untuk pemancar β .
- b) Daerah kontaminasi sedang Daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-5} \mu\text{Ci/cm}^2$) atau lebih tapi kurang dari $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-4} \mu\text{Ci/cm}^2$) untuk pemancar α dan $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-4} \mu\text{Ci/cm}^2$) atau lebih tetapi kurang dari $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-5} \mu\text{Ci/cm}^2$) untuk pemancar β , sedangkan kontaminasi udara tidak melebihi satu per sepuluh batas turunan kadar zat radioaktif di udara.
- c) Daerah kontaminasi tinggi: Daerah kerja dengan tingkat kontaminasi dari $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ ($10^{-4} \mu\text{Ci/cm}^2$) atau lebih untuk pemancar α dan 37 Bq/cm^2 ($10^{-3} \mu\text{Ci/cm}^2$) atau lebih untuk pemancar β , sedangkan kontaminasi udara terkadang lebih besar dari batas turunan kadar zat radioaktif di udara.

Dalam pemantauan keselamatan kerja radiasi yang dilaksanakan oleh sub bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR) pengendalian radiasi yang dilakukan mencakup pemantauan dosis atau terimaan dosis radiasi personel periode pemantauan 3 (tiga) bulan 1 (satu) kali atau 4 (kali) dalam 1 tahun (triwulan) dilakukan dengan *Thermoluminescence* (TLD) *badge* dimaksudkan untuk pemantauan dosis akumulasi jangka panjang, pembacaan dosis dilakukan oleh lembaga yang tersertifikasi yaitu Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) BATAN sedangkan analisis terimaan dosis dilakukan di PSTNT. Pemantauan dosis, pemantauan laju dosis radiasi dan tingkat kontaminasi radiasi pada pembagian daerah kerja dengan melakukan pemantauan laju dosis radiasi pada daerah tertentu serta periode pada kegiatan tertentu seperti di reaktor, gedung pengelolaan limbah radioaktif dan sebagainya. Berdasarkan hasil wawancara (2019) dosis radiasi yang diperoleh baik dosis personel dan pemantauan dosis pembagian daerah kerja masih $< \text{NBD}$ yang ditentukan sesuai dengan Keputusan Kepala BAPETEN No 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi.

Apabila didapati dosis atau laju dosis $> \text{NBD}$ yang ditentukan harus dilakukan pengendalian paparan radiasi dengan Bidang keselamatan atau organisasi proteksi radiasi bertanggung jawab memantau dan mendokumentasikan secara rutin dan daerah kerja diberi tanda radiasi, dilakukan perubahan kondisi yang diperkirakan akan mengubah laju dosis di daerah kerja dan bekerja radiasi yang bekerja di daerah radiasi menggunakan badge TLD, dosimeter saku, Mata dilindungi dengan kaca mata pengaman (*safety glass*) dan kulit dilindungi dengan jas laboratorium sebagai APD (Alat Pelindung Diri). Untuk mengurangi paparan radiasi, paparan radiasi eksternal dapat dikendalikan dengan cara sebagai berikut: a) menggunakan sumber radiasi sesuai kebutuhan; b) menjaga jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi; c) pengaturan waktu kerja; d) menggunakan perisai radiasi yang sesuai; e) melaksanakan pemantauan daerah kerja secara rutin dan memasang tanda bahaya radiasi yang sesuai.

Serta dilakukan pencegahan dan pengawasan kontaminasi pekerja (SB 016 BATAN:2014):

1. Instalasi harus menyediakan APD berupa penutup sepatu (*shoe cover*), baju kerja (*lab coat*), respirator dan pelengkapan lain sesuai untuk mencegah terjadinya kontaminasi pada pekerja.
2. Instalasi yang memiliki daerah dengan potensi kontaminasi harus menyediakan perlengkapan kerja sesuai dengan potensi yang ada dan memiliki ruang ganti pakaian serta ruang dekontaminasi.
3. Pekerja radiasi yang bekerja di daerah pengendalian diwajibkan melakukan pemantauan kontaminasi sebelum meninggalkan daerah kerja. Alat pemantau kontaminasi yang ditempatkan pada jalur keluar daerah pengendalian.

Apabila didapati kontaminasi merupakan keberadaan zat radioaktif berbentuk padatan, cairan, atau gas yang tidak semestinya pada permukaan bahan, benda, atau dalam suatu ruangan dan di dalam tubuh manusia, yang dapat menimbulkan bahaya paparan radiasi perlu dilakukan proses menghilangkan atau mengurangi kontaminasi zat radioaktif menggunakan cara fisika dan/atau kimia atau disebut sebagai dekontaminasi sebagai berikut (SB 016 BATAN:2014).

1. Pekerja yang permukaan kulitnya terkontaminasi zat radioaktif maka harus dilakukan dekontaminasi. Proses dekontaminasi dilakukan dengan cara mencuci permukaan kulit yang terkontaminasi dengan sabun atau bahan lain yang sesuai (tidak bersifat abrasif) dan diukur menggunakan detektor. Ketentuan dekontaminasi dibuat oleh Bidang Keselamatan atau organisasi proteksi radiasi dan diawasi oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR).
2. Permukaan kulit dinyatakan terkontaminasi apabila:
 - a. Tingkat kontaminasi melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ (untuk beta). Tingkat kontaminasi melebihi $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ (untuk alfa) Batas tingkatan kontaminasi yang perlu dilakukan tindakan dekontaminasi.
 - b. Pekerja radiasi yang terkontaminasi dengan disertai luka atau keadaan lain yang memerlukan tindakan medis maka dekontaminasi dilakukan di klinik masing-masing kawasan untuk mendapatkan pertolongan medis yang diperlukan.

Tabel 4.2 Tingkat Tindakan untuk Kontaminasi Kulit

Tingkat kontaminasi β (TK) (Bq/cm ²)	Tindakan yang diambil	Tingkat Kontaminasi α (TK) (Bq/cm ²)
TK < 3,7	Cuci dengan seksama dan bersihkan dari kontaminasi yang dapat terlepas. Tingkat ini tidak berbahaya terhadap kesehatan.	TK < 0,37
3,7 < TK < 3700	Cuci dengan seksama orang yang terkontaminasi pada tingkat ini, sesudah dibersihkan dibawa ke unit pelayanan kesehatan untuk perawatan lebih lanjut.	0,37 < TK < 37
TK > 3700	Mula-mula cuci dengan seksama hingga bersih. Kontaminasi diatas tingkat ini harus dilaporkan segera ke dokter.	TK > 37

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

**Gambar 4.1** Radiacwash Dekontaminasi

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

4.2 Pengelolaan Kualitas Lingkungan

4.2.1 Pengelolaan Limbah Radioaktif PSTNT BATAN

Limbah radioaktif sebagaimana dalam definisi tidak boleh dibuang akan tetapi dikelola dan diolah sehingga aman bagi lingkungan dan masyarakat. Dalam standar ini pengelolaan limbah radioaktif terutama ditujukan pada limbah radioaktif cair dan padat dan limbah non radioaktif serta limbah B3. Prinsip dalam pengelolaan dan penanganan limbah di setiap kawasan di lingkungan BATAN adalah sebagai berikut (SB 016 BATAN:2014).

1. Pengelolaan limbah radioaktif didasarkan pada pencegahan dan perlindungan pekerja, masyarakat dan lingkungan dari adanya potensi bahaya dari limbah radioaktif baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.
2. Lepas an efluen radioaktif ke lingkungan melalui cerobong (sistem ventilasi) maupun ke badan air dibatasi dalam jumlah yang sekecil mungkin dan sesuai batas yang diizinkan.
3. Limbah radioaktif (cair dan padat) yang berasal dari fasilitas di lingkungan BATAN dikelola oleh masing-masing fasilitas sebelum diolah di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR) BATAN.
4. Pengolahan limbah radioaktif di lingkungan BATAN diserahkan ke unit yang berkompeten dan ditunjuk sebagai pelaksana pengolahan limbah radioaktif (IPLR) sehingga memenuhi ketentuan keselamatan dan keamanan.

Klasifikasi limbah radioaktif didasarkan pada aktivitas, konsentrasi aktivitas, waktu paruh, dan/atau jenis radiasi. limbah radioaktif diklasifikasikan dalam jenis (SB 016 BATAN:2014):

1. Limbah radioaktif tingkat rendah.
2. Limbah radioaktif tingkat sedang.
3. Limbah radioaktif tingkat tinggi.

Limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang berupa zat radioaktif terbungkus dan/atau zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan lagi atau bahan dan peralatan terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan. Sedangkan limbah radioaktif tingkat tinggi berupa bahan bakar nuklir bekas.

Tabel 4.3 Klasifikasi Limbah Radioaktif

Klasifikasi	Sub klasifikasi	Kuantitas
A. Limbah radioaktif tingkat rendah	1. Limbah radioaktif dengan waktu parosangat pendek	$T_{1/2} < 150$ hari.
	2. Limbah radioaktif sangat rendah	a. Limbah radioaktif terbungkus yang memiliki: <ul style="list-style-type: none"> • $T_{1/2} < 15$ tahun • $TP < A \leq 10$ MBq
		b. Limbah radioaktif terbungkus yang memiliki: <ul style="list-style-type: none"> • $15 \text{ tahun} \leq T_{1/2} \leq 30$ tahun • $TP < A \leq 100$ kBq
		c. Selain limbah radioaktif terbungkus yang memiliki: <ul style="list-style-type: none"> • $TP < KA \leq 100 \times TP$
	4. Limbah radioaktif relatif rendah	a. Limbah radioaktif terbungkus memiliki: <ul style="list-style-type: none"> • $T_{1/2} < 15$ tahun • $10 \text{ MBq} < \text{Aktivitas} \leq 100 \text{ MBq}$
		b. Limbah radioaktif terbungkus yang memiliki: <ul style="list-style-type: none"> • $15 \text{ tahun} \leq T_{1/2} \leq 30$ tahun • $100 \text{ kBq} \leq \text{Aktivitas} \leq 1 \text{ MBq}$
		c. Selain limbah radioaktif terbungkus yang memiliki: <ul style="list-style-type: none"> • $100 \text{ Bq/g} < KA \leq 1000 \times TP$ pemancar β • $100 \text{ Bq/g} < KA \leq 400 \text{ Bq/g}$ untuk pemancar α.

Klasifikasi	Sub klasifikasi	Kuantitas
B. Limbah Radioaktif Tingkat Sedang		a. Limbah radioaktif terbungkus yang memiliki:
		• $T_{1/2} < 15$ tahun
		• $100 \text{ MBq} < A \leq 100 \text{ TBq}$
		b. Limbah radioaktif terbungkus yang memiliki:
		• $15 \text{ tahun} < T_{1/2} \leq 30 \text{ tahun}$
		• $1 \text{ MBq} < A \leq 1 \text{ PBq}$
		c. Limbah radioaktif terbungkus yang memiliki:
		• $T_{1/2} > 30 \text{ tahun}$
		• $40 \text{ MBq} < A \leq 10 \text{ GBq}$
		d. Selain limbah radioaktif terbungkus yang memiliki:
		• $1000 \times TK < KA \leq 100 \text{ GBq/g}$, untuk pemancar β dan γ
		• $400 \text{ Bq/g klierens} < KA \leq 100 \text{ GBq/g}$, untuk pemancar α
C. Limbah radioaktif tingkat tinggi		Berupa bahan bakar nuklir bekas

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

Keterangan:	Limbah radioaktif tingkat tinggi berupa bahan
A : Aktivitas	bakar nuklir bekas dengan karakteristik:
KA : Konsentrasi Aktivitas	Asal limbah, Faktor burn-up, Kandungan uranium
TP : Tingkat Pengecualian	dan plutonium, Aktivitas, Panas pembangkitan,
TK : Tingkat Klierens	Riwayat <i>loading</i> dan <i>unloading</i> bahan bakar nuklir.

Sesuai dengan amanat Undang-Undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. Pengelolaan limbah radioaktif di Indonesia menganut sistem sentralisasi dengan Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTLR BATAN) atau Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR). Dalam menjalankan tugasnya, PTLR-BATAN dapat bekerja sama atau mendelegasikan BUMN, Koperasi dan swasta yang ditunjuk oleh PTLR-BATAN. Pengelolaan limbah radioaktif dapat dilakukan dengan sistem sentralisasi atau desentralisasi, bergantung dengan kebijakan setiap negara. Sistem sentralisasi bukan berarti membebaskan penghasil limbah radioaktif dari kewajiban mengelola limbah radioaktif yang dihasilkannya. Penghasil limbah radioaktif berkewajiban mengumpulkan, mengelompokkan atau mengolah dan menyimpan sementara limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang sebelum dikirimkan ke PTLR-BATAN (Alfiyan, M., dan Yus, R. A., 2010).

Pengelolaan limbah radioaktif merupakan proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah radioaktif sehingga apabila disimpan dan/atau dibuang tidak membahayakan masyarakat dan lingkungan hidup. Pengelolaan limbah radioaktif terdiri dari rangkaian kegiatan yang meliputi tahapan pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan dan/atau pembuangan limbah radioaktif. Berikut penjelasan mengenai pengelolaan limbah radioaktif berdasarkan SB 016 BATAN:2014.

1. Pengumpulan, pengelompokan dan pengolahan limbah radioaktif

- Penghasil limbah radioaktif wajib melakukan pengumpulan dan pengelompokan zat radioaktif terbuka dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan lagi.
- Penghasil limbah radioaktif wajib melakukan pengolahan zat radioaktif terbuka dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan lagi dengan metode: Peluruhan aktivitas, Reduksi volume, Perubahan komposisi dan Pengondisian.
- Jika dalam proses pengolahan tidak bisa mencapai klierens, maka penghasil limbah wajib menyerahkan ke IPLR.

- Penghasil limbah radioaktif wajib melakukan penyimpanan sementara setelah pengolahan zat radioaktif terbuka dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan, sebelum diserahkan ke IPLR.
- Pembuangan zat radioaktif terbuka dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan lagi yang telah mencapai nilai di bawah atau sama dengan tingkat klierens dilakukan oleh pusat yang ditunjuk dalam kawasan BATAN, setelah penghasil limbah memperoleh penetapan klierens dari BAPETEN.
- Limbah radioaktif yang dominan berumur panjang harus dipisahkan dari limbah radioaktif lainnya.
- Penghasil limbah radioaktif selama melakukan pengumpulan, pengelompokan dan/atau pengolahan wajib melakukan perekaman dan pendokumentasian.

2. Pengemasan dan pelabelan limbah radioaktif

- Sebelum dilakukan pengiriman ke IPLR, terlebih dahulu harus dipastikan bahwa limbah radioaktif telah terjamin keselamatannya.
- PPR melakukan pengukuran paparan radiasi baik pada kontak wadah maupun pada jarak 1 meter dari permukaan wadah.
- Limbah radioaktif yang akan diolah atau dikirim ke IPLR harus diberi label keterangan oleh penghasil limbah yaitu: Jenis kandungan radionuklida dan aktivitasnya, Kegiatan asal limbah, Volume/berat, Paparan radiasi pada kontak dan jarak 1 meter dan Tanggal pengukuran.
- Limbah cair yang berasal dari tangki penampungan di instalasi, dilakukan analisis kandungan dan aktivitasnya oleh penghasil limbah, jika hasil analisis lebih rendah dari Baku Tingkat Radioaktivitas di Lingkungan (BTR) nilai batas tertinggi yang dinyatakan dalam konsentrasi aktivitas radionuklida di lingkungan yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), maka diajukan ke pusat yang ditunjuk di kawasan BATAN untuk disalurkan ke Penampungan Buangan Terpadu (PBT). Jika hasil analisis lebih tinggi atau sama dengan BTR, maka limbah harus dikirim ke IPLR sesuai prosedur.

- Wadah limbah radioaktif harus diberi label radiasi yang jelas dan benar.
- Label wadah limbah radioaktif terbuat dari stiker yang dapat ditempel pada bagian kiri, kanan, depan dan belakang (tergantung ukuran wadah limbah). Stiker berisi: lambang radiasi (dengan warna hitam), jenis dan kategori limbah radioaktif, paparan radiasi pada permukaan dan pada jarak 1 meter dari permukaan, tanggal pengukuran dan tandatangan PPR. Contoh label radiasi untuk wadah limbah radioaktif Label berupa stiker dengan ukuran $P \times L = 20 \times 15$ cm. Dasar berwarna kuning dengan lambang radiasi merah magenta dan tulisan berwarna hitam.

Gambar 4.2 Label wadah limbah radioaktif

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

3. Penyimpanan sementara di penghasil limbah

- Limbah radioaktif sebelum dikirim ke IPLR ditempatkan pada tempat yang aman di ruang penyimpanan sementara limbah yang memenuhi keselamatan dan diberi tanda “Limbah Radioaktif”.
- PPR harus melakukan pemantauan selama penyimpanan sebelum limbah dikirim ke IPLR.
- Bahan bakar nuklir bekas disimpan sementara di kolam penyimpanan sekurang-kurangnya selama 100 hari. Bahan bakar nuklir bekas yang cacat harus di kemas dalam kontener yang berintegritas tinggi (*High Integrated Container*), sebelum disimpan di kolam penyimpanan sementara di Fasilitas Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (IPSB3).

4. Pengangkutan limbah radioaktif dan pemindahan bahan bakar nuklir bekas

- Instalasi yang akan melakukan pengiriman limbah radioaktif terlebih dahulu harus menyampaikan surat permohonan ke pusat yang berkompeten mengolah limbah radioaktif dengan menyebutkan jenis dan jumlah limbah yang akan dikirim.
- Sebelum dilakukan pengangkutan, pihak pengolah limbah radioaktif (IPLR) terlebih dahulu akan melakukan survey yang meliputi:
 - a. Pemeriksaan kondisi wadah.
 - b. Klarifikasi isi limbah radioaktif yang akan diangkut dengan surat permohonan yang dikirim.
 - c. Pengukuran laju dosis/paparan radiasi pada permukaan dan jarak 1 meter.
 - d. Jika paparan radiasi dan/ atau berat melebihi dari yang disyaratkan, maka penghasil limbah harus mengurangi dan menempatkan dalam wadah yang lain.
 - e. Jika bungkus limbah radioaktif telah dinyatakan layak angkut, maka akan dilakukan penyegelan dan selanjutnya akan memberikan rekomendasi proses pengangkutan.
- Instalasi yang akan melakukan pemindahan Bahan Bakar Nuklir Bekas (BBNB) harus melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait dengan melengkapi data-data sesuai persyaratan dalam peraturan Kepala BAPETEN No. 04 Tahun 2011.

5. Pengiriman zat radioaktif ke luar kawasan lingkungan BATAN

Pengiriman zat radioaktif keluar dari salah satu instalasi di setiap kawasan di lingkungan BATAN harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Pengiriman zat radioaktif hanya bisa dilakukan apabila pihak pengirim dan penerima memiliki izin pemanfaatan zat radioaktif dari BAPETEN. Sebelum melakukan pengiriman zat radioaktif, instalasi pengirim terlebih dahulu harus mengajukan izin pengalihan dan persetujuan pengangkutan zat radioaktif ke BAPETEN.
- Zat radioaktif yang akan dikirim harus dimasukkan ke dalam wadah/pembungkus yang sesuai dengan jenis dan aktivitasnya.

- Bidang keselamatan dan/atau organisasi proteksi radiasi harus melakukan pemeriksaan kelayakan pengiriman yang meliputi pemeriksaan kontaminasi pada permukaan wadah/pembungkus dan pengukuran paparan radiasi baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan wadah/pembungkus.
- Bungkusan zat radioaktif yang sudah dinyatakan layak kirim, harus diberi identitas yang jelas sesuai dengan kategori bungkusan (I -Putih, II -Kuning atau III -Kuning) secara lengkap dan benar.
- Bungkusan dimasukkan dan ditempatkan ke dalam kendaraan pengangkut yang telah memenuhi persyaratan pengangkutan zat radioaktif.
- PPR memasang tanda radiasi pada kendaraan pengangkut dan melakukan pengukuran paparan radiasi baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan kendaraan pengangkut serta pada tempat pengemudi. Hasil pengukuran ini harus dicatat dalam dokumen pengangkutan.
- Bila kendaraan pengangkut yang berisi bungkusan zat radioaktif dinyatakan telah siap, maka sebelum meninggalkan instalasi pengirim, terlebih dahulu harus dilengkapi dengan beberapa dokumen berikut dan menyimpan tembusannya:
 - a. Sertifikat kendali kualitas;
 - b. Sertifikat bebas kontaminasi;
 - c. To whom it may concern;
 - d. Packing list;
 - e. Bukti pengiriman;
 - f. Surat jalan yang ditandatangani oleh kepala keamanan nuklir masing-masing kawasan;
 - g. Fotokopi surat izin pemanfaatan;
 - h. Fotokopi surat izin pengalihan zat radioaktif dari BAPETEN;
 - i. Fotokopi persetujuan pengangkutan zat radioaktif dari BAPETEN;
 - j. Prosedur penanggulangan keadaan darurat pengangkutan zat radioaktif.

Ketentuan dan tindakan keselamatan pada pengangkutan dan pengiriman bahan/zat radioaktif harus diberikan oleh PPR kepada pihak pelaksana pengangkutan sesuai ketentuan pengangkutan dari BAPETEN. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengangkutan antara lain:

- Tingkat radiasi dalam kabin pengemudi.
 - a. Apabila pengangkutan dilakukan dengan kendaraan, maka laju dosis radiasi dalam kabin pengemudi harus tidak boleh melebihi 0,3 NBD dan diukur agar tidak membahayakan pengemudi. Selain itu harus diperhatikan pula kemungkinan terjadinya kontaminasi pada kendaraan.
 - b. Pemeriksaan laju dosis radiasi dan tingkat kontaminasi harus dilakukan oleh PPR yang bertanggung jawab.
 - c. Kendaraan pengangkutan zat radioaktif jika terkontaminasi harus didekontaminasi.
 - d. Pengemudi dibekali instruksi kerja tentang hal-hal yang harus dilakukannya dalam hal terjadi kedaruratan.
 - e. Pengemudi sebaiknya dilengkapi dengan dosimeter saku.
- Tanda bahaya dan tanda peringatan. Apabila pengangkutan zat radioaktif dilakukan dengan angkutan darat, maka kendaraan pengangkutan harus dilengkapi dengan tanda peringatan dan tanda radiasi.
- Tindakan keselamatan. Setiap pengangkutan zat radioaktif yang berpotensi menimbulkan dampak radiologi pada pengangkutannya, harus:
 - a. Dikawal oleh petugas keamanan dan proteksi radiasi, petugas tersebut bertindak sebagai petugas penanggulangan apabila terjadi kecelakaan;
 - b. dilengkapi dengan analisis kecelakaan, prosedur, dan tindakan penanggulangan.



Gambar 4.3 Lokasi Limbah PSTNT BATAN

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

4.2.1.1 Pengelolaan Limbah Radioaktif berdasarkan Jenis Limbah

Berdasarkan bentuk fisiknya, limbah yang berasal dari kegiatan instalasi di setiap kawasan di lingkungan BATAN dapat berbentuk padat, cair dan gas/aerosol. Selain limbah radioaktif, ada limbah yang non radioaktif yang mengandung B3 atau bahan kimia kadaluwarsa. Sesuai dengan cara pengolahan limbah radioaktif, maka limbah radioaktif dibagi menjadi beberapa jenis yaitu (SB 016 BATAN:2014):

1. Limbah radioaktif cair
2. Limbah radioaktif semi cair
3. Limbah radioaktif padat
4. Limbah radioaktif padat material terkontaminasi (LRPMT), terbakar
5. Limbah radioaktif padat material terkontaminasi (LRPMT), terkompaksi
6. Limbah radioaktif padat material terkontaminasi (LRPMT), tidak terbakar dan tidak terkompaksi.
7. Limbah radioaktif aktivitas tinggi berupa material teraktivasi.
8. Limbah radioaktif sumber terbungkus.

Limbah Radioaktif Padat

Limbah radioaktif padat dikelompokkan menjadi :

1. **Limbah Radioaktif Padat Material Terkontaminasi (LRPMT) terbakar**
 - a. Jenis limbah ini adalah berupa bahan yang bisa terbakar seperti kertas, kain, dan kayu.
 - b. Aktivitas maksimum untuk alpha $3,7 \times 10^6 \text{ Bq/m}^3$ dan beta atau gamma $3,7 \times 10^8 \text{ Bq/m}^3$
 - c. Tidak boleh mengandung sumber terbungkus.
 - d. Penghasil LRPMT harus mengemas dalam drum dengan volume 100 liter berwarna kuning yang dilapisi kantong plastik transparan pada bagian dalamnya.
 - e. Drum dengan dimensi; diameter 44 cm, tinggi 68 cm dan tebal 0,5 mm.
 - f. Berat drum berisi limbah tidak boleh melebihi 30 kg.
 - g. Laju dosis pada permukaan drum 100 liter = $2500 \mu\text{Sv/jam}$.
 - h. Permukaan drum bebas kontaminasi.

2. Limbah Radioaktif Padat Material Terkontaminasi (LRPMT), terkompaksi

- a. Jenis limbah berupa bahan bisa dikompaksi seperti logam lunak, plastik, gelas kaca, botol kosong, jarum suntik, karet.
- b. Aktivitas maksimum untuk alpha $3,7 \times 10^8$ Bq/m³ dan beta/gamma $3,7 \times 10^8$ Bq/m³.
- c. Tidak boleh mengandung sumber terbungkus maupun cairan.
- d. Penghasil LRPMT harus mengemas dalam drum dengan volume 100 liter berwarna kuning yang dilapisi kantong plastik transparan pada bagian dalamnya.
- e. Drum dengan dimensi; diameter 44 cm, tinggi 68 cm dan tebal 0,5 mm.
- f. Berat drum berisi limbah tidak boleh melebihi 30 kg.
- g. Laju dosis pada permukaan drum 100 liter = 2500 μ Sv/jam.
- h. Permukaan drum bebas kontaminasi.

3. Limbah Radioaktif Padat Material Terkontaminasi (LRPMT), tidak terbakar dan tidak terkompaksi.

- a. Jenis limbah berupa bahan seperti tanah, abu, beton dan logam keras.
- b. Tidak boleh mengandung sumber terbungkus.
- c. Tidak boleh dicampur dengan material teraktivasi yang memiliki paparan radiasi tinggi.
- d. Penghasil LRPMT harus mengemas dalam drum dengan volume 100 liter berwarna kuning yang dilapisi kantong plastik transparan pada bagian dalamnya.
- e. Drum dengan dimensi; diameter 44 cm, tinggi 68 cm dan tebal 0,5 mm.
- f. Berat drum berisi limbah tidak boleh melebihi 60 kg.
- g. Laju dosis pada permukaan drum 100 liter = 2500 μ Sv/jam.
- h. Permukaan drum bebas kontaminasi.

4.2.2 Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan

Pemantauan radiologi lingkungan meliputi pengukuran paparan radiasi dan tingkat radioaktivitas terhadap berbagai komponen lingkungan seperti udara, air, tanah, sedimen, tumbuhan dan bahan makanan. Hasil pemantauan radiologi dan pemantauan lingkungan akan digunakan untuk kajian dampak radiologi lepasan rutin efluen ke udara dalam operasi fasilitas dan untuk perencanaan kedaruratan nuklir yang melibatkan lepasan abnormal. Secara umum pemantauan radiologi lingkungan di kawasan BATAN memiliki tujuan sebagai berikut (SB 016 BATAN:2014):

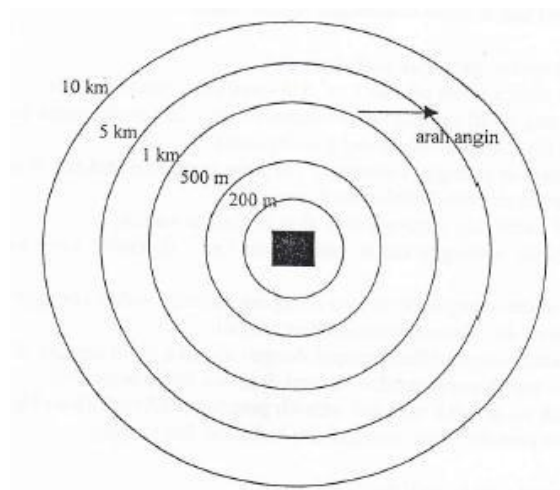
- a. Mengevaluasi hasil pemantauan lepasan efluen aerosol/gas maupun efluen cair terhadap ketentuan batas lepasan efluen ke lingkungan;
- b. Memeriksa kondisi radiologi lingkungan untuk menjamin kepatuhan terhadap batasan laju dosis ambien dan baku tingkat radioaktivitas yang diijinkan;
- c. Memberikan data dan informasi tentang kondisi lingkungan untuk mengkaji dampak paparan radiasi dan dosis pada kelompok atau populasi kritis dari operasi normal dan kecelakaan;
- d. Mengamati perubahan kompartemen lingkungan agar dapat dilakukan penyesuaian untuk mengurangi ketidakpastian dalam kajian dosis.
- e. Mempertahankan kesinambungan rekaman dampak radiologi dari kegiatan fasilitas di setiap kawasan lingkungan batan kepada masyarakat.

Masing-masing kawasan di lingkungan BATAN harus melakukan pengamatan penyebaran bahan radioaktif di lingkungan dan dosis radiasi yang ditimbulkan melalui program pemantauan lingkungan, dan hasilnya disampaikan kepada Kepala BATAN. Program pemantauan lingkungan dengan sasaran sebagai berikut (SB 016 BATAN:2014):

- a. Pengamatan radioaktivitas alam (*natural radioactivity*) dan jatuhnya debu radioaktif dilakukan sebelum, selama dan setelah operasi instalasi nuklir. Tujuan pengamatan untuk memperoleh data radioaktif alam maupun dari sumber-sumber lainnya yang bukan berasal dari kegiatan fasilitas nuklir.

- b. Pengamatan juga dilakukan pada daerah yang diperkirakan tidak dipengaruhi oleh kegiatan instalasi nuklir. Pengamatan tingkat radiasi dan tingkat kontaminasi radionuklida dalam ekosistem yang diperkirakan dipengaruhi secara langsung oleh kegiatan fasilitas nuklir dan limbahnya.
- c. Pengamatan terutama ditujukan terhadap tingkat radiasi lingkungan dan deteksi radionuklida dalam bahan lingkungan yang diperkirakan menjadi media masuknya ke manusia baik melalui pernapasan ataupun melalui bahan makanan yang diproduksi di sekitar daerah pengamatan. Pengamatan tingkat radiasi dan tingkat kontaminasi lingkungan yang diduga akan menerima pengaruh jika terjadi kecelakaan nuklir.

Pengambilan sampel radioaktivitas lingkungan dapat memberikan informasi tentang tingkat radioaktivitas parameter lingkungan di suatu lokasi dengan radius yang telah ditentukan. Pengambilan sampel radioaktivitas lingkungan yang ditindak lanjuti dengan program analisis dapat berfungsi untuk mendapatkan data dasar tingkat radioaktivitas lingkungan (SB 014 BATAN:2013).



Gambar 4.4 Contoh Pola Jarak Pengambilan Sampel

(Sumber: SB 014 BATAN:2013 tentang Pedoman tentang Analisis Sampel Radioaktivitas Lingkungan)

Udara ambien

Pemantauan paparan radiasi udara ambien meliputi laju dosis dan dosis kumulatif dilakukan dengan cara pengukuran secara kontinyu, berkala 1 bulan dan 3 bulan di berbagai titik pengamatan. Dengan cara ini dapat diketahui adanya perubahan laju dosis terhadap hasil pengamatan sebelumnya dan sesaat (real time). Laju dosis udara ambien juga dipantau secara berkala 3 bulan pada berbagai titik pengamat dengan menggunakan surveimeter, untuk mengetahui perubahan laju dosis selama 3 bulan. Tingkat acuan peralatan ini diatur pada $0,25 \mu\text{Sv/jam}$, bila laju dosis melampaui tingkat acuan maka sistem alarm akan memberikan tanda bunyi sehingga lepasan abnormal dapat diketahui lebih dini.

Tanah

Pemantauan kontaminasi pada tanah permukaan dan tanah pertanian dilakukan dengan mengambil cuplikan tanah setiap 3 bulan pada beberapa lokasi pantau yang telah ditetapkan dalam radius 5 km dari reaktor. Sampel tanah setelah diolah, dianalisis kandungan bahan radioaktifnya dengan alat cacah α atau β latar rendah dan spektrometer gamma.

Tanaman

Pemantauan terhadap tanaman liar dilakukan melalui jenis rumput lainnya yang merupakan bahan makanan ternak. Pemantauan ini dilakukan dengan mengambil tanaman liar di tempat penggembalaan ternak pada daerah radius 5 km dari reaktor, sampel lingkungan tersebut diolah menjadi abu kemudian diukur menggunakan alat cacah α atau β latar rendah untuk mengetahui tingkat kontaminasi zat radioaktifnya (SB 016 BATAN:2014).

Waktu dan frekuensi pemantauan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 33 Tahun 2009 pasal 27 ayat (1) menyebutkan bahwa pemantauan radioaktivitas lingkungan harus dilakukan secara terus menerus atau kontinyu, berkala atau sewaktu-waktu, maka kegiatan pemantauan lingkungan di setiap kawasan di lingkungan BATAN dilakukan sebagai berikut (SB 016 BATAN:2014).

1. Pemantauan kontinyu dilakukan secara terus menerus.
2. Pemantauan rutin dilakukan secara berkala setiap 1 (satu) dan 3 (tiga) bulan.
3. Pemantauan khusus atau tidak rutin adalah pemantauan yang dilakukan di luar jadwal pemantauan rutin.
4. Pemantauan khusus dilaksanakan hanya pada keadaan:
 - Adanya operasi non-rutin yang diperkirakan terjadi peningkatan kontaminasi terhadap komponen lingkungan,
 - Adanya kecelakaan yang dapat mengakibatkan tingkat kontaminasi meningkat terhadap komponen lingkungan,
 - Ditemukannya tingkat kontaminasi yang cukup berarti dalam sampel lingkungan selama pemantauan rutin.

4.3 Identifikasi Risiko di PSTNT BATAN

Penilaian Risiko adalah proses evaluasi risiko yang timbul dari bahaya, dengan mempertimbangkan kecukupan pengendalian yang ada dan penentuan apakah risiko dapat diterima atau tidak terkait dengan PAK. Penyakit Akibat Kerja (PAK) adalah penyakit yang mempunyai penyebab spesifik atau memiliki keterkaitan yang kuat dengan pekerjaan. Risiko yang dapat diterima adalah risiko yang telah dikurangi hingga tingkat yang dapat ditoleransi oleh organisasi dengan mempertimbangkan kewajiban hukumnya dan kebijakan K3 nya. Tujuan penilaian risiko adalah untuk mengidentifikasi dan mengukur potensi bahaya dari setiap tahapan pekerjaan yang berdampak pada K3 di lingkungan kerja, menilai besaran risiko, dan mengendalikan risiko atas dasar prioritas tertentu. Penilaian risiko mencakup penilaian terhadap semua aspek bahaya yang dapat diidentifikasi secara rinci meliputi bahaya fisik, mekanik, elektrik, kimia, biologi, ergonomi, fisiologi dan psiko-sosial akibat sumber bahaya yang bersifat permanen, operasi, proses, lingkungan maupun kegiatan (SB 006-1-BATAN:2019).

Dalam melakukan penilaian risiko harus dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Risiko ditentukan sesuai dengan ruang lingkup, sifat dan waktu untuk memastikan agar bersifat proaktif dan bukan reaktif; dan
2. Penilaian risiko memberikan identifikasi, prioritas dan dokumentasi risiko, serta aplikasi pengendalian yang sesuai,
3. Organisasi harus memastikan bahwa hasil penilaian risiko dipertimbangkan saat menentukan pengendalian,
4. Organisasi bertanggung jawab dalam menyusun, melakukan, mendokumentasikan, mengkomunikasikan dan mensosialisasikan penilaian risiko K3,
5. Tahapan penilaian risiko dalam suatu kegiatan, proses maupun fasilitas/instalasi secara sistematis meliputi identifikasi bahaya, analisis risiko dan pengendalian risiko.

Identifikasi bahaya

Identifikasi bahaya harus dilakukan secara cermat dan komprehensif, sehingga tidak ada potensi bahaya yang terlewatkan atau tidak teridentifikasi (SB 006-1-BATAN:2012).

1. Pengenalan kegiatan untuk menemukan, mengenali dan mendeskripsikan tahapan kegiatan tertentu dari serangkaian pekerjaan yang dilakukan oleh organisasi yang menghasilkan atau mendukung satu atau lebih produk,
2. Pengenalan bahaya untuk menemukan, mengenali, dan mendiskripsikan potensi bahaya yang terdapat dalam setiap tahapan kegiatan atau pekerjaan (persiapan, pelaksanaan, penyelesaian) dan akibatnya (kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja,
3. Pengukuran potensi bahaya,
4. Membuat daftar bahaya yang merupakan tahapan memasukkan setiap sumber bahaya ke dalam suatu daftar potensi bahaya.

Untuk mengenali tahapan kegiatan dan bahaya yang ditimbulkan, diperlukan beberapa informasi kunci seperti **Tabel 4.4** berikut.

Tabel 4.4 Informasi Identifikasi Bahaya

Parameter yang perlu diketahui	Cara mendapat informasi
Tempat pekerjaan dilakukan	Denah lokasi pekerjaan/lay out
Personel yang melakukan pekerjaan	Data pekerja, observasi
Peralatan dan bahan yang digunakan	Daftar alat dan bahan yang digunakan, MSDS, dan lain-lain
Tahapan/urutan pekerjaan	Diagram alir/prosedur/instruksi kerja
Tindakan Kendali yang telah ada	Laporan Kecelakaan dan/atau PAK
Peraturan terkait yang mengatur	<ul style="list-style-type: none"> • Peraturan perundang-undangan, standar, dan pedoman • Wawancara, inspeksi, audit dan lain-lain

(Sumber: SB 006-1-BATAN:2012 tentang Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

Secara sederhana dalam menemukan potensi bahaya yang terdapat dalam suatu tahapan pokok kegiatan, dilakukan dengan cara menentukan kegiatan pokok dalam pekerjaan tersebut untuk kemudian dianalisis masing-masing bahaya yang muncul dari setiap kegiatan pokok tersebut. Hasil identifikasi bahaya minimal memuat informasi tahapan pokok kegiatan, Potensi Bahaya dan Akibat Kecelakaan(PAK).

Analisis Risiko

Analisis risiko dilakukan dengan mengkombinasikan antara peluang/probabilitas (sebagai bentuk kuantitatif dari faktor ketidakpastian) dan konsekuensi/dampak dari terjadinya suatu risiko. Analisis risiko pada prinsipnya adalah melakukan perhitungan terhadap peluang, konsekuensi dan risiko. Peluang atau probabilitas merupakan kemungkinan terjadinya suatu kecelakaan/kerugian ketika terpapar dengan suatu bahaya. Di tempat kerja, peluang dapat terjadi misalnya karena jatuh melewati jalan licin, terinfeksi virus, bakteri, terpapar atau terkontaminasi zat radioaktif, tersengat listrik dan lain sebagainya.

Pengukuran peluang dilakukan dengan melihat jenis kegiatan, yaitu (SB 006-1-BATAN:2012):

- a. Kegiatan rutin yang berulang setiap waktu atau dengan hasil kegiatan yang sama atau hampir sama, atau
- b. Kegiatan non-rutin yang tidak berulang yang dilakukan dalam kurun waktu tertentu dengan hasil kegiatan yang tidak sama.

Tabel 4.5 Skala Peluang Terjadinya Risiko

Skala	Sifat	
	Rutin	Non-rutin
1	Secara teori bisa terjadi, tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi	Secara teori bisa terjadi, tetapi yakin tidak akan terjadi selama pekerjaan berlangsung
2	Pernah terjadi 1(satu)kalipada suatu waktu yang tidak diketahui dengan pasti, diatas 5(lima) tahun	Bisa terjadi tetapi sangat kecil kemungkinan akan terjadi 1(satu)kali selama pekerjaan berlangsung
3	Pernah terjadi dalam waktu 5(lima)tahun terakhir	Bisa terjadi paling banyak 1(satu)kali selama pekerjaan berlangsung
4	Pernah terjadi dalam waktu 3(tiga) tahun terakhir	Pernah terjadi dalam waktu 3(tiga) tahun terakhir
5	Pernah terjadi dalam waktu 1 (satu) tahun terakhir	Bisa terjadi lebih dari 3 (tiga) kali selama pekerjaan berlangsung

(Sumber: SB 006-1-BATAN:2012 tentang Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

Pengukuran Konsekuensi (Akibat)

Pengukuran konsekuensi dimaksud kan untuk menentukan tingkat keparahan atau kerugian yang mungkin terjadi dari suatu kecelakaan atau *loss* akibat bahaya yang ada. Konsekuensi ini biasanya terkait dengan manusia atau pekerja, properti, lingkungan hidup dan lain-lain. Seluruh kegiatan harus dilakukan pengukuran konsekuensi sebagai berikut (SB 006-1-BATAN:2012):

- a. Skala konsekuensi ditentukan berdasarkan penjumlahan terhadap 5 (lima) sub konsekuensi yaitu Dampak K3 (K1), Kondisi daerah kerja radiasi (K2), Penerimaan dosis individu (K3), Lingkungan Hidup (K4) dan Kerugian finansial (K5).
- b. Jika suatu sumber risiko dinilai mempunyai skala konsekuensi berbeda, maka yang digunakan adalah skala konsekuensi tertinggi.

Tabel 4.6 Skala Pengukuran Konsekuensi

Skala	Kategori				
	Dampak K3 (K1)	Kondisi Daerah Kerja Radiasi (K2)	Penerimaan Dosis Individu (K3)	Lingkungan Hidup (K4)	Kerugian Finansial X (K5)
1	Tindakan P3K	<5 mSv pertahun	≤ 20 mSv pertahun	< BML (Baku Mutu Lingkungan Radioaktivitas gross α dan gross β masing-masing di: Air : 1 Bq/L Tanah : 700 Bq/kg Rumput : 111 Bq/kg Udara : 2×10^{-6} Bq/L Paparan radiasi	X < 5%

Skala	Kategori				
	Dampak K3 (K1)	Kondisi Daerah Kerja Radiasi (K2)	Penerimaan Dosis Individu (K3)	Lingkungan Hidup (K4)	Kerugian Finansial X (K5)
				eksternal dari kontaminasi udara dengan radionuklida yang tidak diketahui: 1 μ Sv/jam	
2	Perawatan medis	5 < dosis < 15mSv pertahun	20 < dosis \leq 200 mSvper tahun	Dapat pulih dengan sendirinya < 12 bulan	5% < X < 15%
3	Cacat permanen 1 orang	15 < dosis < 50 mSv pertahun	200 < dosis \leq 500 mSvper tahun	Dapat dipulihkan dengan intervensi manusia dalam waktu < 12 bulan	15 % < X < 30%
4	Kematian 1 orang; cacat permanen > 1 orang	>50 mSv pertahun	500 < dosis < 5000 mSvper tahun	Dapat dipulihkan dengan intervensi manusia dalam waktu	30 % < X < 50%

Skala	Kategori				
	Dampak K3 (K1)	Kondisi Daerah Kerja Radiasi (K2)	Penerimaan Dosis Individu (K3)	Lingkungan Hidup (K4)	Kerugian Finansial X (K5)
				lama > 12 bulan	
5	Kematian lebih dari 1 orang	terdapat kontamina si	≥ 5000 mSv per tahun	Tidak dapat dipulihkan dengan cara apapun	$X > 50\%$

(Sumber: SB 006-1-BATAN:2012 tentang Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

CATATAN 1 Kerugian finansial dihitung berdasarkan prosentase nilai nominal sebuah kegiatan.

CATATAN 2 Kegiatan yang dimaksud adalah kegiatan di unit kerja yang disetujui oleh kepala pusat.

CATATAN 3 Baku Mutu Lingkungan merupakan ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Perhitungan Risiko

Risiko dihitung dengan mengalikan nilai skala peluang dengan nilai gabungan skala konsekuensi sesuai dengan persamaan berikut (SB 006-1-BATAN:2012):

$$R = P \times (K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5)$$

Dengan:

R = Risiko (Tabel 4.4)

P = Peluang (Tabel 4.5)

$K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5$ = Konsekuensi (Tabel 4.6)

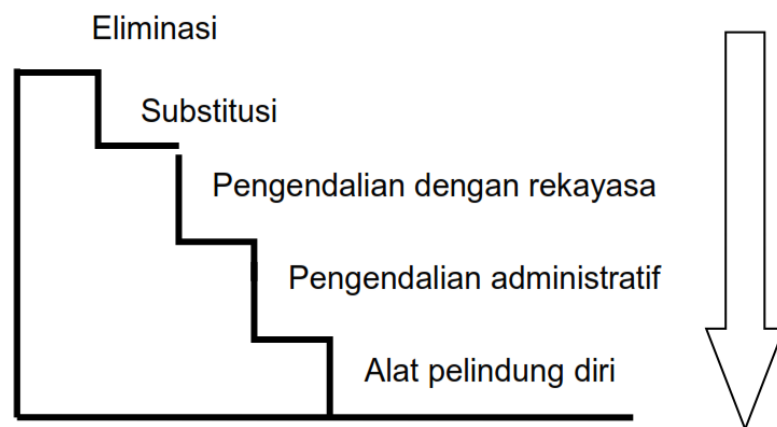
Selanjutnya, nilai hasil perhitungan risiko (R) dibandingkan dengan skala sehingga didapatkan Pemeringkatan Risiko kegiatan atau tahapan pekerjaan pada suatu unit kerja atau kelompok kerja.

Tabel 4.7 Pemeringkatan Risiko

Peringkat	Skala Risiko	Kesimpulan
A	0 –24	Risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif
B	25–49	Risiko belum dapat diterima, perludilakukan tindakan pengendalian tambahan
C	50 –74	Risiko tidak dapat diterima, harus dilakukan tindakan pengendalian
D	75 –99	Risiko sangat tidak dapat diterima harus dilakukan tindakan pengendalian segera
E	100 –125	Risiko amat sangat tidak dapat diterima, kegiatan tidak dilaksanakan hingga dilakukan pengendalian untuk mereduksi risiko.

(Sumber: SB 006-I-BATAN:2012 tentang Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

Organisasi harus memastikan bahwa hasil penilaian risiko dipertimbangkan pada saat menentukan pengendalian. Pengendalian risiko harus dilakukan terhadap tingkat risiko yang tidak dapat diterima (*unacceptable risk*) sehingga mencapai tingkat risiko yang dapat diterima (*acceptable risk*). Jika suatu batas risiko masih dapat diterima, risiko tersebut harus tetap dipantau secara berkala, didokumentasikan dan rekamannya harus dipelihara. Tingkat risiko yang dapat diterima akan bergantung kepada penilaian atau pertimbangan dari suatu organisasi berdasarkan tindakan pengendalian yang telah ada, sumber daya (finansial, SDM, fasilitas, dan lain-lain), regulasi atau standar yang berlaku serta rencana keadaan darurat. Saat menentukan langkah pengendalian risiko, atau mempertimbangkan perubahan terhadap pengendalian yang ada, mengacu hirarki pengendalian (SB 006-1-BATAN:2012):



Gambar 4.5 Hirarki Pengendalian Risiko

(Sumber: SB 006-1-BATAN:2019 Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

- a. **Eliminasi** mencakup penghilangan terhadap potensi bahaya;
- b. **Substitusi** mencakup penggantian bahan yang berpotensi menimbulkan bahaya dengan bahan yang tidak berbahaya;
- c. **Pengendalian dengan rekayasa** misalnya pemasangan sistem ventilasi yang cukup, pemasangan penahan radiasi, design keteknikan untuk kenyamanan kerja;

- d. **Pengendalian administratif** misalnya pelaksanaan shift kerja, rotasi dan mutasi personel, prosedur kerja keselamatan, pemasangan simbol atau tanda-tanda bahaya termasuk tanda radiasi, lembar data keselamatan bahan (Material Safety Data Sheet: MSDS) di daerah kerja;
- e. **Alat pelindung diri (APD)** mencakup alat pelindung untuk melindungi anggota tubuh (seperti earplug/ear muff; safety goggles, respirator, sarung tangan, sepatu keselamatan).

Jenis-jenis kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang berpeluang terjadi di BATAN sesuai dengan lampiran (SB 006-1-BATAN:2019).

A. Kecelakaan kerja

1. Terbentur, terpukul.
2. Terjepit, tertimbun, tenggelam, tersesat.
3. Terjatuh, tergelincir.
4. Terpapar oleh panas, tekanan udara, kebisingan, radiasi, suara dan cahaya.
5. Terkontaminasi zat radioaktif.
6. Terhisap, terserap, dan tertelan bahan berbahaya ke dalam tubuh.
7. Tersentuh aliran listrik.
8. Terluka, tersayat, tergores, luka bakar, terpotong.
9. Terluka oleh binatang dan lain-lain.

B. Penyakit akibat kerja

1. Pneumokoniosis yang disebabkan oleh debu mineral pembentukan jaringan paru (silikosis, antrakosilikosis, asbestosis) dan silikotuberkulosis yang silikosis merupakan faktor utama penyebab cacat atau kematian.
2. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronkhopulmoner) yang disebabkan oleh debu logam keras.
3. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronkhopulmoner) yang disebabkan oleh debu kapas, vlas, henep dan sisal (bissinosis).
4. Asma akibat kerja yang disebabkan oleh penyebab sensitisasi dan zat perangsang yang dikenal yang berada dalam proses pekerjaan.
5. Alveolitis allergika yang disebabkan oleh faktor dari luar sebagai akibat penghirupan debu organik.

6. Penyakit yang disebabkan oleh berilium, kadmium, mangan, arsen, raksa, timbal, fluor, karbon disulfida, derivat halogen dari persenyawaan hidrokarbonatifatik atau aromatik yang beracun, benzena atau homolognya yang beracun, derivat nitro dan amina dari benzena atau homolognya yang beracun, nitrogliserin atau ester asam nitrat lainnya, alkohol, glikol atau keton.
7. Penyakit yang disebabkan oleh gas atau uap penyebab asfiksia atau keracunan seperti karbon monoksida, hidrogensianida, hidrogen sulfida atau derivatnya yang beracun, amoniak, seng, braso dan nikel.
8. Kelainan pendengaran yang disebabkan oleh kebisingan.
9. Penyakit yang disebabkan oleh getaran mekanik (kelainan-kelainan otot, urat, tulang persendian, pembuluh darah tepi atau syaraf tepi).
10. Penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dalam udara yang bertekanan lebih.
11. Penyakit yang disebabkan oleh radiasi elektromagnetik dan radiasi pengion.
12. Penyakit kulit (dermatosis) yang disebabkan oleh penyebab fisik, kimiawi atau biologi.
13. Kanker kulit epiteloma primer yang disebabkan oleh ter, pic, bitumen, minyak mineral, antrasena, atau persenyawaan, produk atau residu dari zat tersebut.
14. Kanker paru atau mesotelioma yang disebabkan oleh asbes.
15. Penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus, bakteri, atau parasit yang didapat dalam suatu pekerjaan yang memiliki risiko kontaminasi khusus.
16. Penyakit yang disebabkan oleh suhu tinggi atau rendah atau panas radiasi atau kelembaban udara tinggi.
17. Penyakit yang disebabkan oleh bahan kimia lainnya termasuk bahan obat.
18. Penyakit yang disebabkan oleh Iodine.
19. Lain-lain.

Contoh sumber potensi bahaya

1. Mesin (press, bor, gerinda, dan lain-lain).
2. Penggerak mula dan pompa (motor bakar, pompa angin/kompresor, pompa air, kipas angin, penghisap udara, dan lain-lain).
3. Lift (untuk orang atau barang baik yang digerakkan dengan tenaga uap, listrik, hidrolik, dan lain-lain);
4. Pesawat angkat (crane, derek, dongkrak, dan lain-lain);
5. Conveyor (ban berjalan, rantai berjalan, dan lain-lain);
6. Pesawat angkut (forklift, mobil, truk, gerbong, dan lain-lain);
7. Alat transmisi mekanik (rantai, pulley, dan lain-lain);
8. Perkakas kerja tangan (pahat, palu, pisau, kapak, dan lain-lain);
9. Pesawat uap dan bejana tekan (ketel uap, bejana uap, pemanas air, pengering uap, tabung bertekanan, dan lain-lain);
10. Peralatan listrik (motor listrik, generator, transformator, sekering, sakelar, kawat penghantar, dan lain-lain);
11. Bahan kimia;
12. Debu berbahaya (mudah meledak, organik/anorganik seperti debu asbes, debu silika, dan lain-lain);
13. Radiasi dan bahan radioaktif (kontaminasi, paparan, sinar ultra, sinar infra, dan lain-lain);
14. Faktor lingkungan (iklim kerja, tekanan udara, getaran, bising, cahaya, dan lain-lain);
15. Bahan mudah terbakar dan benda panas (minyak, kertas, uap, dan lain-lain);
16. Binatang (serangga, cacing, binatang buas, bakteri, dan lain-lain);
17. Permukaan lantai kerja (lantai, jalan, peralatan, dan lain-lain);
18. Geologi nuklir (tersesat, jatuh, terpeleset, longsor penambangan, pengolahan uranium);
19. Purifikasi (konduktivitas dan pH);
20. Alat tulis kantor (lemari besi, filing cabinet, cutter, dan pensil runcing).

Contoh pengendalian risiko

A. Pengendalian dengan Rekayasa

1. Pemasangan tanggul
2. Pemasangan pemisah oli
3. Pemasangan pelindung mesin
4. Penggunaan pengumpul debu
5. Pemasangan saringan
6. Pemasangan level sensor/limit switch
7. Pemasangan pendeteksi gas
8. Pemasangan gate valve
9. Pemasangan perisai radiasi
10. Pengaturan jarak sumber radiasi
11. Pengaturan waktu kerja
12. Pelaksanaan 5R atau kegiatan bersih-bersih.

B. Pengendalian Administratif

1. Jadwal pemeliharaan
2. *On the job training*
3. *Standard operating procedure* (SOP)
4. Rambu/amaran atau peringatan
5. Program kepedulian
6. Jadwal pemantauan
7. Kesiapsiagaan dan tanggap darurat

4.3.1 Identifikasi Risiko di Kegiatan Pengelolaan Limbah PSTNT BATAN

Limbah radioaktif adalah zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan kembali. Pengelolaan limbah radioaktif yang dilakukan untuk penilaian risiko, meliputi pengelolaan limbah radioaktif padat dan limbah B3 PSTNT BATAN dengan tingkat radioaktivitas sedang-rendah. Berikut rincian pengelolaan limbah radioaktif (SOP 096.2 PSTNT BATAN:2016):

1. Penghasil limbah mengumpulkan dan memilah limbah bahan kimia yang tidak terpakai atau yang sudah kadaluarsa. Pemilahan pertama dibedakan berdasarkan wujud zat yaitu padat atau cair.
2. Penghasil limbah melakukan karakterisasi limbah bahan kimia dengan cara melihat tabel *Material Safety Data Sheet* (MSDS).
3. Untuk limbah bahan kimia yang tidak memiliki tabel, identifikasi dilakukan dengan menguji bahan kimia menggunakan kertas lakmus atau pH-meter untuk membedakan asam, basa atau netral. Pada botol diberi identitas berupa huruf atau angka, tanggal pengujian pH, dan bidang/bagian/unit/klinik penghasil limbah. Data dicatat pada kolom catatan/keterangan di form serah terima LB3.
4. Limbah infeksius dari laboratorium dibedakan menjadi limbah biologis (seperti bangkai hewan uji, darah, urine, dan jaringan biologis hewan uji) dan limbah nonbiologis seperti jarum suntik, preparat bekas pakai, dan barang uji lain yang kontak dengan sumber infeksi. Sedangkan limbah medis dibedakan menjadi limbah biologis (seperti darah, urine dan jaringan tubuh), limbah nonbiologis (seperti jarum suntik, mata pisau bedah, jarum, preparat, dan barang lain yang kontak dengan sumber infeksi di laboratorium dan klinik).
5. Setelah limbah LB3 terinventarisasi, LB3 dimasukkan kedalam wadah plastik tembus pandang agar label tetap terlihat. Jika tidak menggunakan plastik tembus pandang misal plastik gelap warna hitam identitas LB3 harus tetap ada dan terlihat. Identitas bisa berupa tulisan menggunakan spidol permanen atau menggunakan kertas label yang tidak mudah lepas. Karakter limbah bahan kimia dicatat dalam form serah terima LB3. Identitas label meliputi nama, jenis, wujud, dan karakter LB3.
6. Formulir serah terima LB3 diserahkan oleh penghasil limbah kepada bidang K3 (Sub. Bidang KKPR).
7. LB3 dilakukan pengelolaan dan dikemas ulang dengan cara memasukkan LB3 ke dalam drum khusus.

8. Setelah zat radioaktif yang akan dikirim dimasukkan ke dalam wadah/pembungkus yang sesuai dengan jenis dan aktivitasnya. Dilakukan pengukuran paparan radiasi baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan kendaraan pengangkut serta pada tempat pengemudi dan PPR memasang tanda radiasi pada kendaraan pengangkut (SB 016 BATAN:2014).

Kebanyakan limbah radioaktif padat yang dihasilkan dari fasilitas kesehatan dan laboratorium penelitian mempunyai sifat dapat terbakar, misalnya: tissue, kertas, kain, karton, sarung tangan, pakaian pelindung, masker, bangkai binatang dan material biologi lain. Sedangkan limbah radioaktif tidak dapat bakar antara lain: barang pecah belah, serpihan logam, peralatan dekontaminasi. Untuk limbah padat radioaktif sebagai akibat kontaminasi dan limbah sumber radioaktif selanjutnya dikirimkan ke PTLR-BATAN. Tahapan pokok pengerjaan pada pengelolaan limbah radioaktif dengan tingkat radioaktivitas rendah-sedang (SOP 055.2 BATAN 2015):

1. Persiapan Alat dan Bahan

- Persiapan alat dan bahan seperti gunting, drum, pasir, kantong plastik, pH meter, survei meter, pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) seperti: TLD, sarung tangan, masker, *safety shoes*, *cover head*, kacamata, pakaian pelindung atau jas lab.
- Persiapan formulir/dokumen yang diperlukan.
- Petugas Proteksi Radiasi (PPR) mengukur laju dosis radiasi pada jarak 1 meter dari permukaan limbah dan daerah kerja. Dengan batasan laju dosis radiasi yang ditetapkan tidak melebihi 10 μ Sv/jam untuk menentukan durasi kerja personil atau pengelola limbah.
- Pemantauan laju dosis dan paparan radiasi personil (TLD) setelah pelaksanaan kegiatan, apabila didapati kontaminasi dilakukan dekontaminasi pada daerah/alat/personil yang terkontaminasi.



Gambar 4.6 Pemantauan Laju Dosis Daerah Pengelolaan Limbah

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

2. Pelaksanaan pekerjaan

a. Pengelolaan Limbah B3

- Pengambilan limbah radioaktif.

Dilakukan serah terima dan pengumpulan limbah B3 dari penghasil limbah kepada personil pengelola limbah di setiap instalasi PSTNT BATAN. Disertai dengan kelengkapan dokumen limbah yang dihasilkan.



Gambar 4.7 Limbah B3 PSTNT BATAN

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Pelapisan drum dengan kantong plastik.

Sebelum dilakukan pewadahan limbah yang akan dikelola, dilakukan pemindahan drum/wadah terlebih dahulu dan wadah dilapisi kantong plastik agar wadah yang digunakan tidak terkontaminasi atau terkena zat radioaktif.



Gambar 4.8 Persiapan Wadah Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Pengelompokan jenis limbah B3 sesuai kesesuaian atau sifat kompatibilitasnya. Limbah B3 yang dihasilkan dilakukan pemilahan sesuai dengan jenis atau sifat limbah nonbiologisnya seperti (Jarum Suntik, Mata Pisau Bedah, Jarum, Preparat, Botol kaca bekas larutan, Masker, Sarung tangan sekali pakai dan barang lainnya). Limbah B3 yang dikelola tidak didapati limbah biologis.



Gambar 4.9 Pengelompokan Jenis Limbah B3

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Pewadahan dan pengemasan.

Setelah dilakukan pemilahan, limbah di simpan pada wadah berbentuk drum. Sesuai dengan jenis dan kategori limbah.



Gambar 4.10 Pewadahan dan Pengemasan Limbah B3

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Penyimpanan sementara drum

Selesai dilakukan pengelolaan limbah, wadah atau drum yang digunakan untuk penyimpanan limbah B3 di simpan sebelum dilakukan pengangkutan pada pihak pengolah limbah.



Gambar 4.11 Penyimpanan Sementara Limbah

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

b. Limbah Radioaktif

- Pengambilan limbah radioaktif.

Sebelum dilakukan pewadahan limbah yang akan dikelola, dilakukan pemindahan drum/wadah terlebih dahulu dan wadah dilapisi kantong plastik agar wadah yang digunakan tidak terkontaminasi atau terkena zat radioaktif.



Gambar 4.12 Limbah Radioaktif Padat PSTNT BATAN

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Pelapisan drum dengan kantong plastik.
Sebelum dilakukan pewadahan limbah yang akan dikelola, wadah dilapisi kantong plastik agar wadah yang digunakan tidak terkontaminasi atau terkena zat radioaktif.



Gambar 4.13 Persiapan Wadah Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Pemisahan limbah radioaktif
Limbah padat radioaktif yang dihasilkan dilakukan pemilahan sesuai dengan jenis atau sifat limbah nonbiologisnya seperti (Kertas, Plastik, Kain, Karet, dan barang lainnya yang digunakan).



Gambar 4.14 Kegiatan Pemisahan atau Pemilahan Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Pewadahan limbah radioaktif

Setelah dilakukan pemilahan, limbah di simpan pada wadah berbentuk drum. Sesuai dengan jenis dan kategori limbah.



Gambar 4.15 Pewadahan dan Pengemasan Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Penyimpanan sementara drum limbah radioaktif

Selesai dilakukan pengelolaan limbah, wadah atau drum yang digunakan untuk penyimpanan limbah B3 di simpan sebelum dilakukan pengangkutan pada pihak pengolah limbah.



Gambar 4.16 Penyimpanan Sementara Limbah

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

c. Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif

- Persiapan Alat dan Bahan.

Persiapan alat dan bahan roda angkut, survei meter, pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) seperti: TLD, sarung tangan, masker, *safety shoes*, *cover head*, kacamata, pakaian pelindung atau jas lab.

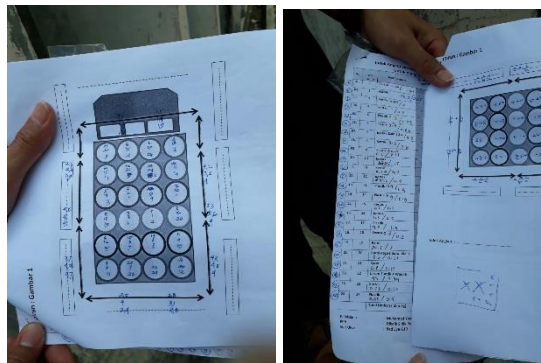




Gambar 4.17 Persiapan Kegiatan Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Periapan layout penyimpanan wadah limbah radioaktif.
Dilakukan pengarahan instruksi kerja dan pembagian kerja terlebih dahulu, seperti: notulensi, dokumentasi, yang melakukan pemetaan wadah atau drum limbah radioaktif.



Gambar 4.18 Layout Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Penentuan index angkut limbah radioaktif.
Penentuan index angkut dilakukan di tempat terbuka dengan penentuan dan penyusunan wadah atau drum tempat limbah radioaktif agar paparan atau laju dosis diluar alat angkut limbah radioaktif tidak membahayakan keselamatan pada saat proses pengangkutan. Penentuan index angkut limbah radiasi dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali untuk meningkatkan keakuratan data. Dengan pengarahan konfigurasi radiasi limbah radioaktif dari radiasi tertinggi hingga terendah, harus ditentukan posisi dengan laju dosis yang terkecil dengan jarak minimal 1 (satu) meter dari pengemudi dan pengendara sekitar, serta mempertimbangkan jarak tempuh berkendara.



Gambar 4.19 Kegiatan Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

- Penyimpanan sementara drum.

Setelah dilakukan penentuan index angkut limbah drum disimpan sementara dan ditutup agar tidak terkena aliran air yang dapat terkontaminasi oleh zat radioaktif. Serta memasang tanda radiasi di sekitar wadah atau drum limbah radioaktif.



Gambar 4.20 Penyimpanan Sementara Wadah Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Tabel 4.8 Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
1.	Persiapan Alat dan Bahan:												
	Persiapan alat dan bahan yang digunakan	-Peralatan terjatuh -Peralatan tercecer	- Peralatan rusak - Luka	- Bekerja sesuai dengan SOP - Menata dan meletakkan peralatan pada tempat yang aman		1	1	1	2	-	-	4	A
	Persiapan formulir atau dokumen	Dokumen kegiatan tidak tercatat dengan baik		Menata dokumen sesuai kategori		1	1	2	2	-	-	5	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
2.	Pelaksanaan Pekerjaan												
	a. Pengelolaan Limbah B3 non biologis												
	Pengambilan limbah radioaktif.	Terpapar radiasi Limbah radioaktif tercecer karena wadah yang tidak sesuai	Efek radiasi stokastik Kontaminasi ke lingkungan Kontaminasi personil	- Menggunakan APD (sarung tangan, masker, <i>safety shoes</i> , pakaian pelindung/jas lab) - Pemantauan paparan radiasi	- Pengambilan dilakukan dengan menggunakan alat bantuan angkut seperti <i>trolley</i> .	2	1	2	2	-	-	10	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				dengan surveimeter dan TLD - Penempatan limbah pada wadah yang sesuai - Bekerja mengikuti SOP									
	Pemindahan drum dan Pelapisan drum dengan kantong plastik.	- Drum tergelincir - Terkena benda tajam	Luka	- Meletakan drum dan plastik pada tempat yang aman	Menggunakan alat bantuan untuk mengangkut drum seperti <i>trolley</i> drum	1	1	2	2	-	-	5	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				- Menggunakan APD									
	Pengelompok-an jenis limbah B3	- Terpapar radiasi - Bahan tercampur - Tidak terdapat data lengkap mengenai limbah cair yang dipilah - Tumpahan limbah - Botol pecah	- Kontaminasi personil - Kontaminasi limbah lain - Terjadi reaksi spontan dari larutan yang tersisa - Iritasi dari larutan - Kontaminasi atau	- Menggunakan APD - Pemantauan paparan radiasi dengan surveimeter dan TLD - Pemisahan sesuai dengan sifat bahan kimia/MSDS	- Penghasil limbah memastikan tidak tersisa larutan pada botol yang sudah tidak digunakan. - Sudah dilakukan pemilahan dari penghasil limbah - Penghasil limbah sudah terdapat data terkait	2	1	2	2	-	-	10	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
		- Terkena pecahan botol pada proses alat kompaksi - Terkena benda tajam - Larutan B3 terhirup - Keadaan kerja yang tidak teratur karena keterbatasan waktu kerja	pencemaran daerah kerja - Luka - Efek radiasi stokastik	- Pemisahan larutan dilakukan berdasarkan warna larutan dan telah di cek dengan indikator pH - Penyimpanan botol pada wadah yang sesuai - Bekerja mengikuti SOP	limbah yang dihasilkan (seperti: tanggal kadaluarsa larutan, jenis larutan sesuai dengan pH dsb) - Penyesuaian tempat atau daerah kerja untuk dilakukan pengelompok-								

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
					an limbah B3 (larutan yang tersisa) - Pembagian kerja, jumlah sumber daya dan jam kerja personil lebih jelas.								
	Pewadahan dan Pengemasan	- Botol pecah - Drum melebihi kapasitas muat - Terpapar radiasi	- Luka - Kontaminasi personil - Kontaminasi dan pencemaran daerah kerja	- Menggunakan APD dan TLD - Penataan limbah sesuai dengan kapasitas wadah/drum		1	1	2	2	-	-	5	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
			- Kerusakan pada wadah limbah	- Memberikan pasir di sela-sela atau ruang atara limbah di dalam wadah/drum - Bekerja mengikuti SOP - Pemilihan wadah atau drum yang sesuai									

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
	Penyimpanan sementara drum	<div>- Drum tergelincir</div> <div>- Drum melebihi kapasitas muat/angkut</div> <div>- Drum tidak teridentifikasi</div> <div>- Penataan yang tidak sesuai pada penyimpanan drum yang tidak terpakai di tempat terbuka</div>	<div>- Luka</div> <div>- Kontaminasi dan pencemaran daerah kerja</div> <div>- Kontaminasi lingkungan</div> <div>- Kontaminasi personil</div> <div>- Membahayakan makhluk hidup (spt: hewan) terkena radiasi</div>	<div>- Menggunakan APD, TLD</div> <div>- Setiap wadah diberikan label jenis limbah.</div> <div>- Setiap wadah/drum limbah diberi label identifikasi jenis limbah</div> <div>- Bekerja mengikuti SOP</div> <div>- Jika kapasitas/daya</div>	<div>- Menggunakan alat bantu angkut seperti <i>trolley</i> drum untuk melakukan pemindahan limbah</div> <div>- Pemberian label di tempat yang mudah terlihat dan tidak mudah hilang.</div>	2	1	2	2	-	-	10	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				tampung limbah penyimpanan sementara sudah melebihi, segera lakukan pengiriman atau membatasi jumlah limbah yang dikelola hingga pengiriman limbah sebelumnya	- Penandaan wadah limbah dengan simbol/nomor yang mudah diidentifikasi - Pemyimpana dengan penataan yang baik atau penutupan pada wadah yang tidak digunakan								

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				selesai dilaksanakan. - Penataan penyimpanan limbah - Pembatasan akses - Rambu-rambu keselamatan dan tanda radiasi									

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
	b. Pengelolaan Limbah Radioaktif												
	Pengambilan limbah radioaktif.	Terpapar radiasi - Limbah radioaktif tercecer karena wadah yang tidak sesuai	Efek radiasi stokastik - Kontaminasi ke lingkungan - Kontaminasi personil	- Menggunakan APD (sarung tangan, masker, <i>safety shoes</i> , pakaian pelindung/jas lab) - Pemantauan paparan radiasi dengan	- Pengambilan dilakukan dengan menggunakan alat bantuan angkut seperti <i>trolley</i> .	2	1	2	2	-	-	10	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				surveimeter dan TLD - Penempatan limbah pada wadah yang sesuai - Bekerja mengikuti SOP									
	Pemindahan drum dan Pelapisan drum dengan kantong plastik.	- Drum tergelincir - Terkena benda tajam	Luka	- Meletakkan drum dan plastik pada tempat yang aman - Menggunakan APD	Menggunakan alat bantuan untuk mengangkut drum seperti <i>trolley</i> drum	1	1	2	2	-	-	5	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
	Pemisahan limbah radioaktif	- Terpapar radiasi - Tertusuk jarum - Terkena benda tajam lain - Limbah tercecer - Keadaan kerja yang tidak teratur karena keterbatasan waktu kerja	- Efek stokastik - Terluka - Kontaminasi personil - Kontaminasi daerah kerja	- Menggunakan APD - Pemantauan paparan radiasi dengan surveimeter dan TLD - Bekerja mengikuti SOP - Pemilihan area kerja untuk dilakukan pemilahan	- Pemilahan sudah dilakukan sebelumnya oleh penghasil limbah - Dilakukan penataan tempat untuk pemilahan limbah - Pembagian kerja, jumlah sumber daya dan jam kerja	2	1	2	2	-	-	10	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				- Identifikasi jenis limbah radioaktif	personil lebih rinci.								
	Pewadahan limbah radioaktif	- Terpapar radiasi - Drum melebihi kapasitas penyimpanan	- Efek stokastik - Kontaminasi daerah kerja - Kontaminasi personil	- Menggunakan APD - Pemantauan paparan radiasi dengan surveimeter dan TLD - Bekerja mengikuti SOP - Penataan limbah sesuai dengan		1	1	2	2	-	-	5	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				kapasitas wadah/drum - Pemilihan wadah atau drum yang sesuai									
	Penyimpanan sementara drum	- Drum tergelincir - Drum melebihi kapasitas muat/angkut - Terpapar radiasi	- Luka - Kontaminasi dan pencemaran daerah kerja - Kontaminasi lingkungan - Kontaminasi personil	- Menggunakan APD, TLD - Setiap wadah diberikan label jenis limbah. - Setiap wadah/drum limbah diberi	- Menggunakan alat bantu angkut seperti <i>trolley</i> drum untuk melakukan pemindahan limbah	2	1	2	2	-	-	10	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
		- Drum tidak teridentifikasi - Penataan yang tidak sesuai pada penyimpanan drum yang tidak terpakai di tempat terbuka	- Efek stokastik - Membahayakan makhluk hidup (spt: hewan) terkena radiasi	label identifikasi jenis limbah - Bekerja mengikuti SOP - Penataan penyimpanan limbah - Pembatasan akses - Rambu-rambu keselamatan dan tanda radiasi	- Pemberian label di tempat yang mudah terlihat dan tidak mudah hilang. - Penandaan wadah limbah dengan simbol/nomor yang mudah diidentifikasi - Pemyimpana dengan penataan yang								

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
					baik atau penutupan pada wadah yang tidak digunakan								
	c. Penentuan index angkut limbah radioaktif												
	Periapan <i>layout</i> penyimpanan wadah limbah radioaktif.	Dokumen tercecer dan tidak tercatat dengan baik		- Pembagian kerja sebelum pelaksanaan penentuan index angkut limbah radioaktif		1	1	1	2	-	-	4	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				- Pemindahan drum dilakukan dengan bantuan pesawat angkut atau <i>trolley</i> - Penyusunan dokumen									
	Pelaksanaan Penentuan index angkut limbah radioaktif. - Pengangkutan drum di tempat terbuka	- Terpapar radiasi - Drum melebihi kapasitas angkut - Terkena wadah limbah dengan massa berlebih - Terjepit drum	- Luka - Cedera tubuh - Kontaminasi personil - Kontaminasi daerah kerja dan lingkungan	- Pemantauan paparan radiasi dengan surveimeter dan TLD	- Menggunakan alat bantu angkut seperti <i>trolley</i> drum untuk melakukan	2	1	1	2	-	-	8	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
	- Pemindahan drum limbah radioaktif	- Wadah limbah rusak/bocor - Wadah limbah tidak teridentifikasi dengan baik	- Efek stokastik		pemindahan drum limbah - Penandaan wadah limbah dengan simbol/nomor yang mudah diidentifikasi sebelum dilaksanakan penentuan index								

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko						Pemeringkatan Risiko	
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
	Penyimpanan sementara drum	- Drum penyimpanan limbah sulit diidentifikasi jenis untuk pencatatan data - Terpapar radiasi - Limbah terrkena air hujan	- Kesalahan dalam melakukan pendataan - Kontaminasi personil - Kontaminasi daerah kerja - Pencemaran lingkungan	- Penataan penyimpanan limbah - Pembatasan akses - Rambu-rambu keselamatan dan tanda radiasi - Pemantauan paparan radiasi dengan surveimeter dan TLD		1	1	1	2	-	-	4	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				- Penutupan drum limbah dengan penutup tambahan (terpal)									
3.	Penyelesaian												
	Mengembalikan peralatan yang digunakan dan menyimpan hasil pengukuran atau dokumenasi kegiatan	- Alat terjatuh dan tertingal - Dokumentasi tercecer atau hilang	- Luka - Alat rusak - Hasil kegiatan tidak terdokumentasi dengan baik	- Meletakan peralatan pada tempat yang sesuai dan aman - Menata dokumen, melakukan <i>back up</i> data dan		1	1	1	2	-	-	4	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi Pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K4	K5		
				pemeriksaan dokumen secara berkala									

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

Berdasarkan formulir dan penilaian risiko keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan sesuai dengan SOP 055.2 PSTNT BATAN:2015 Tahapan pokok pekerjaan dalam kegiatan pengelolaan limbah termasuk pada jenis kegiatan dengan penentuan skala peluang terjadinya risiko tergolong pada sifat kegiatan rutin dengan, skala 1 menyatakan bahwa peluang terjadinya risiko secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi dan skala 2 menyatakan bahwa peluang terjadinya risiko pernah sesekali pada suatu waktu yang tidak diketahui dengan pasti.

Skala pengukuran konsekuensi pada penilaian risiko pekerjaan pengelolaan limbah hanya berdasarkan pengukuran atau penilaian terhadap aspek konsekuensi Dampak K3 (K1), Kondisi Daerah Kerja Radiasi (K2) dan Penerimaan Dosis Individu (K3). Tidak memperhitungkan aspek Lingkungan Hidup (K4) dikarenakan untuk pengukuran terhadap aspek lingkungan hidup (K4) pada pengukuran parameter radioaktivitas lingkungan dilakukan pengukuran periode triwulan atau data yang diperoleh per 3 (tiga) bulan 1 (satu) kali sesuai dengan periode atau jadwal Sub. Bidang KKPR PSTNT BATAN dan tidak dilakukan pada saat proses atau kegiatan pengelolaan limbah di PSTNT. Selain itu, pengukuran terhadap kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi tempat kerja juga tidak dilakukan pada saat kegiatan pengelolaan limbah, dimana data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran dengan periode 1 (satu) tahun 1 (satu) kali sesuai dengan jadwal pengukuran kondisi lingkungan kerja di PSTNT BATAN. Penilaian risiko pada pekerjaan pengelolaan limbah juga tidak memperhitungkan aspek Kerugian Finansial (K5), dikarenakan tidak diperoleh data kehilangan hari kerja sehingga tidak diperhitungkan konsekuensi kerugian finansial yang dapat ditimbulkan dari risiko kecelakaan kerja di PSTNT BATAN.

a. Persiapan Alat dan Bahan

Potensi bahaya kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan dari tahapan pokok pekerjaan persiapan alat dan bahan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi.

Perisiapan alat dan bahan serta dokumen dilakukan dengan baik pada pengarah awal atau *briefing* sebelum memulai kegiatan pengelolaan limbah B3, sehingga skala peluang terjadinya risiko dinyatakan dengan skala 1. Pada kegiatan awal sebelum melakukan pelaksanaan pekerjaan di PSTNT BATAN dilakukan pengarah sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan dan dilakukan pembagian tugas serta waktu kerja personil yang akan bekerja di daerah radiasi. Konsekuensi atau akibat kecelakaan dan/atau pencemaran lingkungan yang dapat terjadi karena potensi bahaya (K3) dan lingkungan pada tahapan pokok kerja persiapan alat dan bahan memiliki dampak yang bisa ditangani dengan tindakan P3K, pada aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Untuk melakukan persiapan alat dan bahan dilakukan pada kondisi daerah kerja radiasi daerah supervisi dimana dosis radiasi yang diperoleh kurang dari 5 mSv pertahun, sehingga pada aspek K2 dinyatakan dengan skala 1. Persiapan alat dan bahan dilakukan oleh personil dengan penerimaan dosis individu antara 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, sehingga pada aspek K3 dinyatakan dengan skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan persiapan alat dan bahan dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

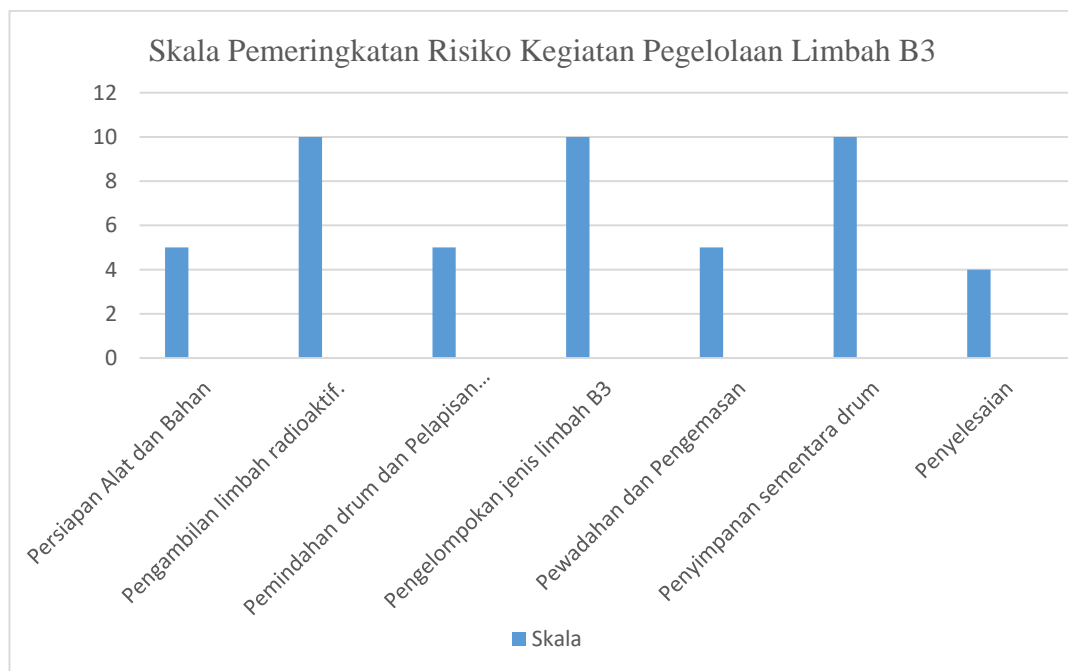
$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

b. Pelaksanaan Pekerjaan

1. Pengelolaan Limbah B3

Berdasarkan formulir dan penilaian risiko keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan sesuai dengan SOP 055.2 PSTNT BATAN:2015 pada pekerjaan pengelolaan limbah diperoleh total profil kegiatan atau rating risiko A dengan skala pemeringkatan risiko yang diperoleh dalam grafik Gambar berikut



Gambar 4.21 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Pengelolaan Limbah B3

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

Pengambilan Limbah B3

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pengambilan limbah radioaktif berdasarkan hasil observasi lapangan pernah terjadi sekali pada waktu yang tidak diketahui dengan pasti, limbah B3 yang sedang dilakukan pengambilan sempat tercecer karena wadah yang digunakan tidak sesuai. Dengan jumlah limbah yang berlebih, terdapat limbah benda tajam, serta plastik tembus pandang yang digunakan sebagai wadah limbah radioaktif, dan terkadang pengambilan limbah dilakukan tanpa bantuan pesawat

angkutan seperti *trolley*. Maka, dapat mengakibatkan kerusakan pada wadah yang digunakan dan limbah B3 dapat tercecer.

Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pengambilan limbah dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Pengambilan limbah dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pengambilan limbah dinyatakan dalam skala 10 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rekomendasi pengendalian yang diperlukan yaitu pada saat pengambilan atau pengumpulan limbah radioaktif dilakukan dengan menggunakan alat bantu seperti *trolley*. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+2+2+0+0) = 10$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Pemindahan drum dan Pelapisan drum dengan kantong plastik.

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pemindahan drum dan pelapisan drum dengan kantong plastik berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pemindahan drum dan pelapisan drum dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan limbah radioaktif dengan dosis antara 5

sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2.

Pemindahan drum dan pelapisan drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pemindahan drum dan pelapisan drum dinyatakan dalam skala 5 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+2+2+0+0) = 5$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Pengelompokan jenis limbah B3

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pengelompokan jenis limbah B3 berdasarkan hasil observasi lapangan pernah terjadi sekali pada waktu yang tidak diketahui dengan pasti. Limbah B3 yang dihasilkan meliputi botol kaca berisi larutan yang tersisa dari kegiatan laboratorium, ketika dilakukan pengelompokan limbah B3 pengelola melakukan dan memastikan botol yang akan dilakukan kompaksi tidak terdapat larutan yang tersisa. Pemisahan larutan dilakukan berdasarkan parameter visual larutan tersebut, dipisahkan antara larutan bewarna dan larutan yang tidak bewarna. Sebelum dilakukan pemisahan, larutan di periksa kadar pH terlebih dahulu menggunakan indikator pH. Beberapa sisa larutan tidak teridentifikasi dengan baik seperti jenis, tanggal kadaluarsa, pH dan sifat-sifat larutan lainnya, sehingga terkadang beberapa larutan yang bersifat reaktif dan dapat menimbulkan reaksi spontan dari pencampuran larutan yang tidak teridentifikasi. Tidak terdapat tempat pemisahan khusus untuk memisahkan larutan yang tersisa, pengelompokan dilakukan disekitar limbah jenis lain dan

dapat dimungkinkan apabila larutan tercecer limbah lain akan terkontaminasi. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pengelompokan jenis limbah B3 dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan limbah radioaktif dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Pengelompokan jenis limbah B3 dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pengelompokan limbah B3 dinyatakan dalam skala 10 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rekomendasi pengendalian diberikan sebagai berikut, sebaiknya penghasil limbah sudah memastikan tidak terdapat larutan sisa pada botol yang akan dikelola dan sudah dilakukan pemilahan atau pengelompokan limbah B3 pada sumber, sehingga dapat mengurangi waktu pengelolaan limbah dan mengurangi tingkat kontaminasi personil dan/atau lingkungan. Pengelompokan atau pemisahan larutan terdapat data yang jelas terkait larutan dan disediakan tempat khusus untuk dilakukan pemisahan limbah B3, agar mengurangi potensi bahaya reaktif larutan dan kontaminasi pada limbah lain. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+2+2+0+0) = 10$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Pewadahan dan Pengemasan

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pewadahan dan pengemasan limbah berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1.

Pekerjaan pewadahan dan pengemasan limbah dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan limbah radioaktif dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Pewadahan dan pengemasan dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pewadahan dan pengemasan dinyatakan dalam skala 5 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+2+2+0+0) = 5$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Penyimpanan sementara drum

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan penyimpanan sementara drum berdasarkan hasil observasi lapangan pernah terjadi sekali pada waktu yang tidak diketahui dengan pasti. Drum yang sudah terisi oleh limbah dan sudah dikelola dilakukan pemindahan serta penyimpanan drum, pada saat proses pemindahan dengan muatan tidak melebihi 30 kg dapat dimungkinkan kerusakan pada wadah apabila pemindahan dilakukan tanpa bantuan pesawat angkut seperti *trolley*.

TPS limbah radioaktif PSTNT BATAN, merupakan TPS atau instalasi dengan sistem semi terbuka sehingga diperlukan penataan dan penutupan pada drum yang tidak terpakai agar tidak terjangkau dan/atau menghindari kontaminasi pada makhluk hidup lain seperti hewan. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan penyimpanan sementara drum dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan sementara drum dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Penyimpanan sementara drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan penyimpanan sementara drum dinyatakan dalam skala 10 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

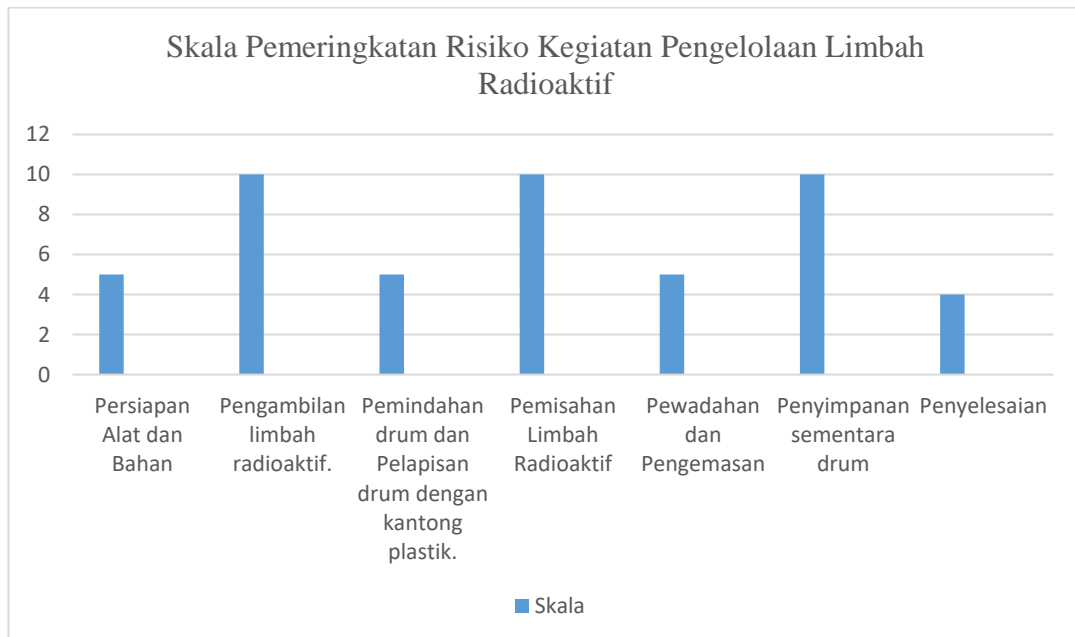
$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+2+2+0+0) = 10$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

2. Pengelolaan Limbah Radioaktif

Berdasarkan formulir dan penilaian risiko keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan sesuai dengan SOP 055.2 PSTNT BATAN:2015 pada pekerjaan pengelolaan limbah radioaktif diperoleh total profil kegiatan atau rating risiko A dengan skala pemeringkatan risiko yang diperoleh dalam grafik Gambar berikut.



Gambar 4.22 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Pengelolaan Limbah Radioaktif

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

Pengambilan Limbah Radioaktif

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pengambilan limbah radioaktif berdasarkan hasil observasi lapangan pernah terjadi sekali pada waktu yang tidak diketahui dengan pasti, limbah radioaktif yang sedang dilakukan pengambilan sempat tercecer karena wadah yang digunakan tidak sesuai. Dengan jumlah limbah yang berlebih, terdapat limbah benda tajam seperti jarum suntik dan kaca botol bekas larutan, serta plastik tembus pandang yang digunakan sebagai wadah limbah radioaktif, dan terkadang pengambilan limbah dilakukan tanpa bantuan pesawat angkut seperti *trolley*. Maka, dapat mengakibatkan kerusakan pada wadah yang digunakan dan limbah radioaktif dapat tercecer. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pengambilan limbah dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2.

Pengambilan limbah dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pengambilan limbah dinyatakan dalam skala 10 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rekomendasi pengendalian yang diperlukan yaitu pada saat pengambilan atau pengumpulan limbah radioaktif dilakukan dengan menggunakan alat bantu seperti *trolley*. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+2+2+0+0) = 10$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Pemindahan drum dan Pelapisan drum dengan kantong plastik.

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pemindahan drum dan pelapisan drum dengan kantong plastik berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pemindahan drum dan pelapisan drum dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan limbah radioaktif dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Pemindahan drum dan pelapisan drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pemindahan drum dan pelapisan drum dinyatakan dalam skala 5 atau dengan rating risiko yang diperoleh A.

Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+2+2+0+0) = 5$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Pemisahan Limbah Radioaktif

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pemisahan limbah radioaktif berdasarkan hasil observasi lapangan pernah terjadi sekali pada waktu yang tidak diketahui dengan pasti. Limbah radioaktif yang dihasilkan meliputi masker mulut, sarung tangan sekali pakai, tissue, kertas, plastik dan jarum suntik berasal dari kegiatan laboratorium yang terdapat kontaminasi radioaktif. Pada saat pemilahan, personil dibatasi oleh waktu agar meminimalisir paparan yang diterima selama mengelola limbah radioaktif. Sehingga, pekerjaan diperlukan kecekatan dan efisiensi pengerjaan dengan meminimalisir kecelakaan yang ada. Peluang terkena benda tajam dapat terjadi apabila pekerjaan tidak dilakukan dengan hati-hati. Peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pemisahan limbah radioaktif dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan limbah radioaktif dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Pemisahan limbah radioaktif dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pemisahan limbah radioaktif dinyatakan dalam skala 10 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia.

Rekomendasi pengendalian diberikan sebagai berikut, sebaiknya penghasil limbah sudah mengelola dan melakukan pemilahan limbah terlebih dahulu, sehingga dapat mengurangi waktu pengelolaan limbah dan mengurangi tingkat kontaminasi personil dan/atau lingkungan. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+2+2+0+0) = 10$$

Skala Risiko 0 -24 = A

Pewadahan dan Pengemasan

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan pewadahan dan pengemasan limbah berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan pewadahan dan pengemasan limbah dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan limbah radioaktif dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Pewadahan dan pengemasan dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pewadahan dan pengemasan dinyatakan dalam skala 5 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+2+2+0+0) = 5$$

Skala Risiko 0 -24 = A

Penyimpanan sementara drum

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan penyimpanan sementara drum berdasarkan hasil observasi lapangan pernah terjadi sekali pada waktu yang tidak diketahui dengan pasti. Drum yang sudah terisi oleh limbah dan sudah dikelola dilakukan pemindahan serta penyimpanan drum, pada saat proses pemindahan dengan muatan tidak melebihi 30 kg dapat dimungkinkan kerusakan pada wadah apabila pemindahan dilakukan tanpa bantuan pesawat angkut seperti *trolley*. TPS limbah radioaktif PSTNT BATAN, merupakan TPS atau instalasi dengan sistem semi terbuka sehingga diperlukan penataan dan penutupan pada drum yang tidak terpakai agar tidak terjangkau dan/atau menghindari kontaminasi pada makhluk hidup lain seperti hewan. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan penyimpanan sementara drum dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi sekitar tempat penyimpanan sementara drum dengan dosis antara 5 sampai dengan kurang dari 15 mSv pertahun termasuk daerah kerja pengendalian, aspek K2 dinyatakan dalam skala 2. Penyimpanan sementara drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan penyimpanan sementara drum dinyatakan dalam skala 10 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

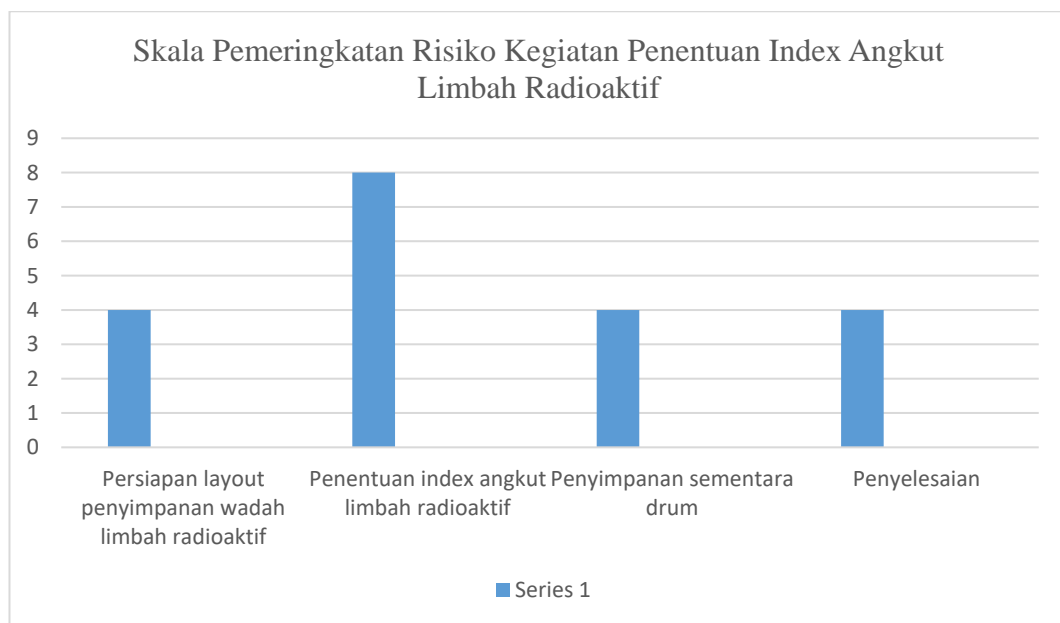
$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+2+2+0+0) = 10$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

3. Penentuan index angkut limbah radioaktif

Berdasarkan formulir dan penilaian risiko keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan sesuai dengan SOP 055.2 PSTNT BATAN:2015 pada pekerjaan pengelolaan limbah diperoleh total profil kegiatan atau rating risiko A dengan skala pemeringkatan risiko yang diperoleh dalam grafik Gambar berikut



Gambar 4.23 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

Persiapan *layout* penyimpanan wadah limbah radioaktif

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya pada tahapan pokok pekerjaan persiapan *layout* dan penyimpanan wadah limbah radioaktif berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Pada pengarahan awal sebelum dilaksanakan tahapan pokok pekerjaan, dilakukan pengarahan dan pembagian kerja sesuai prosedur yang ditetapkan dan pemindahan wadah limbah radioaktif sudah menggunakan pesawat angkut seperti *trolley*. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1.

Pekerjaan persiapan *layout* dan penyimpanan wadah limbah radioaktif dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi tempat terbuka jauh sekitar tempat penyimpanan radioaktif dengan dosis antara kurang dari 5 mSv pertahun termasuk daerah kerja supervisi, aspek K2 dinyatakan dalam skala 1. Persiapan *layout* dan penyimpanan wadah limbah radioaktif dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pewadahan dan pengemasan dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Penentuan index angkut limbah radioaktif

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya pada tahapan pokok pekerjaan penentuan index angkut limbah radioaktif berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori pernah terjadi sekali pada suatu waktu yang tidak diketahui dengan pasti. Pada penentuan index angkut limbah, dilakukan penataan drum atau wadah limbah radioaktif untuk menyusun arah atau konfigurasi radiasi agar tidak membahayakan keselamatan selama proses pengangkutan. Untuk menentukan index angkut limbah, pemindahan drum seringkali tidak menggunakan alat atau pesawat angkut seperti *trolley* untuk membantu proses pemindahan drum. Sehingga, dapat dimungkinkan pengangkutan drum dengan kapasitas kurang dari 30 kg dapat menyebabkan kecelakaan kerja seperti terjepit dan pengangkutan massa berlebih. Peluang terjadinya risiko pada pekerjaan penentuan index angkut limbah radioaktif dinyatakan dalam skala 2. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1.

Pekerjaan pekerjaan penentuan index angkut limbah radioaktif dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi tempat terbuka jauh sekitar tempat penyimpanan radioaktif dengan dosis antara kurang dari 5 mSv pertahun termasuk daerah kerja supervisi, aspek K2 dinyatakan dalam skala 1. Pekerjaan penentuan index angkut limbah radioaktif dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pekerjaan penentuan index angkut limbah radioaktif dinyatakan dalam skala 8 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Dengan rekomendasi pengendalian saat pelaksanaan limbah radioaktif penandaan wadah limbah yang mudah dapat membantu pelaksanaan penentuan index angkut limbah radioaktif. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+1+2+0+0) = 8$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Penyimpanan sementara drum

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan penyimpanan sementara drum berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau mendengar terjadi. Drum yang sudah terisi oleh limbah dan sudah dikelola disimpan sebelum dilakukan pengangkutan dengan diberi penutup agar dapat meminimalisir kontaminasi pada lingkungan. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan penyimpanan sementara drum dilakukan di daerah atau kondisi kerja radiasi tempat terbuka jauh sekitar tempat penyimpanan radioaktif dengan dosis antara kurang dari 5 mSv pertahun termasuk daerah kerja supervisi, aspek K2 dinyatakan dalam skala 1.

Penyimpanan sementara drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan penyimpanan sementara drum dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

c. Penyelesaian

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan penyelesaian berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau mendengar terjadi. Setelah dilakukan tahapan pokok pekerjaan, alat dan bahan yang digunakan disimpan di tempat yang sesuai dan dilakukan pemeriksaan terhadap kontaminasi radioaktif atau dosis radiasinya. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan penyelesaian dilakukan di daerah atau kondisi kerja antara kurang dari 5 mSv pertahun termasuk daerah kerja supervisi, aspek K2 dinyatakan dalam skala 1. Penyimpanan sementara drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok penyelesaian dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A.

Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

Skala Risiko 0 -24 = A

4.3.2 Identifikasi Risiko di Kegiatan Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan

Pemantauan di sekitar instalasi nuklir, baik di dalam kawasan maupun dalam radius beberapa kilometer di luar kawasan, mempunyai beberapa tujuan. Tujuan pertama adalah untuk melakukan penilaian dan pengawasan terhadap kemungkinan terjadinya lepasan radioaktivitas ke lingkungan dari instalasi nuklir tersebut. Tujuan kedua untuk mempelajari perpindahan radionuklida pada berbagai komponen lingkungan di sekitar instalasi dan potensi dampaknya terhadap manusia baik saat instalasi beroperasi maupun saat kecelakaan. Tujuan ketiga adalah untuk melihat dipenuhi atau tidaknya ketentuan yang berlaku tentang nilai batas lepasan radioaktivitas dari instalasi nuklir ke lingkungan. Berikut penjelasan mengenai Alat dan bahan yang digunakan serta prosedur yang dilakukan pada pemantauan radioaktivitas lingkungan berdasarkan SB 014 BATAN:2013.

1. Pengambilan sampel udara ambien

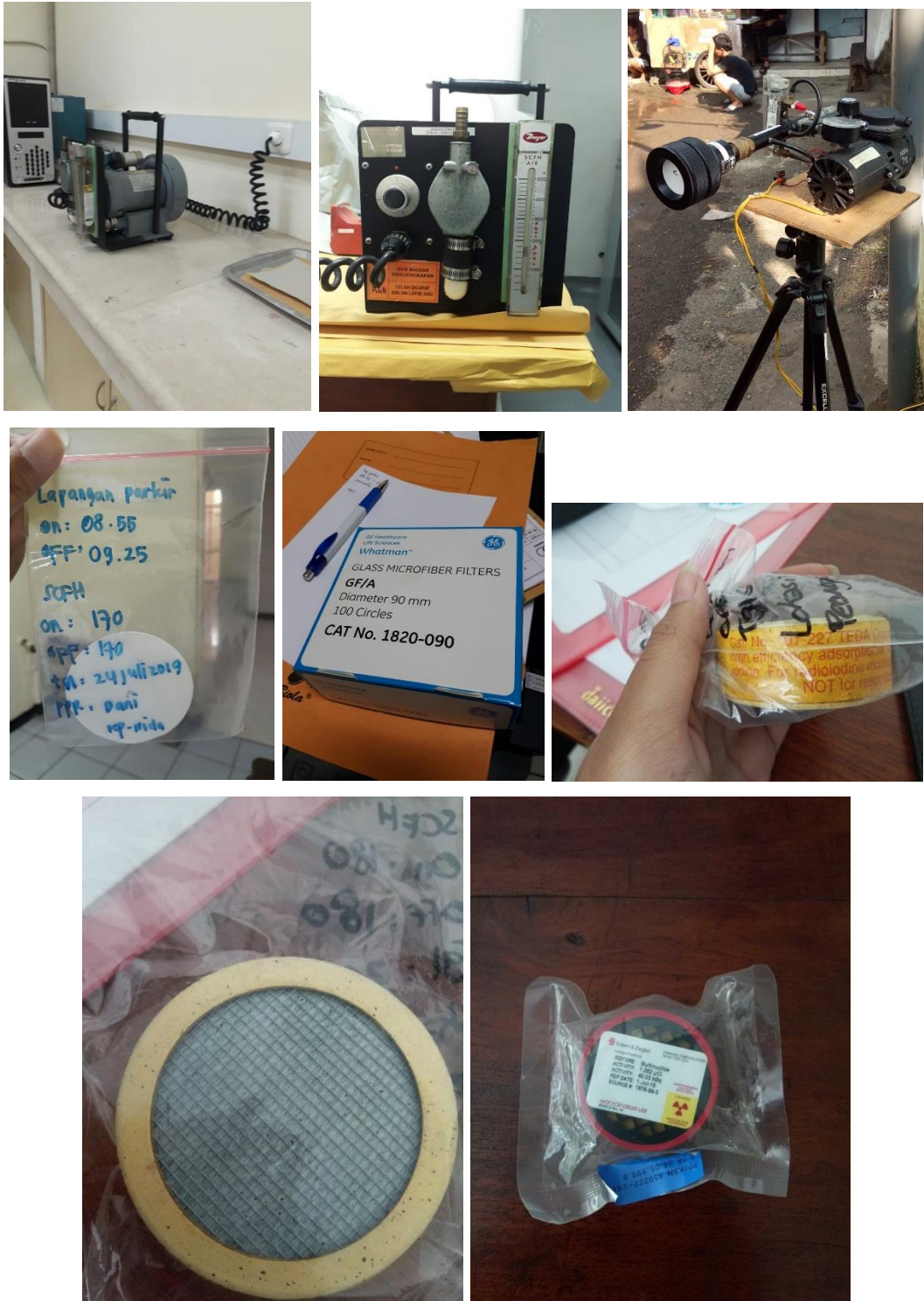
Prosedur ini memberikan petunjuk untuk pengambilan sampel udara untuk tujuan penentuan kandungan radionuklida pada partikulat udara dan gas di lingkungan.

Bahan

Filter Udara sesuai HVAS, Wadah filter udara yang telah dipakai, dan Charcoal.

Peralatan

High Volume Air Sampler(minimal 50 l/menit), Tripod, GPS dan Kamera digital.

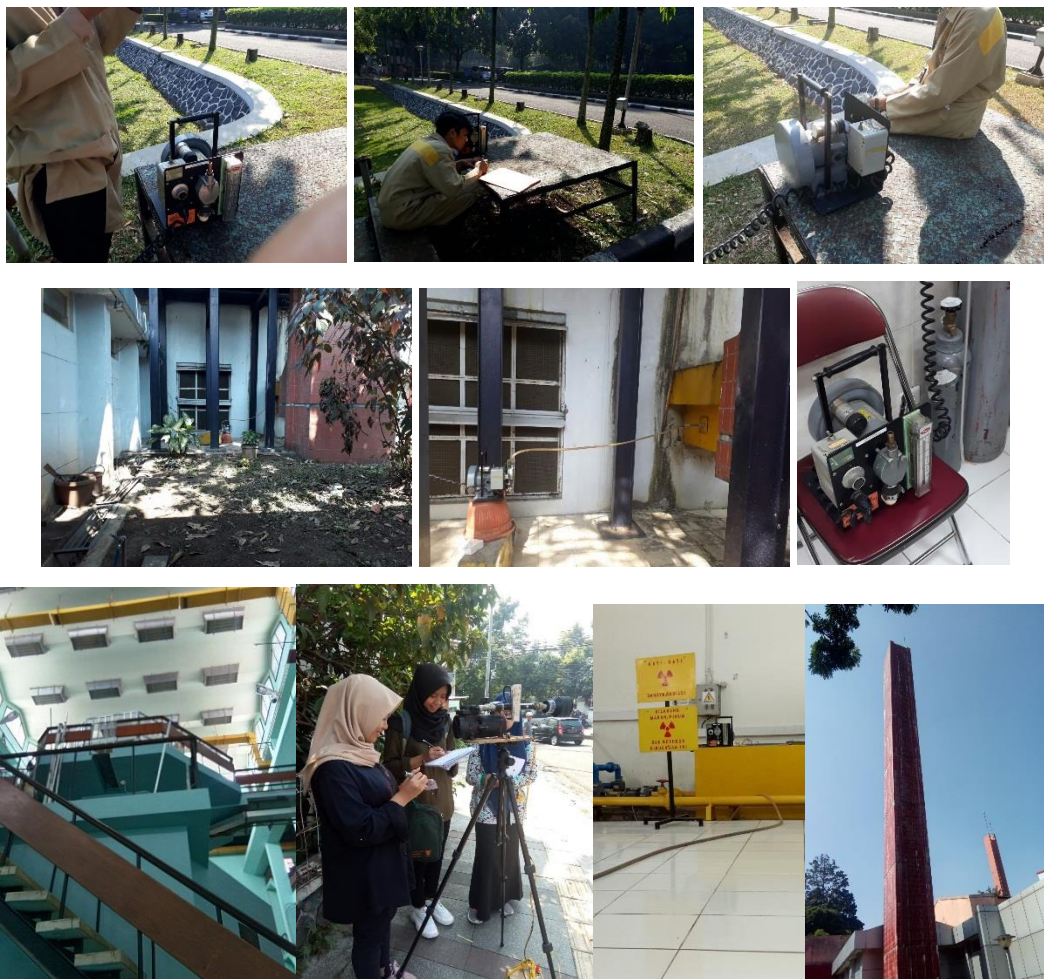


Gambar 4.24 Alat dan Bahan Sampling Radioaktivitas Udara Ambien

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pemilihan lokasi

1. Sampel udara yang masuk radius sampling harus representatif terhadap konsentrasi udara di dekat ujung alat pengambilan sampel.
2. Konsentrasi pada ujung sample harus representatif terhadap konsentrasi pada titik lokasi yang dimaksud.



Gambar 4.25 Kegiatan Pengambilan Sampel Radioaktivitas Udara Ambien

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pelaksanaan pengambilan sampel

1. Tentukan titik pengambilan sampel sesuai dengan gambar padarencanakegiatan.
2. Tentukan koordinat titik pengambilan dengan GPS.
3. Pilih lokasi sesuai persyaratan SNI 19-7119.9-2005.
4. Letakkan high volume air sampler dilokasi yang telah ditentukan.
5. Letakkan charcoal dan/atau filter di atas penyangga filter dengan permukaan yang halus di sebelah luar (menghadap keluar pompa), setelah filter tersangga dengan tepat maka ditutup kembali bagian pemegang filter dengan kuat.
6. Letakkan high volume air sampler secara mendatar pada ketinggian kira-kira 1,5 - 3,0 meter di atas tanah.
7. Hidupkan high volume air sampler (HVAS) dan lihat indikator atau *flowmeter* pompa yang menunjukkan aliran udara yang masuk. Catat waktu mulai pencuplikan, suhu dan kelembaban.
8. Sampel partikulat udara diambil selama 1 (satu) jam, dengan mencatat kondisi flowmete rair sampler, suhu dan kelembaban setiap 1 (satu) jam.
9. Catat waktu yang diperlukan untuk mengganti filter udara kalau diperlukan, atau pendinginan high volume air sampler, atau mati listrik.
10. Ambil foto lokasi pengambilan sampel udara.
11. Matikan high volume air sampler setelah pencuplikan, dan ambil filter dari air sampler.
12. Masukkan sampel filter atau charcoalke dalam wadah sampel.
13. Tempel wadah sampel dengan label.
14. Lakukan kegiatan untuk pengamanan sampel (Sample chain of custody).
15. Ukur sampel dengan spektrometer gamma atau Pencacahan sampel dilakukan menggunakan alat cacah latar rendah (*low background counter*) alat pembaca pemancar alfa dan beta.



Gambar 4.26 Kegiatan Pengukuran dan Analisis Sampel Radioaktivitas Udara Ambien

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

2. Pengambilan sampel tanah

Prosedur ini memberikan petunjuk untuk pengambilan sampel tanah pada kedalaman 5 cm untuk tujuan studi kandungan radionuklida yang baru dan pada kedalaman 5-20 cm untuk deposisi radionuklida. Pemilihan lokasi pengambilan, ketepatan pengukuran dan luas lokasi pengambilan sampel perlu diperhatikan.

Bahan

Wadah sampel (kantong plastik atau botol kaca).

Peralatan

Alat pengambil sampel dengan luasan tertentu, Penggaris atau alat ukur panjang dan Sekop kecil.

Pelaksanaan pengambilan sampel

1. Pilih lokasi berdasarkan petunjuk pada butir.
2. Ukur dua daerah dengan luas sekitar 1 m² dan jarak satu sama lain 3 m
3. Lakukan galian tanah untuk kedalaman 0-5 cm dengan panjang 30 cm x 30 cm dengan menggunakan sekop atau cangku yang bersih, dan bersihkan sesudah digunakan.
4. Masukkan sampel tanah galian kedalam wadah sampel yang tersedia sebanyak 3 s/d 5 kg.
5. Ambil foto lokasi galian



Gambar 4.27 Kegiatan Pengambilan Sampel Radioaktivitas Tanah

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Preparasi sampel tanah dan sedimen

1. Bersihkan sampel dari berbagai pengotornya seperti rumput, akar tanaman, batu kerikil dan lain-lain. Keringkan pada suhu 105 oC sampai kadar air konstan.
2. Haluskan sampel menggunakan grinder atau mortar dan ayak pada saringan dengan ukuran lubang 50 mesh.
3. Masukkan sejumlah sampel ke dalam Beker Marinelli 1 liter sampai penuh, kemudian ditimbang.
4. Tutup wadah dan ukur sampel dengan spektrometer sinar gamma.

5. Ukur sampel dengan spektrometer sinar gamma atau Pencacahan sampel dilakukan menggunakan alat cacah latar rendah (*low background counter*) alat pembaca pemancar alfa dan beta.



Gambar 4.28 Kegiatan Preparasi Sampel Radioaktivitas Tanah

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pengambilan sampel tanaman

Prosedur ini menguraikan cara pengambilan sampel rumput/tanaman dengan tujuan untuk memperoleh sampel yang representatif, dan meliputi cara pemilihan lokasi dan cara pengambilan sampel yang meliputi tanaman itu sendiri, bonggol tanaman (mat) dan akar tanaman (root soil)

Bahan

Wadah sampel atau kantong plastik

Peralatan

Alat pemotong, Sendok Tanah atau Cangkul, Alat Ukur Panjang atau Penggaris dan Timbangan

Pemilihan lokasi

1. Pengambilan sampel tanaman sebaiknya dilakukan pada lapangan terbuka.
2. Lokasi pengambilan sampel perlu ditentukan dengan GPS agar memudahkan pengambilan sampel selanjutnya (pemantauan rutin).
3. Jumlah lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan tujuan dan informasi yang diperlukan.

Pengambilan sampel tanaman untuk pemantauan kandungan radionuklida)

1. Tentukan lokasi pengambilan sampel berdasarkan petunjuk pada butir.
2. Sampel tanaman dipotong kira-kira 1 cm di atas bonggol tanaman atau 2 cm di atas permukaan tanah (agar sampel tidak terkontaminasi oleh bonggol tanaman) menggunakan gunting pemotong rumput atau sabit rumput.
3. Berat sampel yang diambil sekitar 2 s/d 5 kg.
4. Masukkan sampel kedalam kantong plastik dan diberi label (lokasi, kode sampel, tanggal pengambilan sampel dan nama serta tanda tangan petugas).
5. Bersihkan peralatan pengambilan sampel untuk digunakan pada pengambilan selanjutnya.



Gambar 4.29 Sampel Radioaktifitas Tanaman

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Preparasi sampel tanaman, hewan, dan makanan

1. Timbang sampel segar yang telah dibersihkan dari pengotor. Perkirakan jumlahnya sebanding dengan arang yang dihasilkan. Misalnya, untuk penentuan berat sampel segar yang diperlukan agar sebanding dengan jumlah arang yang ditempatkan dalam wadah (marinelli atau vial polietilen).
2. Keringkan sampel pada suhu 105°C di dalam oven.
3. Arangkan sampel didalam tungkud engan suhu tidak melebihi 400°C , lalu masukkan kedalam wadah untuk pengukuran dengan berat atau geometri sama dengan standar.
4. Ukur sampel dengan spektrometer sinar gamma atau Pencacahan sampel dilakukan menggunakan alat cacah latar rendah (low background counter) alat pembaca pemancar alfa dan beta.



Gambar 4.30 Kegiatan Preparasi Sampel Radioaktivitas Tanaman

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Tabel 4.9 Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K3	K5		
1.	Persiapan Alat dan Bahan:												
	Persiapan alat dan bahan yang digunakan	-Peralatan terjatuh -Peralatan tercecer	- Peralatan rusak - Luka	-Bekerja sesuai dengan SOP - Menata dan meletakkan peralatan pada tempat yang aman		1	1	2	1	-	-	4	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K3	K5		
2.	Pelaksanaan pekerjaan												
	Pemantauan radioaktivitas lingkungan												
	Pengambilan sampel lingkungan	-Lokasi licin -Perubahan cuaca -Terkena benda tajam -Cara pengambilan sampel yang kurang tepat	-Terjatuh -Luka -Jumlah sampel yang diambil tidak sesuai dengan ketentuan	-Menggunakan APD -Bekerja sesuai SOP -Pemilihan waktu pengambilan sampel		1	1	1	2	-	-	4	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan)	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K3	K5		
				-Pegarahan berkala tentang teknik sampling dan jenis sampel yang diambil									
	Preparasi sampel lingkungan	-Terkena benda tajam -Terhirup debu atau abu sampel -Kebisingan alat sampel preparasi	-Luka -Gangguan pernafasan -Kebisingan	-Menggunakan APD -Sistem <i>exhaust fan</i> yang baik	-Penggantian jenis APD untuk sistem pernafasan mengganti jenis masker yang digunakan	2	1	2	1	-	-	8	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K3	K5		
					-Dilakukan pengukuran sampel udara dengan parameter TSP -Pengukuran kebisingan berkala pada alat preparasi sampel								

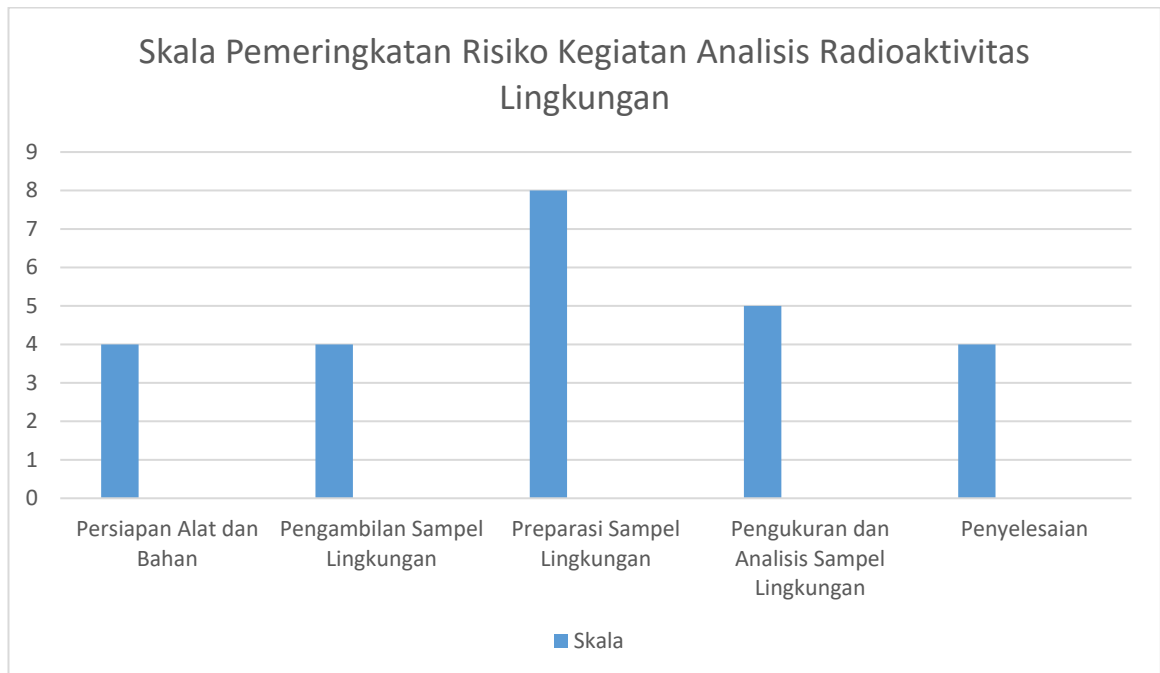
No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K3	K5		
	Pengukuran dan analisis sampel lingkungan	-Abu sampel terjatuh -Ketidakpastian hasil dari alat pengukuran	-Sampel tercecer -Hasil pengukuran kurang valid	-Penyimpanan sampel ditempat yang aman -Bekerja sesuai SOP -Dilakukan pengarahana berkala mengenai pengukuran dan analisis sampel		1	1	2	1	-	-	4	A

No.	Tahapan Pokok Pekerjaan	Potensi Bahaya (K3 dan Lingkungan	Akibat Kecelakaan dan Pencemaraan Lingkungan	Pengendalian yang sudah dilakukan	Rekomendasi pengendalian	Risiko					Pemeringkatan Risiko		
						Peluang	Konsekuensi					Skala	Rating Risiko
1	2	3	4	5	6	7	8					9	10
							K1	K2	K3	K3	K5		
3.	Penyelesaian												
	Mengembalikan peralatan yang digunakan dan menyimpan hasil pengukuran atau dokumenasi kegiatan	- Alat terjatuh dan tertinggal - Dokumentasi tercecer atau hilang	- Luka - Alat rusak - Hasil kegiatan tidak terdokumentasi dengan baik	- Meletakkan peralatan pada tempat yang sesuai dan aman - Menata dokumen, melakukan <i>back up</i> data dan pemeriksaan dokumen secara berkala		1	1	2	1	-	-	4	A

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

Berdasarkan formulir dan penilaian risiko keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan sesuai dengan SOP 055.2 PSTNT BATAN:2015 Tahapan pokok pekerjaan dalam kegiatan pemantauan radioaktivitas lingkungan termasuk pada jenis kegiatan dengan penentuan skala peluang terjadinya risiko tergolong pada sifat kegiatan rutin dengan, skala 1 menyatakan bahwa peluang terjadinya risiko secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi dan skala 2 menyatakan bahwa peluang terjadinya risiko pernah sesekali pada suatu waktu yang tidak diketahui dengan pasti.

Skala pengukuran konsekuensi pada penilaian risiko pekerjaan pemantauan radioaktivitas lingkungan hanya berdasarkan pengukuran atau penilaian terhadap aspek konsekuensi Dampak K3 (K1), Kondisi Daerah Kerja Radiasi (K2) dan Penerimaan Dosis Individu (K3). Tidak memperhitungkan aspek Lingkungan Hidup (K4) dikarenakan untuk pengukuran terhadap aspek lingkungan hidup (K4) pada pengukuran parameter radioaktivitas lingkungan dilakukan pengukuran periode triwulan atau data yang diperoleh per 3 (tiga) bulan 1 (satu) kali sesuai dengan periode atau jadwal Sub. Bidang KKPR PSTNT BATAN dan tidak dilakukan perbandingan dan/atau analisis data lebih lanjut. Selain itu, pengukuran terhadap kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi tempat kerja juga tidak dilakukan pada saat kegiatan pengelolaan limbah, dimana data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran dengan periode 1 (satu) tahun 1 (satu) kali sesuai dengan jadwal pengukuran kondisi lingkungan kerja di PSTNT BATAN. Penilaian risiko pada pekerjaan pengelolaan limbah juga tidak memperhitungkan aspek Kerugian Finansial (K5), dikarenakan tidak diperoleh data kehilangan hari kerja sehingga tidak diperhitungkan konsekuensi kerugian finansial yang dapat ditimbulkan dari risiko kecelakaan kerja di PSTNT BATAN.



Gambar 4.31 Grafik Skala Pemeringkatan Risiko Kegiatan Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

a. Persiapan Alat dan Bahan

Potensi bahaya kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan dari tahapan pokok pekerjaan persiapan alat dan bahan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Persiapan alat dan bahan serta dokumen dilakukan dengan baik pada pengarah awal atau *briefing* sebelum memulai kegiatan pengelolaan kualitas lingkungan, sehingga skala peluang terjadinya risiko dinyatakan dengan skala 1. Pada kegiatan awal sebelum melakukan pelaksanaan pekerjaan di PSTNT BATAN dilakukan pengarah sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan dan dilakukan pembagian tugas kerja. Konsekuensi atau akibat kecelakaan dan/atau pencemaran lingkungan yang dapat terjadi karena potensi bahaya (K3) dan lingkungan pada tahapan pokok kerja dapat ditangani dengan tindakan P3K, pada aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Untuk melakukan persiapan alat dan bahan dilakukan pada kondisi daerah kerja radiasi daerah supervisi dimana dosis radiasi yang diperoleh kurang dari 5 mSv pertahun, sehingga pada aspek K2 dinyatakan dengan skala 1.

Persiapan alat dan bahan dilakukan oleh personil dengan penerimaan dosis individu antara 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, sehingga pada aspek K3 dinyatakan dengan skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan persiapan alat dan bahan dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

b. Pelaksanaan pekerjaan

Pengambilan sampel lingkungan

Potensi bahaya kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan dari tahapan pokok pekerjaan pengambilan sampel lingkungan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Pengambilan sampel lingkungan dilakukan dengan baik pada pengarahan awal atau *briefing* sebelum memulai kegiatan pengelolaan kualitas lingkungan, sehingga skala peluang terjadinya risiko dinyatakan dengan skala 1. Pada kegiatan awal sebelum melakukan pelaksanaan pekerjaan di PSTNT BATAN dilakukan pengarahan sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan dan dilakukan pembagian tugas kerja. Konsekuensi atau akibat kecelakaan dan/atau pencemaran lingkungan yang dapat terjadi karena potensi bahaya (K3) dan lingkungan pada tahapan pokok kerja dapat ditangani dengan tindakan P3K, pada aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Untuk melakukan pengambilan sampel lingkungan dilakukan pada kondisi diluar daerah kerja radiasi dimana dosis radiasi yang diperoleh kurang dari 5 mSv pertahun, sehingga pada aspek K2 dinyatakan dengan skala 1. Pengambilan sampel lingkungan dilakukan oleh personil dengan penerimaan dosis individu antara 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, sehingga pada aspek K3 dinyatakan dengan skala 2.

Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pengambilan sampel lingkungan dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

Skala Risiko 0 -24 = A

Preparasi sampel lingkungan

Potensi bahaya kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan dari tahapan pokok pekerjaan preparasi sampel lingkungan pernah terjadi sekali pada suatu waktu yang tidak diketahui dengan pasti. Preparasi sampel lingkungan dilakukan dengan persiapan sampel uji sebelum dilakukan pengukuran, dilakukan preparasi sampel terhadap sampel tanah dan tanaman. Pada saat pelaksanaan preparasi dengan sudah menggunakan APD dan sistem ventilasi *exhaust*, masih didapati debu yang mengganggu saluran pernafasan dan penggunaan alat yang menimbulkan kebisingan sudah dilakukan pengukuran ketika pengambilan sampel kondisi lingkungan kerja dengan hasil kebisingan 82 dBA namun diperlukan peninjauan kembali terhadap intensitas waktu atau durasi pemakaiannya. Sehingga, skala peluang terjadinya risiko dinyatakan dengan skala 2. Pada kegiatan awal sebelum melakukan pelaksanaan pekerjaan di PSTNT BATAN dilakukan pengarahan sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan dan dilakukan pembagian tugas kerja. Konsekuensi atau akibat kecelakaan dan/atau pencemaran lingkungan yang dapat terjadi karena potensi bahaya (K3) dan lingkungan pada tahapan pokok kerja dapat ditangani dengan tindakan P3K, pada aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Untuk melakukan preparasi sampel lingkungan dilakukan pada kondisi daerah kerja radiasi dimana dosis radiasi yang diperoleh kurang dari 5 mSv pertahun, sehingga pada aspek K2 dinyatakan dengan skala 1.

Preparasi sampel lingkungan dilakukan oleh personil dengan penerimaan dosis individu antara 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, sehingga pada aspek K3 dinyatakan dengan skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan preparasi sampel lingkungan dinyatakan dalam skala 8 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Dengan rekomendasi pengendalian perlunya pengujian sampel udara ketika pelaksanaan preparasi sampel dengan pengujian parameter TSP dan pengukuran bising yang berkala untuk menentukan intensitas serta durasi penggunaan alat. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 2 \times (1+1+2+0+0) = 8$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

Pengukuran dan analisis sampel lingkungan

Potensi bahaya kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan dari tahapan pokok pekerjaan pengukuran dan analisis sampel secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau pernah mendengar terjadi. Pengukuran dan analisis sampel lingkungan pada kegiatan awal sebelum melakukan pelaksanaan pekerjaan di PSTNT BATAN dilakukan pengarah sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan, sehingga skala peluang terjadinya risiko dinyatakan dengan skala 1. Konsekuensi atau akibat kecelakaan dan/atau pencemaran lingkungan yang dapat terjadi karena potensi bahaya (K3) dan lingkungan pada tahapan pokok kerja dapat ditangani dengan tindakan P3K, pada aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Untuk melakukan pengukuran dan analisis sampel lingkungan dilakukan pada kondisi daerah kerja radiasi daerah supervisi dimana dosis radiasi yang diperoleh kurang dari 5 mSv pertahun, sehingga pada aspek K2 dinyatakan dengan skala 1. Pengukuran dan analisis sampel lingkungan dilakukan oleh personil dengan penerimaan dosis individu antara 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, sehingga pada aspek K3 dinyatakan dengan skala 2.

Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok pekerjaan pengukuran dan analisis sampel lingkungan dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

c. Penyelesaian

Potensi dan/atau peluang terjadinya bahaya dan pencemaran lingkungan pada tahapan pokok pekerjaan penyelesaian berdasarkan hasil observasi lapangan secara teori bisa terjadi, akan tetapi belum pernah mengalami atau mendengar terjadi. Setelah dilakukan tahapan pokok pekerjaan, alat dan bahan yang digunakan disimpan di tempat yang sesuai dan dilakukan pemeriksaan kembali. Sehingga, peluang terjadinya risiko dinyatakan dalam skala 1. Penilaian konsekuensi pada dampak K3 dapat ditangani dengan tindakan P3K, aspek K1 dinyatakan dengan skala 1. Pekerjaan penyelesaian dilakukan di daerah atau kondisi kerja antara kurang dari 5 mSv pertahun termasuk daerah kerja supervisi, aspek K2 dinyatakan dalam skala 1. Penyimpanan sementara drum dilakukan oleh personil dengan dosis penerimaan individu sebesar 20 sampai dengan kurang dari 200 mSv pertahun, aspek K3 dinyatakan dalam skala 2. Pada pemeringkatan risiko dari tahapan pokok penyelesaian dinyatakan dalam skala 4 atau dengan rating risiko yang diperoleh A. Dengan kesimpulan, risiko dapat diterima, langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Rating risiko yang diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R = P \times (K1+K2+K3+K4+K5)$$

$$R = 1 \times (1+1+2+0+0) = 4$$

$$\text{Skala Risiko } 0 - 24 = A$$

4.4 Pengendalian Risiko Bahaya dan Rekomendasi di PSTNT BATAN

Sesuai dengan SB 006-1-BATAN: 2012 tentang Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja, pengendalian risiko dilakukan terhadap tingkat risiko yang dapat diterima dan dilakukan melalui penilaian atau pertimbangan dari suatu organisasi. Secara keseluruhan berdasarkan penilaian risiko yang dilakukan saat observasi lapangan, profil kegiatan yang diperoleh PSTNT BATAN adalah skala risiko A, dimana risiko dapat diterima dan langkah pengendalian dinilai efektif. Saat menentukan langkah pengendalian risiko, atau mempertimbangkan perubahan terhadap pengendalian yang ada untuk menghilangkan suatu risiko, mengacu pada hirarki pengendalian seperti Eliminasi, Substitusi, Pengendalian dengan rekayasa, Pengendalian administratif dan Alat pelindung diri (APD).

Pengendalian risiko bahaya yang dapat diterapkan di PSTNT BATAN adalah sebagai berikut pengendalian pada sumber bahaya secara **Eliminasi** mencakup penghilangan terhadap potensi bahaya dan **Substitusi** mencakup penggantian bahan yang berpotensi menimbulkan bahaya dengan bahan yang tidak berbahaya terhadap potensi bahaya kerja radiasi, tidak dapat diaplikasikan untuk mengurangi paparan radiasi atau paparan radiasi eksternal hanya dapat dikendalikan dengan cara menggunakan sumber radiasi sesuai kebutuhan atau bahan radioaktif yang digunakan tidak dapat digantikan. Sehingga, pengendalian secara eliminasi dan substitusi masih dapat memungkinkan sumber bahaya yang dapat menimbulkan peluang atau potensi terjadinya risiko bahaya yang mengakibatkan kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan.

Pengendalian risiko lainya yang sudah secara optimal diterapkan oleh PSTNT BATAN dalam mengendalikan bahaya kecelakaan kerja, yaitu dengan melakukan pengendalian secara rekayasa. **Pengendalian dengan rekayasa** termasuk pengendalian yang dilakukan terhadap jalur paparan, dilakukan pengendalian dengan cara menjaga jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi, pengaturan waktu kerja dengan mengukur dosis radiasi sebelum dan setelah dilaksanakannya pekerjaan, menggunakan perisai radiasi yang sesuai, melaksanakan pemantauan daerah kerja secara rutin dan memasang tanda bahaya radiasi yang sesuai, pemasangan penahan radiasi, design keteknikan untuk kenyamanan kerja dan

pelaksanaan kegiatan bersih-bersih. Kemudian **pengendalian secara administratif** termasuk pengendalian terhadap jalur paparan, dengan bentuk pengendalian yang sudah diterapkan PSTNT BATAN misalnya pelaksanaan shift kerja, rotasi dan mutasi personel, prosedur kerja keselamatan, pemasangan simbol atau tanda-tanda bahaya termasuk tanda radiasi, lembar data keselamatan bahan (Material Safety Data Sheet: MSDS) di daerah kerja dan lainnya. Selain itu, pengendalian terhadap penerima dengan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) di PSTNT BATAN sudah optimal dalam pelaksanaannya, Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan oleh personil jumlah dan jenisnya telah disesuaikan dengan kebutuhan personil akan risiko dan tingkat potensi bahaya kerja. Serta, Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan dilakukan pemantauan secara berkala disesuaikan dengan penanggung jawab serta kebutuhan setiap bidang di PSTNT BATAN.

Sesuai dengan pemantauan yang dilakukan secara observasi lapangan, rekomendasi pengendalian yang dapat diterapkan secara berkelanjutan oleh PSTNT BATAN yaitu dilakukannya pengendalian secara administratif. Pengendalian secara administratif dilakukan terhadap pengkajian ulang pada Standar Operasional Prosedur Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja atau dokumen SB 006-1-BATAN: 2012. Penilaian Risiko yang dilakukan di PSTNT BATAN mengacu pada skala pengukuran konseskuensi yang diakibatkan oleh; 1) Dampak K3 sebagai aspek K1, aspek K1 merupakan penilaian skala terhadap pengendalian kecelakaan; 2) Kondisi Daerah Kerja Radiasi sebagai aspek K2, aspek K2 merupakan penilaian skala terhadap penentuan dosis pada tempat pengendalian daerah kerja; 3) Penerimaan Dosis Individu sebagai aspek K3, aspek K3 merupakan penilaian skala terhadap penentuan penerimaan dosis radiasi yang diterima oleh pekerja; 4) Lingkungan Hidup sebagai aspek K4, aspek K4 dilakukan penilaian skala terhadap penentuan radioaktivitas lingkungan yang disesuaikan dengan baku mutu lingkungan parameter sampel (Air, Tanah, Rumput, Udara) dan 5) Kerugian Finansial sebagai aspek K5, aspek K5 dilakukan penilaian skala terhadap kehilangan hari kerja akibat kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, pelaksanaan pengukuran konsekuensi lingkungan hidup (K4) memiliki periode pengukuran triwulan atau yang dilaksanakan minimal 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan, pengukuran radioaktivitas lingkungan yang dilakukan PSTNT BATAN memiliki jadwal atau periode pengukuran yang berbeda dengan tahapan pokok pekerjaan. Dalam hal ini, aspek pengukuran konsekuensi lingkungan hidup jarang digunakan pada proses analisis pengolahan data penilaian risiko keselamatan kerja sebagai pengukuran konsekuensi dalam menentukan pemeringkatan risiko bahaya. Hasil analisis pemantauan radiologi dan/atau pengukuran radioaktivitas lingkungan akan digunakan untuk kajian dampak radiologi lepasan rutin efluen ke udara dalam operasi fasilitas dan untuk perencanaan kedaruratan nuklir yang melibatkan lepasan abnormal.

Menurut *Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18001:2007* dan *OHSAS 18002:2008* bahaya-bahaya yang timbul dari luar tempat kerja yang berdampak pada kesehatan dan keselamatan personel di dalam kendali organisasi di lingkungan tempat kerja, bahaya-bahaya yang terjadi di sekitar tempat kerja hasil aktivitas kerja yang terkait di dalam kendali organisasi akan lebih sesuai penilaian bahaya dinilai seperti aspek lingkungan atau kondisi lingkungan yang mempengaruhi tempat kerja perlu diperhatikan dalam prosedur untuk mengidentifikasi bahaya, penilaian risiko dan penetapan pengendalian yang diperlukan. Pemantauan aspek lingkungan hidup yang dilakukan PSTNT BATAN, sudah sesuai dengan rekomendasi *OHSAS 18001:2007*. Dalam penentuan risiko memperlihatkan bahwa kondisi lingkungan hidup dapat mempengaruhi pemeringkatan risiko bahaya, namun belum sesuai pelaksanaannya pengukuran ketika di lapangan. Hal ini disebabkan karena adanya keterbatasan personil K3 dalam pelaksanaannya, terdapat perbedaan proses pengolahan dan analisis data yang dilakukan kedua program pelaksanaan keselamatan kerja ini yaitu penilaian risiko dan pemantauan radioaktivitas lingkungan.

PSTNT BATAN diperlukan pengendalian secara administratif dengan melakukan penyesuaian dokumen serta penyesuaian jadwal pengukuran, sesuai dengan pembaruan standar yang dilakukan BATAN mengenai Standar Penilaian Risiko K3 berisi persyaratan dan tata cara dalam melakukan penilaian risiko K3 BATAN di daerah kerja dengan melibatkan semua aspek yang berpengaruh pada K3 termasuk unsur manajemen, personel, bahan produksi, kondisi dan lingkungan kerja. SB SB 006-1-BATAN:2019 merupakan pembaruan dokumen atau revisi dari SB 006.1-BATAN:2012 tentang Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Revisi dilakukan dengan mempertimbangkan perkembangan teknologi dan masukan dari para pengguna terkait implementasinya. Revisi Standar ini mencakup perubahan cara perhitungan Nilai Risiko dan perubahan jumlah parameter subtransi pada komponen perhitungan nilai Risiko yaitu pada parameter Konsekuensi. Penilaian risiko sesuai SB SB 006-1-BATAN:2019 dalam penentuan skala konsekuensi, dilakukan perhitungan terhadap Skala konsekuensi yang ditentukan berdasarkan 3 (tiga) sub konsekuensi yaitu: Dampak K3 (K1), Penerimaan dosis individu (K2), dan Kerugian finansial (K3). Jika suatu sumber risiko dinilai mempunyai skala konsekuensi berbeda, maka yang digunakan adalah skala konsekuensi tertinggi.

4.5 Parameter Kondisi Lingkungan Kerja PSTNT BATAN

Pemantauan keselamatan non radiasi merupakan pemantauan terhadap faktor fisika dan faktor kimia di tempat kerja mencakup parameter kebisingan, pencahayaan, suhu dan kelembaban serta medan magnet yang dilakukan oleh petugas pemantauan di seluruh ruangan kerja di PSTNT dengan NAB yang telah disesuaikan berdasarkan SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002. Dalam pemantauan keselamatan kerja non radiasi sesuai (SOP No. 045.2 PSTNT BATAN:2017):

- a. Kepala Sub. Bidang KKPR membuat rencana kegiatan pemantauan keselamatan kerja non radiasi.
- b. Pemantauan keselamatan kerja non radiasi dilaksanakan oleh Sub. Bidang KKPR.

- c. Pemantauan keselamatan kerja non radiasi mencakup beberapa parameter antara lain: intensitas penerangan (cahaya), tingkat kebisingan, suhu, kelembaban, dan medan magnet (statis).
- d. Pemantauan dilakukan di ruang kerja dan laboratorium.
- e. Periode pelaksanaan pemantauan dilakukan minimal 1 (satu) kali dalam setahun untuk setiap ruang kerja dan laboratorium yang telah ditentukan lokasinya.
- f. Jika hasil pemantauan melebihi NAB, maka akan diberitahukan kepada Kepala Bidang/Bagian/Unit untuk dilakukan tindakan perbaikan.

Tabel 4.10 Persyaratan dan Tata Cara Penyelenggaraan Kesehatan Lingkungan Kerja

No.	Parameter	Pesyaratan	Tata Cara Pelaksanaan
K3			
1.	Suhu	Perkantoran: 18 – 28 °C Industri: 18 – 30 °C	<ul style="list-style-type: none"> a. Tinggi langit-langit dari lantai minimal 2,5 m b. Bila suhu udara > 28 °C atau 30 °C perlu menggunakan alat penata udara seperti <i>Air Conditioner</i> (AC), kipas angin dll. c. Bila suhu udara luar < 18°C perlu menggunakan humidifier (misalnya : mesin pembentuk aerosol)
2.	Kelembabaan	Perkantoran: 40% - 60% Industri: 65% - 95%	<ul style="list-style-type: none"> a. Bila kelembaban udara ruang kerja > 60% atau > 95% perlu menggunakan alat dehumidifier. b. Bila kelembaban udara ruang kerja < 40% atau <

No.	Parameter K3	Pesyaratan	Tata Cara Pelaksanaan
			65% perlu menggunakan humidifier (misalnya alat pembentuk aerosol)
3.	Pencahayaan	Perkantoran: 100 Lux Industri: - Pekerjaan kasar dan tidak terus menerus: 100 Lux - Pekerjaan kasar dan terus menerus: 200 Lux - Pekerjaan rutin: 300 Lux - Pekerjaan agak halus: 500 Lux - Pekerjaan halus: 1000 Lux - Pekerjaan amat halus: 1500 Lux, tidak menimbulkan bayangan - Pekerjaan terinci: 3000 Lux, tidak menimbulkan bayangan	a. Pencahayaan alam maupun buatan diupayakan agar tidak menimbulkan kesilauan dan memiliki intensitas sesuai dengan peruntukannya. b. Kontras sesuai kebutuhan, hindarkan terjadinya kesilauan atau bayangan. c. Untuk ruang kerja yang menggunakan peralatan berputar dianjurkan untuk tidak menggunakan lampu neon. d. Penempatan bola lampu dapat menghasilkan penyinaran yang optimum dan bola lampu sering dibersihkan. e. Bola lampu yang mulai tidak berfungsi dengan baik segera diganti

No.	Parameter	Pesyaratan	Tata Cara Pelaksanaan
K3			
4.	Kebisingan	Tingkat kebisingan: 85 dBA : 8 jam 88 dBA : 4 jam 91 dBA : 2 jam 94 dBA : 1 jam 97 dBA : 30 menit 100 dBA : 15 menit	a. Pengaturan tata letak ruangan harus sedemikian rupa agar terhindar dari kebisingan. b. Sumber bising dapat dikendalikan dengan cara antara lain: meredam, menyekat, pemindahan, pemeliharaan, penanaman c. Rekayasa peralatan (<i>engineering control</i>)
5.	Medan Magnit Listrik (Statis)	- Sepanjang hari kerja: maksimal 0,5 mT (mili Tesla). - Waktu singkat sampai dengan 2 jam per hari : 5 mT	

(Sumber: SOP No. 045.2 PSTNT BATAN:2017 SOP Pemantauan Lingkungan dan Keselamatan Kerja di PSTNT)

Tabel 4.11 Pengukuran Parameter Kondisi Lingkungan Kerja

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
a.	Gedung B Lt.1						
1.	Ruang Kedaruratan medik						
	R. Mandi	22	44	41,4	25,9	41,1	0,01
	R. Dekontaminasi	44	89	40	26,1	43,8	0,01
	R. Tindakan	799	805	44,6	25,2	44,3	0,01
	R. Periksa	614	721	35,3	23,4	44,4	0,01
	R. Pendaftaran dan Periksa	22,4	121,5	35,8	25,6	46,0	0,01
2.	R. Administrasi Yankes	71,2	71,2	29,4	25,6	57,6	0,01
3.	Koridor klinik	5,47	30,2	37,4	25,7	54,9	0,01
4.	R. Lab Yankes	64	292	33,9	26,6	55,3	0,01
	Dapur	714	714	34,3	28,3	51,4	0,01
5.	R. Perawatan Gigi	18,5	87,5	34,1	25,4	49,8	0,01
6.	R. Staff pelayanan kesehatan						
	R. EKG	22	117	29	26,3	55,7	0,01

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
	R. Staff	9	106	41,8	26,4	55,1	0,01
7.	Koridor persimpangan/UPN klinik	42,4	138,5	31,0	27,1	52,4	0,01-0,86
8.	R. Kedaruratan Nuklir	343	432	32,7	28,5	51,8	0,01-0,27
9.	R. UPN	656	712	51,1	28,7	46,8	0,01-0,27
	R. Kepala UPN	55,2	226	43,1	28,2	46,1	0,01
	R. Pengelola unit BSS	1,17	35	33,3	26,8	37,4	0,01-0,08
10.	Koridor perpustakaan	3,72	62	28,8	27,7	48,9	0,01
11.	R. Perpustakaan	2,59	94,3	35,3	27,2	51,2	0,01
12.	R. Ka. UJM	79	147	25,1	26,9	35,2	0,01
13.	R. Rapat Mutiara	140	233	28,6	26,9	30,3	0,01
14.	R. Bag. TU	22	117	28,4	24,8	36,1	0,01
15.	R. Staff PKDI B112	213	330	29,6	26,7	51,1	0,01
16.	R. Operator Telepon	3,4	98,4	30,1	26,8	47,5	0,01
17.	R. Tunggu/R. Tamu	6,68	19,56	39,9	26,9	45,9	0,01
18.	Koridor Anjungan dan Informasi BATAN	43,7	82,9	39,7	27,1	42,8	0,01

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
19.	Koridor Perlengkapan	5,1	17,5	30,6	27,8	41,8	0,01
20.	R. Staff Keuangan	96	169	29,7	28,1	42,8	0,01-0,09
	R. Ka Sub. Bidang Keuangan	9,14	45	39	28	46,1	0,01
21.	R. Ka Sub. Bag Perlengkapan	39	75,2	39,8	27,5	41,1	0,01
	R. Gudang Penyimpanan	7	44	28,8	26,3	42,6	0,01
	R. Perlengkapan	49,7	93,4	42,1	26,4	41,3	0,01
22.	Koridor Absensi	40,2	79,2	29,6	28	35,1	0,01
23.	Kantin	60,4	144,8	46,2	28,3	35	0,01
24.	R. Laktasi	0,93	62	47,2	27,7	42,8	0,01-0,07
b.	Gedung B Lt. 2						
1.	R. Karyawan PPNPN	69	90	29	27,2	54,4	0,01
2.	R. B2-22 (Gudang)	82	82	29	27,2	52,7	0,01
3.	R. Staff persuratan dan Kepegawaian	26,3	77,2	48	27,8	50,4	0,01-0,14
4.	R. Ka Sub Bag PKDI	38,5	107	28,9	27,6	41,7	0,01
5.	Lorong	23	23	29,8	27,6	48,4	0,01

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
6.	Koridor Persimpangan	17	17	78,5	27	47,8	0,1-0,21
7.	Koridor Kepegawaian Staff Dokumentasi	2,63	3,13	33,8	27,4	49,5	0,2
8.	R. B2-12 dan R. Administrasi Absensi	8,04	39,3	31,7	27,7	50,1	0,06
9.	R. Staff	8,5	76,3	34,7	28	50,2	0,06
10.	R. Staff Dokumentasi Ilmiah (1)	44,2	208	29,2	28,8	47,8	0,01
	R. Staff Dokumentasi Ilmiah (2)	52	117,2	31,4	29,4	46,4	0,01
11.	R. Penyimpanan Berkas	1,97	21,8	29	29,6	46,2	0,01
12.	Aula Mas	44,2	123,2	28,8	28,5	46,4	0,01
13.	Koridor Aula	110	185	31,6	27,8	48,4	0,01
14.	R. Rapat dekat Aula	17,4	161,9	29,8	27,7	50,9	0,01
15.	Lorong dan R. Saji	10,0	76,2	33,3	26,6	49,7	0,02
16.	R. Saji	86,3	152,3	32,6	26,9	50,5	0,01
17.	R. B2-6	163	173,6	41,1	26,8	49,8	0,01
18.	R. Tunggu UPN	31,7	31,7	55	27	47,3	0,01
19.	Pos Jaga UPN	81,4	145,2	61,9	27,2	49	0,01

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
	R. Kontrol UPN	0,9	96,8	44	27,3	33,5	0,01
	R. Perlengkapan UPN	3,37	57,9	55	26,8	49,4	0,01
20.	Masjid	42,3	101,5	42	27,3	48,9	0,01-0,02
c.	Gedung C						
1.	Ruang Tamu	103,6	126	48,3	29	41,5	0,01
2.	Koridor	9,08	61	35,8	27,1	51,8	0,01
3.	R. Ka Bid SBR	67	95	44,3	25,9	53,4	0,03
4.	R. Staff SBR	28,7	102,9	44,9	26	55,8	0,01
5.	R. Dokumen	31	107,3	40,5	26	56,3	0,01
	R. Instrumen	0,1	112,7	29,8	26,2	59,9	0,01
6.	R. Bersih	14,8	117	54,8	27,9	38,9	0,01-0,09
	R. SSA	12,4	120,2	29,8	27,1	49,2	0,01
	R. Penyimpanan Sampe	6,2	131,1	31,6	26,8	43	0,01
7.	R. Dokumen Bid SBR	27,9	112,6	45,6	26,1	55,9	0,05

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
8.	R. Bid Senyawa Bertanda dan Radiometri (SBR) C2-4 A	22	80	44,3	26,3	52,2	0,09
9.	R. Bid Senyawa Bertanda dan Radiometri (SBR) C2-4 C	55,6	121,5	43,1	26,9	49,1	0,01
10.	R. Bid Senyawa Bertanda dan Radiometri (SBR) C2-008	55,1	199,5	39,2	26,7	49,6	0,01
11.	R. C2-010	143,3	222	42	27,6	47,7	0,01
12.	R. Dokumen (SBR)	48	100	46,7	28,7	44,4	0,01
	R. Staff Bid Teknofisika	11,3	55,8	41,7	29	42,2	0,01-0,02
d.	Gedung F						
1.	R. Fabrikasi	157	157	64,0	26,7	61,6	0,01-0,03
2.	Selasar Fabrikasi	21,8	123,3	56,6	27,0	62,0	0,01-0,06
3.	Lab. Tungku	14,4	124,9	49,3	27,2	62,3	0,01-0,11
4.	Lab. <i>Wetability</i> dan Peleburan	-		-	-	-	-
5.	Lab. Karakterisasi	17,7	143,6	61,3	27,1	61,3	0,01-0,06

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
6.	Lab. Proses Kimia	23,6	136,6	63,8	27,4	62,8	0,01-0,05
7.	R. Staff	3,45	49	44,7	26,6	61,6	0,01-0,05
8.	Koridor Lt.2 Fabrikasi	9,46	129,3	45,1	26,7	62,1	0,01-1,48
9.	R. Pembuatan Pelet	93,5	159,6	49,5	27,1	65,3	0,01-0,1
10.	Koridor Tangga	130,7	194,6	42,8	26,8	61,7	0,01-0,15
11.	Koridor Panel Listrik	9,73	111,7	39,4	26,5	60,0	0,01-0,90
12.	R. F1-14	15,9	173	29,5	26,4	60,7	0,01-0,05
13.	R. F1-17	31,8	146,3	40,9	26,7	61,4	0,01
14.	R, Penyimpanan Sampel 1	-		-	-	-	-
15.	Koridor Biologi	5,14	63,2	29,4	26,5	60,2	0,01
16.	Lab. <i>Cell Line</i> F1-13	14,5	129,7	29,5	26,4	60	0,01-0,10
17.	R. F1-12	135,3	147	28,8	26,8	59,5	0,10-0,30
18.	Lab. Mikrobiologi F1-10 (1)	232	263	29,3	26,0	50,1	0,1-0,13
	Lab. Mikrobiologi F1-10 (2)	80,6	171,6	46,3	26,1	50,5	0,03-0,59
	Lab. Mikrobiologi F1-10 (3)	225	268	38,8	24,4	50,0	0,01-0,13

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
19.	Lab. Cacah F1-09	8,16	133,8	33,7	25,7	56,7	0,01-0,11
20.	Lab. Umum F1-07	19,7	297	29,4	26,2	62,2	0,01-0,08
	R. Timbang	22,7	382	37,4	26,5	61,3	0,01-0,04
	Koridor Metalurgi	14,9	61,8	40,2	26,6	60,8	0,01
21.	R. F1-03 (1)	29,7	145,0	33,7	26,9	60,3	0,01
	R. F1-03 (2)	70,3	221	31,7	27	60,8	0,01-0,12
	R. Cuci Film	0,88	147,7	30,9	27,3	60,0	0,01-0,22
22.	Koridor Tangga	291	291	52,9	27,7	56,6	0,01-0,13
23.	Koridor Lt.2	41,4	162,6	36,7	27,9	56,7	0,01
24.	R. Depan F2-8 (1)	52	168,4	29,0	28,3	57,0	0,01
25.	R. Depan F2-8 (2)	151,2	215	28,9	27,9	56,8	0,01-0,1
26.	Lab. ARL (Luar)	135,5	217	28,9	27,9	46,3	0,01
27.	Lab. ARL (Dalam)	115,3	261	42,1	23,7	34,4	0,01-0,08
28.	R. Preparasi Sampel	145,6	315	82,5	27,9	57,8	0,08
29.	R. Penyimpanan Sampel	7,1	89,5	35,1	24,6	43,4	0,1-0,5

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
30.	R. F2-14 A	72,7	185,8	31,7	26,5	59,6	0,3
31.	R. Engineering F2-6	152,1	318	43,7	27,7	57,6	0,01
32.	R. Personel PKL F2-12	161,8	285	28,8	28,3	56,2	0,01-0,15
33.	R. PPRKK	100,2	217	32,3	28,4	54,6	0,01-0,18
34.	R. F2-15	96,8	250	28,5	28,2	54,0	0,01
35.	Mushola	236	298	48,9	28,2	54,9	0,01-0,02
36.	R. F2-16	50,9	202	28,4	28,0	55,3	0,01
37.	Koridor Lt.2 dekat Panel	18,17	162,8	33,2	28,1	55,3	0,01-0,3
38.	Koridor Lt.2 Tangga	64	107,6	28,5	28,2	56,0	0,15
39.	R. F1-18 A	66,8	193,6	28,3	28,2	55,3	0,03
40.	Koridor dan R. Tunggu Panel	7,4	80,9	29,7	28,5	55,3	0,35
41.	R. Staff	130,2	154,7	34,6	28,9	55,3	0,02
42.	R. Kel. Fisika Bahan	186	260	49,4	28,9	51,0	0,19
43.	R. Kerja Staff (1)	205	285	32,2	29,0	50,8	0,01
	R. Kerja Staff (2)	21,1	166	28,2	29,9	49,1	0,04

No.	Nama Tempat	Parameter K3 yang Diukur					
		Cahaya (Lux)		Kebisingan (dB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Medan Magnet (mT)
		Minimal	Maksimal				
44.	R. Radiologi Lingkungan	22,1	169,2	28,2	29,6	50,3	0,01-0,19
45.	R. Staff	-		-	-	-	-
46.	Teknofisika Lt.2 Fabrikasi	120,1	120,1	33,4	30	51,6	0,10

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

Pemantauan keselamatan non radiasi atau pemantauan terhadap kondisi lingkungan kerja yang dilakukan merupakan salah satu rangkaian kegiatan K3 dari Sub. bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan, dilaksanakan pada periode pemantauan minimal 1 (satu) kali dalam setahun. Pemantauan kondisi lingkungan kerja dilakukan terhadap ruangan yang terdapat pada gedung di sekitar atau kawasan PSTNT BATAN. Gedung dan/atau ruangan yang ditinjau meliputi Gedung B (58 Ruangan), Gedung C (16 Ruangan), dan Gedung F (53 Ruangan). Sampel gedung yang dilakukan pada pemantauan kondisi lingkungan kerja termasuk kedalam aktivitas perkantoran dan beberapa gedung terdapat aktivitas laboratorium, termasuk daerah supervisi dimana daerah kerja yang memungkinkan seseorang pekerja menerima dosis kurang dari atau sama dengan 1 mSv (100 mRem) dalam satu tahun. Dalam melakukan pengendalian terhadap kondisi lingkungan kerja, hasil dari pemantauan akan dibandingkan dengan NAB yang telah disesuaikan berdasarkan SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri sesuai acuan yang digunakan oleh PSTNT BATAN. Namun, acuan SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 status dokumen saat ini sudah dicabut atau tidak berlaku kembali yang digantikan dengan penetapan Peraturan Menteri Kesehatan No. 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Sehingga, PSTNT BATAN perlunya melakukan pembaharuan terhadap dokumen SOP pemantauan kondisi lingkungan kerja disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku.



Gambar 4.32 Kegiatan Pemantauan Parameter Kondisi Lingkungan Kerja

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

4.5.1 Pencahayaan

Pengukuran parameter cahaya atau penerangan dilakukan dengan 2 (dua) kali pengukuran yaitu dengan penerangan minimal (tanpa adanya penerangan buatan) dan penerangan maksimal (terdapat atau penambahan penerangan buatan) pengukuran penerangan minimum dilakukan untuk mengetahui apakah suatu ruangan diperlukan penambahan penerangan buatan atau tidak, penerangan minimal akan menunjang kebutuhan alat pada penerangan buatan. Pengukuran penerangan maksimal dilakukan dengan kombinasi sumber cahaya pada suatu ruangan dengan penerangan alami seperti sinar matahari dan penerangan buatan, hasil pengukuran penerangan maksimal akan menentukan pengendalian yang akan dilakukan apabila parameter pencahayaan tidak sesuai dengan nilai ambang batas yang telah ditetapkan. Hasil pengukuran parameter pencahayaan pada Gedung B diperoleh 31 ruangan dari total 58 ruangan (53,45%), Gedung C diperoleh 4 ruangan dari total 16 ruangan (25%) dan Gedung F diperoleh 5 ruangan dari total 53 ruangan (9,43%) tidak sesuai dengan nilai ambang batas yang digunakan yaitu menurut SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 untuk parameter pencahayaan pada kondisi lingkungan kerja perkanotoran minimal 100 Lux. PSTNT BATAN sudah melakukan beberapa pengendalian untuk parameter pencahayaan, dengan rata-rata hasil pengukuran parameter pencahayaan dari 3 (tiga) gedung yang dilakukan sampling diperoleh 70,71% sudah sesuai dengan nilai ambang batas. Mengingat bahwa pekerja memerlukan melihat dengan jelas kondisi operasional, pencahayaan di ruang kerja yang seimbang sangat diperlukan. Data yang belum sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB), disebabkan oleh adanya beberapa alat penerangan yang sudah tidak berfungsi. Serta, diperlukan pengendalian lebih lanjut seperti penambahan atau penggantian alat penerangan buatan dan/atau penerangan alami melalui ventilasi yang dilakukan penyesuaian kembali kebutuhan penerangan personil dengan aktivitas lingkungan kerja.

4.5.2 Iklim Kerja

Iklim kerja yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan kerja yaitu kelembaban dan suhu/temperatur ruangan. Kelembaban ruangan atau kandungan air di udara, ruangan yang lembab merupakan ruangan yang memiliki kandungan air yang tinggi di udara sedangkan ruangan yang kering memiliki kandungan air yang rendah di udara. Kedua kondisi tersebut, tidak diharapkan pada pengukuran kondisi lingkungan kerja. Menurut SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 untuk parameter kelembaban pada kondisi lingkungan kerja perkanotoran, diharapkan kondisi kelembaban berada pada 40% - 60%.

Dari hasil pemantauan pengukuran parameter kelembaban diperoleh pada Gedung B diperoleh 7 ruangan dari total 58 ruangan (12,07%), Gedung C diperoleh 1 ruangan dari total 16 ruangan (6,25%) dan Gedung F diperoleh 18 ruangan dari total 53 ruangan (33,96%) tidak sesuai dengan nilai ambang batas yang digunakan. PSTNT BATAN sudah melakukan beberapa pengendalian untuk parameter kelembaban, dengan rata-rata hasil pengukuran parameter pencahayaan dari 3 (tiga) gedung yang dilakukan sampling diperoleh 82,69% sudah sesuai dengan nilai ambang batas. Beberapa ruangan yang belum sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) disebabkan, oleh perbedaan jenis kegiatan pada kondisi lingkungan kerjanya seperti terdapat laboratorium yang harus dijaga kondisi suhu ruangnya sehingga dilakukan penambahan *Air Conditioner* (AC) dan kelembaban menjadi sangat rendah. Pengendalian yang sudah dilakukan oleh PSTNT BATAN untuk parameter kelembaban sebagai berikut, bila kelembaban udara ruang kerja $> 60\%$ atau $> 95\%$ perlu menggunakan alat dehumidifier dan apabila kelembaban udara ruang kerja $< 40\%$ atau $< 65\%$ perlu menggunakan humidifier (misalnya alat pembentuk aerosol). Parameter suhu atau temperatur ruangan dari hasil pemantauan pengukuran parameter kelembaban diperoleh pada Gedung B diperoleh 12 ruangan dari total 58 ruangan (20,69%), Gedung C diperoleh 2 ruangan dari total 16 ruangan (12,5%) dan Gedung F diperoleh 15 ruangan dari total 53 ruangan (28,3%) tidak sesuai dengan nilai ambang batas yang digunakan.

PSTNT BATAN sudah melakukan beberapa pengendalian untuk parameter pencahayaan, dengan rata-rata hasil pengukuran parameter pencahayaan dari 3 (tiga) gedung yang dilakukan sampling diperoleh 79,3% sudah sesuai dengan nilai ambang batas. Ruangan yang melebihi atau tidak sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) diperlukan pengendalian lebih lanjut seperti revitalisasi tinggi langit-langit dari lantai minimal 2,5 m, bila suhu udara $> 28^{\circ}\text{C}$ atau 30°C perlu menggunakan alat penata udara seperti *Air Conditioner* (AC), kipas angin dll.

4.5.3 Kebisingan

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Dari hasil pemantauan pengukuran parameter kebisingan pada Gedung B 58 ruangan, Gedung C 16 ruangan dan Gedung F 53 ruangan sudah sesuai dengan nilai ambang batas. Hal ini dikarenakan tidak terdapat sumber kebisingan pada aktivitas sehari-hari di lingkungan kerja. Namun, berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa ruangan preparasi sampel pemantauan radioaktivitas lingkungan memiliki potensi bahaya kebisingan paling tinggi yaitu diperoleh 82,5 dBA untuk parameter kebisingan. Menurut SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 untuk nilai ambang batas kebisingan yang digunakan sebagai acuan yaitu 85 dBA. Sehingga, PSTNT BATAN perlu melakukan pengendalian dengan dilakukan pengukuran parameter kebisingan secara berkala agar dapat diketahui intensitas atau waktu dari pemakaian alat yang digunakan untuk preparasi sampel radioaktivitas lingkungan.

4.5.4 Medan Magnet

Medan Magnet Statis adalah suatu medan atau area yang ditimbulkan oleh pergerakan arus listrik. Dari hasil pemantauan pengukuran parameter medan magnet pada Gedung B diperoleh 1 ruangan dari total 58 ruangan dan Gedung F diperoleh 2 ruangan dari total 53 ruangan yang melebihi atau tidak sesuai dengan nilai ambang batas. Menurut SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 untuk nilai ambang batas medan magnet yang digunakan sebagai acuan yaitu 0,5 mT.

Berdasarkan hasil pengukuran, data yang tidak sesuai disebabkan adanya sumber medan magnet statis yaitu adanya panel listrik, PSTNT BATAN sudah melakukan pengendalian dengan pemberian identifikasi daerah kerja dengan rambu-rambu peringatan keselamatan.

4.6 Fasilitas-fasilitas Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) PSTNT BATAN

Dalam bagian ini diuraikan beberapa jenis perlengkapan keselamatan kerja (*protective devices*) yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing meliputi alat pelindung diri/bagian tubuh, perlengkapan pemadam kebakaran dan perlengkapan P3K (SB 016 BATAN:2014).

4.6.1 Alat Pelindung Diri (APD)

Pemantauan dosis radiasi eksternal (dosimeter perorangan)

Dilakukan pemantauan dosis radiasi perorangan untuk mengetahui besarnya dosis yang diterima pekerja radiasi dalam rangka mematuhi ketentuan batasan dosis.

1. Dosimeter saku dan *Electronic Personnel Dosemeter* (EPD) digunakan untuk mendukung pemakaian TLD, khususnya digunakan pada medan radiasi tinggi juga digunakan oleh tamu/pengunjung.
2. Dosimeter perorangan digunakan di bagian tubuh yang paling banyak menerima paparan radiasi, biasanya di bagian dada atau pinggang.
3. Pekerja radiasi yang menerima paparan radiasi cukup tinggi di bagian anggota tubuh tertentu misalnya jari tangan maka digunakan dosimeter cincin, jika penerimaan dosis radiasi tinggi di bagian pergelangan tangan/kaki maka digunakan dosimeter tangan/kaki, dan menggunakan TLD pada kacamata pelindung untuk memantau paparan radiasi pada lensa mata.



Gambar 4.33 Alat Pemantauan Dosis Eksternal

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pelindung kepala

1. Untuk melindungi kepala dari benturan, jatuhan benda berat ataupun kontaminasi dari debu, harus disediakan penutup kepala.
2. Penutup kepala ini berbentuk helm yang sebaiknya terbuat dari bahan plastik yang keras dan ukurannya dapat diatur menurut ukuran kepala pemakai.
3. Untuk mencegah kontaminasi dari debu/aerosol ataupun cairan dapat dipilih berbagai jenis bentuk penutup kepala yang terbuat dari berbagai jenis bahan. Penutup kepala ini ada yang berbentuk topi dan ada pula yang berbentuk songkok, yang menutupi seluruh bagian kepala, pemilihan bentuk ini bergantung pada jenis kontaminan dan ukuran partikel debunya.
4. Bahan penutup kepala ini ada yang terbuat dari katun dan ada pula dari bahan plastik. Jenis bahan plastik umumnya digunakan untuk menghadapi kontaminan dalam bentuk aerosol zat organik.



Gambar 4.34 Alat Pelindung Kepala

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pelindung tangan dan kaki (*shoe and hand cover*)

1. Pelindung tangan dan kaki harus dipergunakan, untuk melindungi tangan dari bahaya panas, cairan yang korosif dan kontaminasi zat radioaktif.
2. Berbagai jenis dan bentuk sarung tangan dapat dipilih. Sarung tangan ini ada yang pendek untuk melindungi tangan hingga pergelangan dan ada pula yang melindungi sampai siku. Jenisnya juga beragam dapat dipilih dari jenis kulit, kain katun, plastik, atau karet, bergantung jenis bahaya yang dihadapi dan perlindungan yang diperlukan.
3. Tiap instalasi harus menyediakan sarung tangan yang sesuai dengan kebutuhannya.
4. Untuk melindungi kaki atau bagian kaki dari berbagai jenis bahaya dan dari kontaminasi tersedia berbagai bentuk pelindung kaki. Jenis dan bentuk pelindung kaki ini beragam, bergantung pada potensi bahaya yang dihadapi dan perlindungan yang diharapkan.
5. Untuk pekerjaan mekanik maka sepatu pengaman pilih yang terbuat dari bahan yang kuat dan dilapisi lempeng baja pada bagian depannya (*safety shoes*). Pelindung kaki dari bahan kain atau plastik sebatas mata kaki (*shoe cover*) umumnya digunakan untuk mencegah kontaminasi pada pekerja yang bekerja dalam daerah kontaminasi rendah sampai sedang.
6. Beberapa laboratorium dapat menyediakan sepatu khusus untuk bekerja di laboratorium tersebut, seperti sepatu boot dari karet sering digunakan untuk pekerja dalam daerah kontaminasi tinggi. Sepatu boot ini juga digunakan dalam penanggulangan kecelakaan, dan kadang-kadang mempunyai tali pengikat pada bagian atas atau dapat dihubungkan pada baju pelindung.
7. Di daerah atau ruangan yang harus dijaga kebersihannya dari debu, penutup sepatu dari bahan kain dan plastik baik juga selalu digunakan.
Apabila dalam ruangan tersebut tingkat kelembabannya rendah maka untuk mencegah adanya listrik statis pada penutup sepatu dari bahan plastik, bagian bawah dari penutup sepatu diberi lapisan tipis logam.



Gambar 4.35 Alat Pelindung Tangan dan Kaki

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pakaian Pelindung

1. Untuk melindungi tubuh atau bagian tubuh atau pakaian dari berbagai bahan kontaminan dan bahan pengotor harus digunakan pakaian pelindung. Pakaian pelindung kontaminasi untuk pekerja radiasi sama dengan pakaian kerja untuk bekerja dengan bahan kimia, dan berbeda dengan yang digunakan pekerja di bengkel mekanik atau elektrik.
2. Pakaian pekerja radiasi harus menutupi sebagian besar tubuh dan bahannya terbuat dari plastik atau katun. Beberapa jenis pakaian pelindung ini antara lain:
 - a. Jenis yang sekali pakai buang
 - b. Pakaian ini dibuat dari plastik PVC tebal 0,1 mm sehingga mudah dipakai tetapi tidak dianjurkan digunakan dalam ruangan yang suhunya lebih dari 30 °C. Ada juga pakaian pelindung jenis ini yang terbuat dari bahan *polyester*.
 - c. Jenis yang dapat dipakai beberapa kali, pakaian ini dibuat dari kertas plastik (t-bag) yaitu dari bahan serat polipropilen yang dipres atau bahan katun. Pakaian ini dapat berbentuk menutup seluruh tubuh (*coverall*, baju atau celana), jas laboratorium dan lain-lain. Pakaian ini apabila tidak terkontaminasi dapat dipakai beberapa kali, sebelum akhirnya dilimbahkan.
 - d. Jenis ketiga adalah yang dapat dicucikan dan dipakai terus menerus dan dilengkapi dengan pemasok udara dengan aliran 0,6s/d0,7m³. Pakaian ini khususnya dipakai di daerah yang kontaminasinya tinggi dan di ruangan yang suhunya relatif tinggi dan kerja di daerah tersebut akan menimbulkan keringat atau panas yang berlebihan. Dengan adanya udara alir akan mengurangi pengaruh panas dan kontaminasi.e.
 - e. Pakaian pelindung yang digunakan dalam penanggulangan kedaruratan radiasi bentuk dan sifatnya umumnya sama dengan pakaian yang digunakan dalam daerah kerja kontaminasi tinggi, bedanya pakaian ini dilengkapi dengan pemasok udara (*portable*) dan dilengkapi pula dengan alat komunikasi.
 - f. Untuk melindungi tubuh atau bagian tubuh dari kemungkinan terkena paparan radiasi berlebih, digunakan pakaian pelindung radiasi (apron).

Pakaian pelindung radiasi ini digunakan oleh pekerja radiasi yang menangani sumber radiasi tinggi pada jarak jangkauan tertentu. Pakaian ini bahannya mengandung timah hitam (Pb).

- g. Pakaian pelindung untuk kebakaran merupakan pakaian yang digunakan untuk melindungi tubuh dari api. Pakaian ini digunakan oleh petugas pemadam kebakaran pada saat memadamkan api.
- h. Pakaian kerja yang digunakan di daerah instalasi nuklir tidak boleh dibawa pulang dan harus dibersihkan/dicuci dan didekontaminasi oleh masing-masing instalasi. Pakaian yang akan diperlakukan sebagai limbah radioaktif dikelola oleh bidang keselamatan atau organisasi proteksi radiasi.

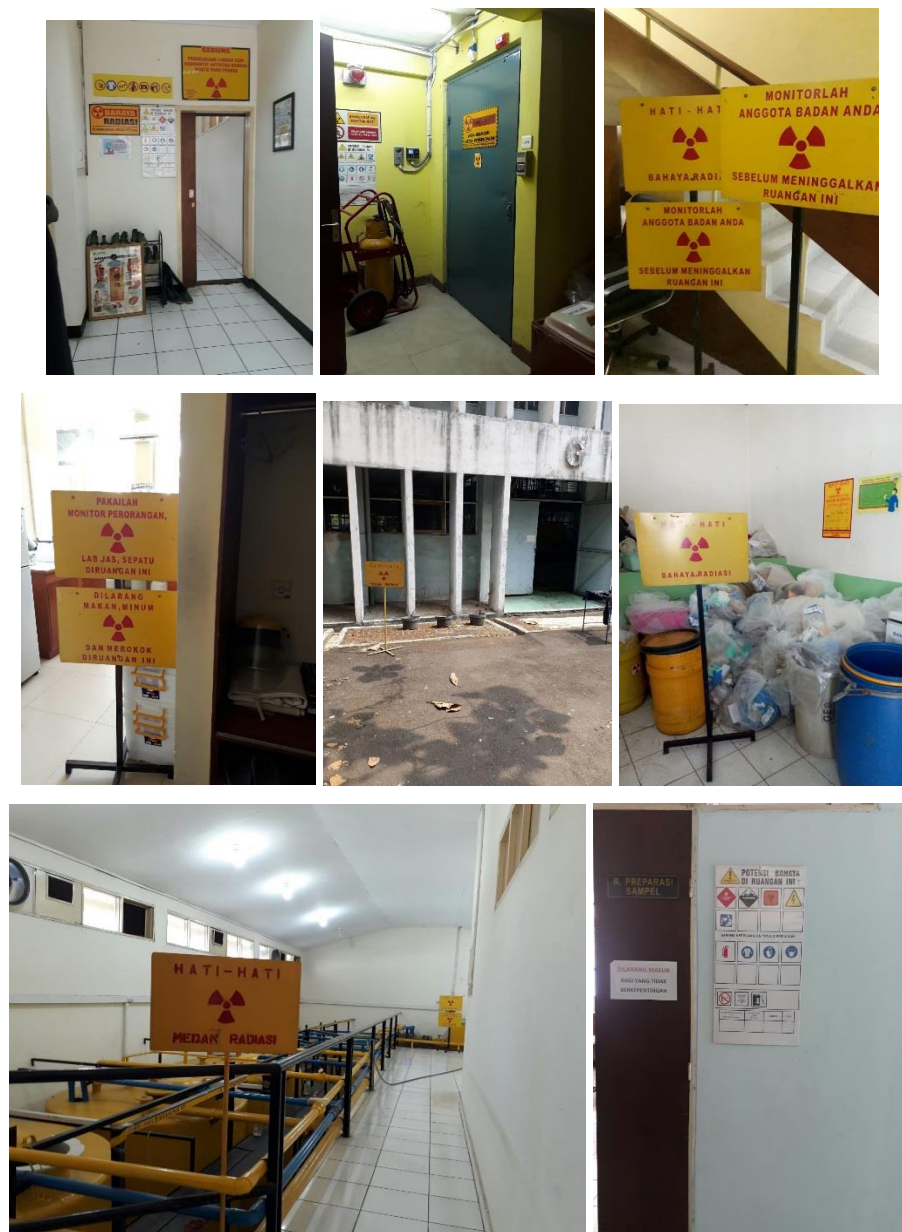


Gambar 4.36 Alat Pakaian Pelindung

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

4.6.2 Rambu Keselamatan (*Safety Sign*)

Labelisasi radiasi sesuai dengan ketentuan keselamatan radiasi, maka bidang keselamatan dan/atau organisasi proteksi radiasi di setiap instalasi harus membuat sistem labelisasi radiasi yang mudah diketahui dan dipahami dengan baik oleh setiap pekerja radiasi sebagai tanda peringatan adanya potensi bahaya radiasi dan/atau kontaminasi (SB 016 BATAN:2014).



Gambar 4.37 Rambu Keselamatan

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Penandaan daerah kerja:

1. Daerah kerja radiasi dan/atau kontaminasi harus diberi tanda radiasi sesuai dengan kategori daerah kerjanya.
2. Tanda radiasi daerah kerja terdiri dari dua macam, yaitu tanda yang digunakan untuk identitas daerah kerja dan tanda yang digunakan untuk menginformasikan adanya sumber radiasi di daerah kerja.

Identitas daerah kerja:

1. Identitas daerah kerja dipasang secara permanen di pintu masuk daerah kerja atau di tempat lain di depan daerah kerja tersebut yang mudah dilihat oleh para pekerja radiasi yang digunakan untuk memberikan informasi tentang kategori daerah kerja.
2. Tanda terbuat dari bahan yang tahan lama yang berisi informasi tentang lambang radiasi (dengan warna magenta), kategori daerah (daerah supervisi atau daerah pengendalian), kategori daerah radiasi dan kategori daerah kontaminasi.

Label identitas sumber radiasi di daerah kerja:

1. Label identitas sumber radiasi di daerah kerja dipasang secara tidak permanen di bagian depan tempat tersebut atau di posisi lain yang mudah dilihat oleh para pekerja radiasi.
2. Label terbuat dari kertas yang dapat ditempel dan berisi: lambang radiasi (dengan warna magenta), jenis sumber, aktivitas sumber, paparan radiasi dan durasi kerja yang diizinkan.

**Gambar 4.38** Label Kategori Daerah Supervisi

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)



Gambar 4.39 Label Kategori Daerah Pengendalian

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

3. Bila sumber radiasi tidak lagi berada di tempat tersebut, lepas label radiasi. Jika label tidak terkontaminasi buang label sebagai limbah non radioaktif, sebaliknya jika label terkontaminasi perlakukan sebagai limbah radioaktif. Contoh label identitas sumber radiasi di daerah kerja dengan ukuran: $P \times L = 30 \times 20$ cm warna dasar kuning, lambang radiasi berwarna merah magenta, tulisan berwarna hitam dengan huruf menyesuaikan.



Gambar 4.40 Label Identitas Sumber Radiasi

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

Lokasi tertentu di daerah kerja yang memiliki nilai paparan radiasi dan atau tingkat kontaminasi melebihi nilai batas untuk lokasi ruangan tersebut harus diberikan identitas dalam bentuk pemagaran sesuai dengan:

1. Pemagaran dilakukan pada jarak aman dari sumber radiasi berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi.

2. Pemagaran dilakukan dengan tali rantai kuning yang ditopang dengan tiang penyangga. Pada tiang penyangga digantungkan label dari lembaran *stainless steel* atau bahan lain yang cukup kuat berisi informasi: lambang radiasi (dengan warna magenta), nomor ruangan, jenis sumber, tanggal pengukuran, nilai paparan radiasi pada jarak pemagaran, nilai tingkat kontaminasi permukaan, waktu yang diizinkan berada di dekat lokasi dan tandatangan PPR.

Awat
Bahaya Radiasi/Kontaminasi

NOMOR RUANGAN	:	_____
JENIS SUMBER RADIASI	:	_____
PAPARAN RADIASI	:	_____ mSv/jam
TINGKAT KONTAMINASI	:	_____ Bq/Cm ²
TANGGAL PENGUKURAN	:	_____
WAKTU YANG DIIZINKAN	:	_____ Menit

Petugas Proteksi Radiasi

Gambar 4.41 Label Sumber pada Pemagaran Daerah Kerja

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

Labelisasi wadah limbah radioaktif

1. Wadah zat radioaktif harus diberi label radiasi.
2. Label wadah terbuat dari kertas stiker yang berisi informasi: lambang radiasi (dengan warna hitam), jenis zat radioaktif, aktivitas zat radioaktif, kategori bungkus dan indeks angkutan (paparan radiasi pada jarak 1 meter dari permukaan bungkus).
3. Bila zat radioaktif tidak lagi berada dalam wadah tersebut, lepas label radiasi. Jika label tidak terkontaminasi buang label sebagai limbah non radioaktif, sebaliknya jika label terkontaminasi perlakukan sebagai limbah radioaktif. Contoh: label bungkus kategori I -Putih, II -Kuning dan III -Kuning



Gambar 4.42 Label Kategori Bungkusan Zat Radioaktif

(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

PLKL PTNBR - BATAN	IDENTIFIKASI LIMBAH CAIR / PADAT			
	LAB	BL/TH	VOL. WADAH	NO. WADAH
	(mGy/jam), (Sv / jam) : pada permukaan (m Rad / jam) : pada 1 m			
	Aktivitas : Ci/cm ³ , Bq/m ³ , Bq/Kg, Bq/m ² , Bq/Kg			
	Kandungan radionuklida		Alpha :	
			Beta :	
		Gamma :		

Gambar 4.43 Label Limbah Radioaktif

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Label peringatan bekerja di daerah radiasi dan/atau daerah kontaminasi

Daerah kerja yang memiliki potensi radiasi dan/atau kontaminasi dipasang label peringatan yang terbuat dari bahan yang tahan lama dan dipasang secara permanen di pintu masuk daerah kerja atau di tempat lain di depan daerah kerja tersebut yang mudah dilihat oleh para pekerja radiasi. Label berisi informasi: lambang radiasi (dengan warna magenta), peringatan adanya zat radioaktif, larangan makan, minum, merokok dan berhias.



Gambar 4.44 Peringatan Bekerja di Daerah Radiasi dan/atau daerah kontaminasi.

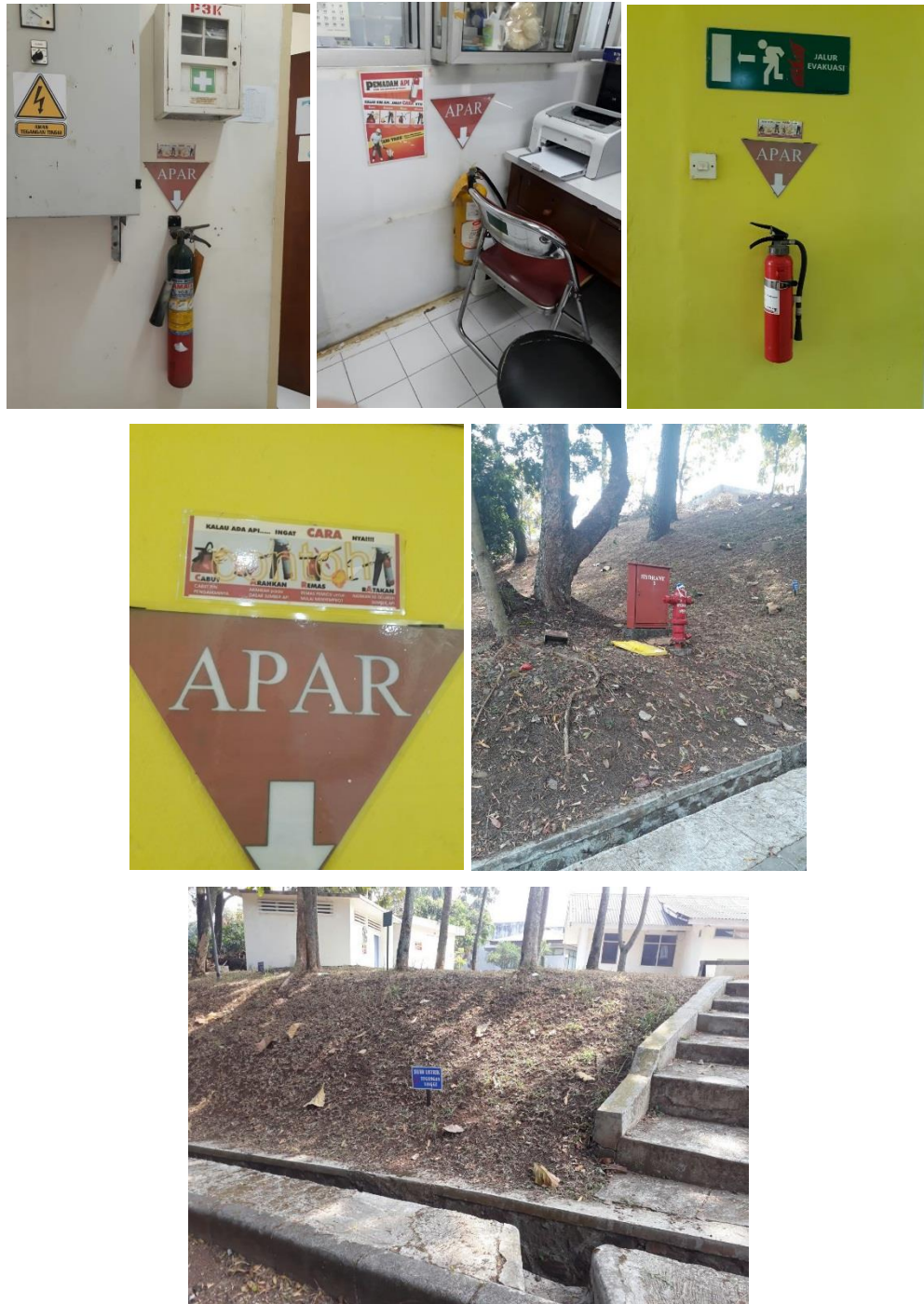
(Sumber: SB 016 BATAN:2014 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN)

4.6.3 Fasilitas Kebakaran

Peralatan pemadam kebakaran digunakan untuk memadamkan api apabila terjadi kebakaran. Beberapa jenis alat pemadam kebakaran yang digunakan di kawasan nuklir BATAN dapat seperti berikut:

1. Alat Pemadam Api Ringan (APAR) APAR adalah alat pemadam api jinjing yang mudah dibawa, digunakan untuk memadamkan api pada awal terjadinya kebakaran. APAR harus ditempatkan di lokasi yang mudah dijangkau. Jenis bahan pemadam ini disesuaikan dengan potensi kebakarannya (CO, CO₂, *dry powder*, *dry chemical* dst.)
2. Hidran kebakaran adalah suatu sistem pemadam kebakaran dengan menggunakan air bertekanan. Hidran kebakaran terdapat pada tempat yang harus sudah ditentukan dengan penyedia air dari lokasi yang ditentukan.





Gambar 4.45 Fasilitas Kebakaran PSTNT BATAN

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

4.6.4 Fasilitas Kesehatan

Digunakan untuk pertolongan pertama pada kecelakaan. Setiap instalasi/unit kerja di kawasan BATAN harus mempunyai peralatan P3K. Peralatan pertolongan pertama pada kecelakaan seperti peralatan P3K dikelola oleh Bagian Klinik BATAN yang dilakukan pemeriksaan berkala terkait kesesuaian daftar isi kotak P3K dengan ketersediaan jumlah peralatan.

Tabel 4.12 Daftar Isi Kotak P3K

No.	Isi	Jumlah	Tanggal Periksa (01 Juli 2019)
1.	Kasa steril terbungkus	1	√
2.	Perban (lebar 5 cm)	1	√
3.	Perban (lebar 10 cm)	1	√
4.	Plester (lebar 1,25 cm)	1	√
5.	Plester cepat	1	√
6.	Kapas (25 gam)	1	√
7.	Kain segitiga atau mittela	1	-
8.	Gunting	1	-
9.	Peniti	1	√
10.	Sarung tangan sekali pakai	1	√
11.	Masker	1	√
12.	Pinset	1	√
13.	Lampu senter	1	-
14.	Gelas untuk cuci mata	1	√
15.	Kantong plastik bersih	1	√
16.	Aquades atau lar. Saline (100 ml)	1	√
17.	Povidon Iodin (60 ml)	1	√
18.	Alkohol 70%	1	√
19.	Bioplacenton	1	√
20.	Analgetik atau balsem	1	√
21.	Daftar isi kotak	1	√

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)



Gambar 4.46 Peta Distribusi Peralatan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K)

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)



Gambar 4.47 Peralatan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K) PSTNT BATAN

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Selain penyediaan pertolongan pertama pada kecelakaan, BATAN melakukan pemantauan kesehatan terhadap personil atau pekerja (SB 016 BATAN:2014):

1. Unit kerja berkewajiban melakukan pemantauan kesehatan pekerja radiasi dan non radiasi di unit kerja masing-masing berupa pemeriksaan kesehatan meliputi pemeriksaan laboratorium dan pemeriksaan fisik untuk menjamin ada atau tidak pengaruh kegiatan atau pekerjaannya terhadap kesehatan.
2. Calon pekerja radiasi sebelum bekerja menggunakan sumber radiasi atau bertugas di daerah radiasi harus telah menjalani pemeriksaan fisik dan laboratorium.

3. Selama masa bekerja, pekerja mendapat pemeriksaan kesehatan fisik dan laboratorium dengan pengaturan sebagai berikut:
 - a. Pekerja radiasi dan pekerja administrasi diperiksa minimal 1 tahun sekali.
 - b. Siswa magang, kontraktor, peneliti/ahli yang berkunjung dan bekerja di medan radiasi lebih dari enam bulan wajib menjalani pemeriksaan kesehatan fisik dan laboratorium sebelum bekerja lebih lanjut.
4. Pada keadaan kecelakaan radiasi dilakukan pemantauan kesehatan khusus bagi yang menerima dosis melebihi 2 kali NBD tahunan atau yang diduga menerima dosis berlebih.
5. Hasil pemeriksaan kesehatan pekerja diarsipkan dalam data kesehatan pekerja yang ditangani oleh klinik dilingkungan kawasan atau klinik yang ditunjuk oleh Pemegang Izin (PI). Hasil pemeriksaan kesehatan dilaporkan kepada Pemegang Izin (PI) yang bersangkutan untuk penata laksanaan kesehatan.
6. Jika pekerja radiasi mendapat dosis berlebih akibat tugasnya sehari-hari atau mengalami kecelakaan radiasi, maka petugas kesehatan menanggulangi keadaan korban tersebut bersama dengan Bidang Keselamatan atau Tim Keselamatan terkait.
7. Bila keadaan korban tidak dapat ditanggulangi dengan fasilitas yang ada di kawasan nuklir BATAN masing-masing, maka petugas kesehatan klinik harus mengirim korban ke rumah sakit.
8. Pekerja radiasi yang akan pensiun atau tidak akan bertugas sebagai pekerja radiasi secara permanen harus menjalani pemeriksaan fisik dan laboratorium. Dalam hal ini hanya pekerja radiasi yang pemeriksaan kesehatan terakhirnya lebih dari 6 bulan.
9. Pemegang Izin (PI) memfasilitasi konseling kesehatan kepada pekerja radiasi yang menerima dosis berlebih.

4.7 Prosedur Keadaan Darurat

Organisasi harus membuat, menerapkan dan memelihara prosedur untuk menghadapi keadaan darurat atau bencana, Pengujian prosedur secara berkala tersebut dilakukan oleh personel yang ditunjuk dan hal-hal yang memiliki potensi bahaya besar harus dikoordinasikan dengan instansi terkait yang berwenang. Organisasi harus melakukan tanggap darurat sesuai dengan situasi darurat sebenarnya dan mencegah atau memitigasi konsekuensi K3 yang terkait. Dalam merencanakan tanggap darurat, organisasi harus memperhitungkan pihak lain yang relevan, seperti pelayanan kedaruratan dan lingkungan sekitar. Organisasi harus secara berkala mengkaji ulang dan, jika perlu, merevisi prosedur tanggap daruratnya, terutama setelah pengujian berkala dan setelah terjadinya situasi kedaruratan. Prosedur menghadapi insiden Untuk mengurangi pengaruh yang mungkin timbul akibat insiden, organisasi harus memiliki prosedur yang meliputi penyediaan fasilitas Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K) dengan jumlah yang cukup dan sesuai sampai mendapatkan pertolongan medik kemudian dilakukan proses perawatan lanjutan (SB 006 OHSAS 18001:2008).





Gambar 4.48 Rambu Keselamatan Kedaruratan

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Dalam penanggulangan kecelakaan radiasi diperlukan suatu rencana penanggulangan yang meliputi program penanggulangan kecelakaan radiasi berdasarkan tingkat fasilitas atau kawasan, tingkat daerah atau lepas kawassan dan tingkat nasional. Pada prinsipnya tindakan yang dilakukan dalam penanggulangan kecelakaan radiasi adalah mengutamakan keselamatan manusia daripada keselamatan fisik atau bangunan.

Berikut tindakan umum penanggulangan kecelakaan radiasi (STTN BATAN, 2007):

1. Menyelamatkan manusia

Semua orang yang diperkirakan terkena paparan radiasi dan atau kontaminasi zat radioaktif harus diutamakan untuk memperoleh bantuan dan pertolongan. Keluarkan penderita dari medan radiasi dan hentikan operasi instalasi.

2. Mengisolasi daerah kecelakaan

Daerah kecelakaan harus diisolasi dan diberi tanda radiasi, dengan tujuan untuk mencegah agar masyarakat umum atau orang lain tidak terdapat paparan radiasi berlebih atau kontaminasi. Tidak seorangpun diperbolehkan masuk daerah tersebut sampai Petugas Proteksi Radiasi (PPR) atau orang yang ditunjuk datang memeriksa dan memimpin tindakan penyelamatan. Personal yang terkait dalam hal tersebut harus segera diinformasikan.

3. **Memperkirakan dosis yang di terima**

Dosis yang diterima korban dapat diterima dari:

- Gejala klinis (seperti mual, muntah, diare dari frekuensi kejadian tersebut) serta dari pemeriksaan daerah dan urine korban.
- Dosimeter perorangan.
- Perhitungan (dengan memperkirakan aktivitas sumber, jarak sumber dengan korban serta waktu penyinaran).
- Pengukuran aktivitas benda-benda yang telah teraktivasi (jika memakai sumber neutron).
- Pengukuran secara langsung dengan menggunakan *whole body counter*.

4. **Segera minta bantuan ke instansi terkait dan berwenang**

Apabila kecelakaan radiasi yang terjadi tergolong dalam klasifikasi parah maka perlu segera minta bantuan kepada instansi terkait dan berwenang misalnya: pemadam kebakaran, kepolisian dan lain-lain.

5. **Mengukur tingkat atau besarnya radioaktivitas yang mungkin melekat pada penderita**

Pengukuran tingkat atau besarnya radioaktivitas yang mungkin melekat pada penderita dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sesuai (*hand* dan *foot* monitor).

6. **Mengelompokan penderita menurut tingkat dosis yang di terima**

Jika perkiraan dosis yang diterima kurang dari 1 (satu) Gray maka tidak perlu mendapatkan perawatan khusus, apabila lebih dari 1 (satu) Gray maka korban harus mendapat perawatan secara khusus dan dievaluasi secara intensif.

7. **Melakukan dekontaminasi**

Setiap gedung, daerah, perlengkapan, alat pengangkutan atau bagian yang terkontaminasi harus sesegera mungkin di dekontaminasi di bawah pengawasan Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Tempat atau perlengkapan yang terkontaminasi harus di monitor secara berkala untuk mengetahui apakah masih diperlukan tindakan lain untuk menghilangkan bahaya radiasi. Untuk memudahkan pelaksanaan pekerjaan dekontaminasi perlu dikelompokan

seperti dekontaminasi pekerja, dekontaminasi peralatan, dekontaminasi daerah kerja dan dekontaminasi pakaian.

8. Susun rencana pengamanan sumber radiasi sesuai prosedur, dengan mengutamakan keselamatan manusia yang utama

Pengusaha instalasi harus menyediakan prosedur penanggulangan keadaan darurat yang sesuai dengan zat radioaktif atau sumber radiasi yang digunakan.

9. Melaporkan kepada penanggung jawab organisasi kawasan dan nasional (BAPETEN)

Pengusaha instalasi atau penanggung jawab instalasi harus melaporkan kecelakaan dan melakukan upaya penanggulangan. Pelaporan kejadian abnormal, kecelakaan dan atau kecelakaan parah kepada BAPETEN dilakukan dalam waktu satu kali 24 (duapuluh empat) jam dan laporan lengkap diberikan paling lambat 3 (tiga) hari setelah pelaporan kecelakaan.

10. Program Pelatihan Penanggulangan Kecelakaan Radiasi dan Uji Coba

Untuk instalasi nuklir berdampak radiologi tinggi (fasilitas nuklir, radioterapi), pengusaha instalasi harus menyusun dan melaksanakan Program Pelatihan dan Uji Coba Penanggulangan Keadaan Darurat secara komprehensif dan teratur minimal satu tahun sekali.





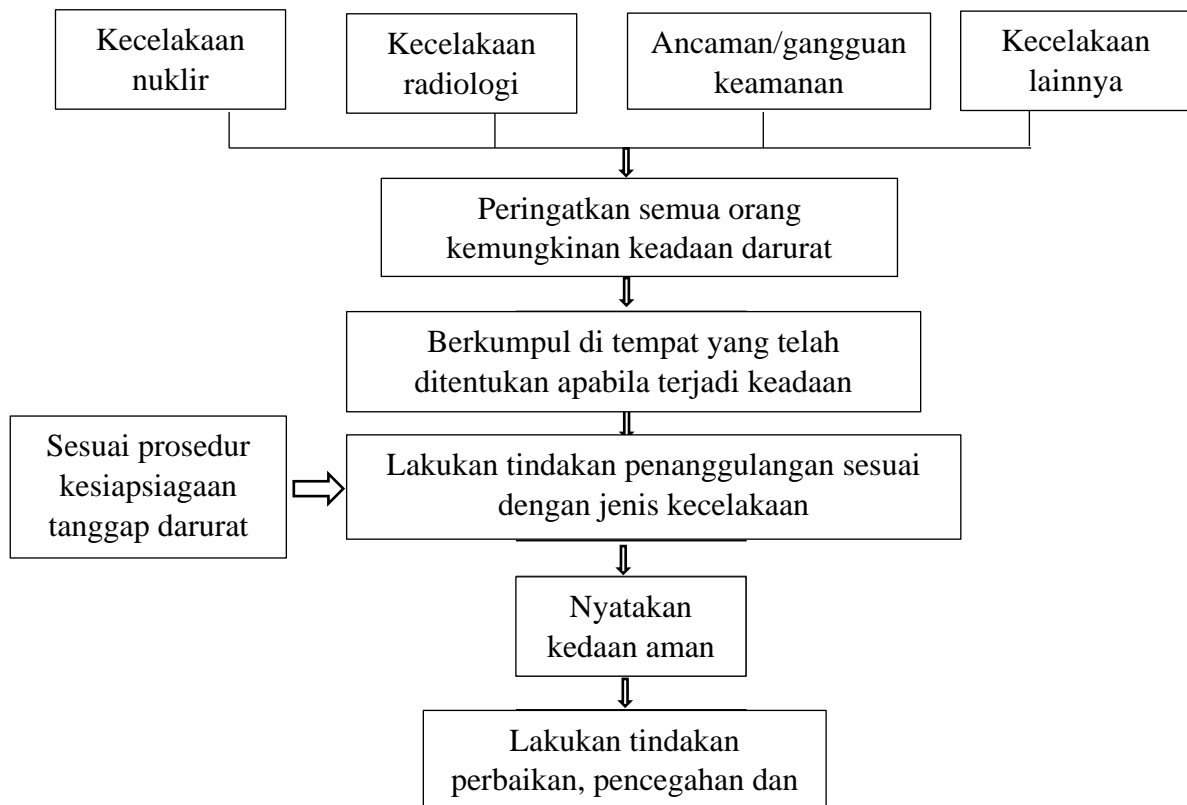
Gambar 4.49 Kegiatan Pelaksanaan Pelatihan Kedaruratan PSTNT BATAN

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2019)

Pelaksanaan Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat Nuklir atau Radiologik (PSTNT BATAN)

Kedaruratan nuklir merupakan keadaan bahaya yang mengancam keselamatan manusia, kerugian harta atau kerusakan lingkungan hidup, yang timbul sebagai akibat kecelakaan nuklir atau kecelakaan radiasi. Kedaruratan radiologi merupakan keadaan bahaya yang terjadi karena paparan radiasi dari sumber radiasi. Kedaruratan keamanan dan kecelakaan lainnya merupakan keadaan bahaya yang terjadi karena gangguan keamanan atau keadaan bahaya diluar kecelakaan nuklir radiasi, paparan radiasi dan gangguan keamanan (SOP 13 PSTNT BATAN 2011). Pelaksanaan latihan kesiapsiagaan dan tanggap darurat nuklir atau radiologik, dalam hal ini terjadi kedaruratan nuklir atau radiologi di reaktor TRIGA 2000 atau laboratorium radiasi lainnya. Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat Nuklir atau radiologik di PSTNT menjadi tanggung jawab bidang K3 sebagai penyelenggara keselamatan radiasi.

Latihan kesiapsiagaan dan tanggap darurat nuklir atau radiologi di PSTNT dilakukan 1 (satu) kali dalam setahun dan dilaporkan ke BAPETEN (SOP 116.2 PSTNT BATAN 2018). Berikut kegiatan kesiapsiagaan tanggap darurat di PSTNT BATAN (SOP 13 PSTNT BATAN 2011).



Gambar 4. 50 Diagram Alir Kesiapsiagaan Tanggap Darurat Umum

(Sumber: SOP 13 PSTNT BATAN 2011)

Beberapa penyebab kondisi kecelakaan yang memiliki potensi bahaya besar dan dapat menimbulkan keadaan darurat:

1. Radiasi

- Terjadinya *release* atau pelepasan radionuklida dari cerobong reaktor atau laboratorium lainnya yang melebihi batas operasi dalam waktu yang cukup lama.
- Pecahnya atau bahkan melelehnya bahan bakar reaktor TRIGA 2000.
- Kebakaran yang diikuti lepasnya zat radioaktif atau zat kimia berbahaya ke lingkungan.
- Tumpahnya zat radioaktif beraktivitas sangat tinggi.

2. Non radiasi

- Kebakaran besar.
- Ledakan besar yang diikuti kebakaran.
- Ancaman keamanan, berupa teroris atau ancaman bom.
- Ancaman terjadinya banjir, gempa.

Dalam keadaan darurat di atas berikut rincian kegiatan di lingkungan PSTNT BATAN:

1. Personil pertama yang mengetahui terjadinya kecelakaan atau kedaruratan dengan segera harus melapor kepada supervisor atau atasan langsungnya dan dapat disampaikan langsung kepada Petugas Proteksi Radiasi (PPR) atau Unit Pengamanan Nuklir (UPN).
2. Staff UPN atau Sub. Bidang Proteksi Radiasi dan Keselamatan Kerja (PRKK) langsung melakukan investigasi, jenis dan tingkat kecelakaan atau kedaruratan yang terjadi.
3. Seluruh karyawan diperintahkan untuk berkumpul di halaman depan “tempa berkumpul dalam keadaan darurat”.
4. Semua tindakan dilakukan sesuai dengan prosedur, bergantung kedaruratan yang terjadi, prosedur yang digunakan:
 - Kesiapsiagaan tanggap darurat nuklir, kesiapsiagaan tanggap darurat radiologik, identifikasi bahaya dan aspek lingkungan, pemantauan lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan dokumen terkait kedaruratan radiasi.
 - Penanggulangan sabotase, penanggulangan bahaya kebakaran dan dokumen terkait lainnya untuk kedaruratan non radiasi.
5. Setelah kejadian kedaruratan, Bidang K3 melakukan investigasi dan memberikan rekomendasi untuk tindakan perbaikan serta pencegahan agar kejadian serupa tidak terulang serta dilakukan tindakan pemulihan
6. Prosedur Kesiapsiagaan Tanggap Darurat di uji dalam pelaksanaan Kesiapsiagaan Tanggap Darurat Nuklir di PSTNT BATAN dan dilakukan evaluasi prosedur.

4.8 Rekapitulasi Perbandingan Penerapan K3 di PSTNT BATAN dengan Undang-undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja

Sesuai dengan Keputusan kepala badan pengawas tenaga nuklir Nomor 01/KA-BAPETEN/V-99 Tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, ketentuan keselamatan kerja ini merupakan ketentuan yang berlaku di Indonesia dalam bidang keselamatan nuklir yang ditetapkan oleh BAPETEN sebagai salah satu amanat dan fungsi utama Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang ditetapkan dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

Menurut Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran upaya-upaya untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup harus dilakukan dalam melakukan pemanfaatan tenaga nuklir sebagai bidang yang menyangkut kehidupan dan keselamatan orang banyak. Sehubungan dengan hal tersebut perlu diperhatikan perundang-undangan lain salah satunya terkait keselamatan yaitu Undang-Undang No 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Untuk mengetahui kesesuaian penerapan K3 yang berada di Pusat Sains dan Tenaga Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN harus dilakukan penyesuaian dengan regulasi yang berlaku. Berikut rekapitulasi perbandingan penerapan K3 di PSTNT dengan Undang-Undang No.1 Tahun 1970.

Tabel 4.13 Tabel Rekapitulasi Perbandingan Penerapan K3

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
1.	Pasal 3: Syarat-syarat Keselamatan (Ayat 1)			
1.1	Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk:	√		Perusahaan melakukan pencegahan dan pengurangan kecelakaan dengan penerapan kebijakan K3 dan dilakukan pengendalian terhadap risiko bahaya
	a. Mencegah dan mengurangi kecelakaan			
	b. Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran	√		Terdapat APAR dan <i>hydrant</i> disekitar kawasan perusahaan
	c. Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan	√		Dilakukan pembatasan atau larangan terhadap perilaku yang dapat memicu ledakan.
	d. Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya	√		Terdapat rambu keselamatan terkait kedaruratan. Seperti: jalur evakuasi dan titik kumpul.
	e. Memberikan pertolongan pada kecelakaan	√		Setiap instalasi/unit kerja di kawasan perusahaan sudah mempunyai peralatan P3K
	f. Memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja	√		Terdapat APD dengan jumlah yang telah disesuaikan dengan kebutuhan personil dan dilakukan pemantauan berkala
	g. Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara atau getaran	√		Dilakukan pengukuran dengan periode berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun terhadap parameter suhu,

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
				kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara atau getaran
	h. Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psikis, peracunan, infeksi dan penularan	√		Penggunaan APD yang sesuai dan segera dilakukan pengendalian terhadap kecelakaan kerja yang terjadi
	i. Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai	√		Berdasarkan hasil pengukuran sebesar 70,71% memenuhi penetapan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk parameter pencahayaan
	j. Menyelenggarakan suhu dan kelembaban udara yang baik	√		Berdasarkan hasil pengukuran sebesar 82,69% untuk parameter kelembaban dan 79,3% untuk parameter suhu memenuhi penetapan Nilai Ambang Batas (NAB)
	k. Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup	√		Terdapat ventilasi dan sistem <i>exhaust</i> yang sudah cukup baik
	l. Memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban		√	Beberapa pelaksanaan kerja dan kondisi daerah lingkungan kerja harus diperhatikan kembali terhadap peluang terjadinya risiko kecelakaan
	m. Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan kerja dan proses kerjanya	√		Memastikan pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan prosedur dan sebelum memulai pekerjaan terdapat pengarahan kerja

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
	n. Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang		√	Diperlukan penyesuaian alat atau pesawat angkut dalam membantu pelaksanaan pengelolaan limbah radioaktif
	o. Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan	√		Dilakukan pemantauan berkala terhadap kebutuhan dan kondisi lingkungan kerja
	p. Mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar-muat, perlakuan dan penyimpanan barang	√		Dilakukan pengendalian secara rekayasa, melakukan kegiatan bersih-bersih atau penataan barang berkala
	q. Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya	√		Terdapat pengukuran sumber aliran listrik secara berkala dan pengendalian secara administratif dengan pemasangan rambu keselamatan
	r. Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi	√		APD yang digunakan personil telah disesuaikan dengan jenis kegiatan, bahaya yang terjadi dan tingkat risiko bahaya
1.2	Dengan peraturan perundangan dapat dirubah perincian seperti tersebut dalam ayat (1) sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknik dan teknologi serta pendapat-pendapat baru dikemudian hari	√		Terdapat perubahan prosedur pada penilaian risiko keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan serta perusahaan masih dilakukan pengkajian terhadap pembaharuan prosedur pemantauan lingkungan yang disesuaikan dengan ISO 45001 (Sistem Manajemen Lingkungan)

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
2.	Pasal 4: Syarat-syarat Keselamatan			
	a. Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja dalam perencanaan, pembuatan, pengangkutan, peredaran, perdagangan, pemasangan, pemakaian, penggunaan, pemeliharaan dan penyimpanan bahan, barang, produk teknis dan aparat produksi yang mengandung dan dapat menimbulkan bahaya kecelakaan	√		Terdapat prosedur atau SOP (<i>Standard Operating Procedure</i>) yang disesuaikan dengan jenis kegiatan dan risiko bahaya. Serta dilakukan pemantauan, penyebaran informasi, pelatihan dan evaluasi berkala terkait prosedur atau kebijakan yang ditetapkan
	b. Syarat-syarat tersebut memuat prinsip-prinsip teknis ilmiah menjadi suatu kumpulan ketentuan yang disusun secara teratur, jelas dan praktis yang mencakup idang konstruksi, bahan, pengolahan dan pembuatan, perlengkapan alat-alat perlindungan, pengujian dan pengesahan, pengepakan, atau pembungkusan, pemberian tanda-tanda pengenalan atas bahan, barang, produk teknis dan aparat produksi guna menjamin keselamatan barang-barang itu sendiri, keselamatan tenaga kerja yang melakukannya dan keselamatan umum.	√		Memastikan pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan serta dilakukan pengendalian dokumen yang diperlukan

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
	c. Dengan peraturan perundangan ditetapkan siapa yang berkewajiban memenuhi dan menaati syarat-syarat keselamatan tersebut	√		Terdapat penjelasan tugas pokok dan fungsi bidang serta penanggung jawab pada prosedur yang ditetapkan.
3.	Pasal 5: Pengawasan			
	a. Direktur melakukan pelaksanaan umum terhadap undang-undang ini, sedangkan para pegawai pengawas dan ahli keselamatan kerja ditugaskan menjalankan pengawasan langsung terhadap ditaatinya undang-undang ini dan membantu pelaksanaannya	√		Terdapat audit internal dan eksternal yang dilakukan secara berkala dan melibatkan petugas keselamatan/Bidang K3 secara berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun
	b. Wewenang dan kewajiban direktur, pegawai pengawas dan ahli keselamatan kerja dalam melaksanakan undang-undang ini diatur dengan peraturan perundangan	√		Terdapat penjelasan tugas pokok dan fungsi bidang serta penanggung jawab pada prosedur yang ditetapkan.
4.	Pasal 8: Pengawasan			
	a. Pengurus diwajibkan memeriksa kesehatan badan, kondisi mental dan kemampuan fisik dari tenaga kerja yang akan diterimanya maupun akan dipindahkan sesuai dengan sifat-sifat pekerjaan yang diberikan padanya	√		Unit kerja berkewajiban melakukan pemantauan kesehatan pekerja radiasi dan non radiasi di unit kerja masing-masing baik pemeriksaan sebelum pekerjaan dan pemeriksaan berkelanjutan yang berupa pemeriksaan kesehatan meliputi

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
				pemeriksaan laboratorium dan pemeriksaan fisik untuk menjamin ada atau tidak pengaruh kegiatan atau pekerjaannya terhadap kesehatan
	b. Pengurus diwajibkan memeriksa semua tenaga kerja yang dibawah pimpinannya, secara berkala pada dokter yang ditunjuk oleh pengusaha dan dibenarkan oleh direktur	√		Unit kerja berkewajiban melakukan pemantauan kesehatan pekerja radiasi dan non radiasi di unit kerja masing-masing baik pemeriksaan sebelum pekerjaan dan pemeriksaan berkelanjutan yang berupa pemeriksaan kesehatan meliputi pemeriksaan laboratorium dan pemeriksaan fisik untuk menjamin ada atau tidak pengaruh kegiatan atau pekerjaannya terhadap kesehatan
	c. Norma-norma mengenai pengujian kesehatan ditetapkan dengan peraturan perundangan	√		Pengujian kesehatan ditetapkan pada prosedur keselamatan kerja yang ditetapkan

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
5.	Pasal 9: Pembinaan			
	a. Pengurus diwajibkan menunjukan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang: <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi-kondisi dan bahaya-bahaya serta yang dapat timbul dalam tempat kerjanya - Semua pengamanan dan alat-alat perlindungan yang diharuskan dalam tempat kerjanya - Alat-alat perlindungan diri bagi tenaga kerja yang bersangkutan - Cara-cara dan sikap yang aman dalam melaksanakan pekerjaannya 	√		Terdapat pelatihan dan pembinaan khusus sebelum melaksanakan pekerjaan yang diperuntukan pada semua kalangan pekerja
	b. Pengurus hanya dapat mempekerjakan tenaga kerja yang bersangkutan setelah ia yakin bahwa tenaga kerja tersebut telah memahami syarat-syarat tersebut diatas	√		Terdapat pembinaan dan pengujian khusus sebelum melaksanakan pekerjaan yang diperuntukan pada semua kalangan pekerja
	c. Pengurus diwajibkan menyelenggarakan pembinaan bagi semua tenaga kerja yang berada dibawah pimpinannya, dalam pencegahan kecelakaan dan pembrantasan kebakaran serta	√		Dilakukan pelatihan dan pembinaan terhadap kejadian kedaruratan atau Pelaksanaan kesiapsiagaan dan tanggap darurat secara berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
	peningkatan Kesehatan dan Keselamatan kerja, pula dalam pemberian pertolongan pertama pada kecelakaan			
	d. Pengurus diwajibkan memenuhi dan menaati semua syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan yang berlaku bagi usaha dan tempat kerja yang dijalankannya	√		Terdapat prosedur atau SOP (<i>Standard operating procedure</i>) yang mengatur pelaksanaan kesiapsiagaan dan tanggap darurat
6.	Pasal 10: Panitia Pembina Keselamatan Kesehatan Kerja			
	a. Menteri tenaga kerja berwenang membentuk panitia pembina Kesehatan dan Keselamatan kerja guna memperkembangkan kerja sama, saling pengertian dan partisipasi efektif dari pengusaha atau pengurus dan tenaga kerja dalam tempat-tempat kerja untuk melaksanakan tugas dan kewajiban bersama dibidang Kesehatan dan Keselamatan kerja dalam rangka melancarkan usaha berproduksi	√		Pelaksanaan dan pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan perusahaan dilaksanakan oleh Sub. bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan.
	b. Susunan panitia pembina Kesehatan dan Keselamatan kerja, tugas dan lain-lainnya ditetapkan oleh menteri tenaga kerja	√		Pelaksanaan dan pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan perusahaan dilaksanakan oleh Sub. bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan.

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
7.	Pasal 11: Kecelakaan			
	a. Pengurus diwajibkan melaporkan tiap kecelakaan yang terjadi dalam tempat kerja yang dipimpinnya pada pejabat yang ditunjuk oleh meteri tenaga kerja	√		Petugas bidang keselamatan atau Bidang K3 wajib membuat laporan segera setelah terjadi kecelakaan kerja dengan waktu maksimal 3 hari setelah kecelakaan
	b. Tata cara pelaporan dan pemeriksaan kecelakaan oleh pegawai termaksud dalam ayat (1) diatur dengan peraturan perundangan	√		Terdapat prosedur atau SOP (<i>Standard operating procedure</i>) yang mengatur pelaksanaan kesiapsiagaan dan tanggap darurat
8.	Pasal 12: Kewajiban dan Hak Tenaga Kerja			
	Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk:	√		Pekerja memberikan laporan dan keterangan yang disesuaikan dengan kondisi atau penerapan di lapangan
	a. Memberikan keterangan yang benar bila diminta oleh pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja			
	b. Memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan	√		Terdapat pemeriksaan APD sebelum dilakukan pelaksanaan pekerjaan
	c. Memenuhi dan menaati semua syarat-syarat keselamatan dan kesehatan kerja yang diwajibkan	√		Pekerjaan dilakukan sesuai dengan prosedur atau SOP (<i>Standard operating procedure</i>) yang berlaku

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
	d. Meminta pada pengurus agar dilaksanakan semua syarat Kesehatan dan Keselamatan kerja yang diwajibkan	√		Pekerja memberikan laporan dan keterangan yang disesuaikan dengan kondisi atau penerapan di lapangan
	e. Menyatakan keberatan kerja pada pekerjaan dimana syarat Kesehatan dan Keselamatan kerja serta alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan diragukan olehnya kecuali dalam hal-hal khusus ditentukan lain oleh pegawai pengawas dalam batas-batas yang masih dipertanggung jawabkan	√		Pekerja memberikan laporan dan keterangan yang disesuaikan dengan kondisi atau penerapan di lapangan
9.	Pasal 13: Kewajiban Bila Memasuki Tempat Kerja			
	Barang siapa akan memasuki sesuatu tempat kerja, diwajibkan menaati semua petunjuk keselamatan kerja dan memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan.	√		Terdapat pemeriksaan APD sebelum dilakukan pelaksanaan pekerjaan dan peraturan/kebijakan sudah tercantum dengan jelas
10.	Pasal 14: Kewajiban Pengurus			
	a. Secara tertulis menempati dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua syarat keselamatan kerja yang diwajibkan, sehelai undang-undang ini dan semua peraturan pelaksanaanya yang berlaku bagi tempat kerja yang bersangkutan, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan	√		Peraturan dan kebijakan K3 tercantum jelas disekitar kawasan perusahaan dengan tempat yang strategis

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
	terbaca dan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan keselamatan kerja			
	b. Memasang dalam tempat kerja yang dipimpinnya, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja	√		Peraturan baik dalam bentuk penjelasan dan gambar terkait kebijakan keselamatan lengkap tercantum jelas disekitar kawasan perusahaan dengan tempat yang strategis
	c. Menyediakan secara cuma-cuma- semua alat perlindungan diri yang diwajibkan pada tenaga kerja yang berada dibawah pimpinannya dan menyediakan bagi setiap orang lain yang memasuki tempat kerja tersebut, disertai dengan petunjuk-petunjuk yang diperlukan menurut petunjuk pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.	√		APD yang digunakan personil telah disesuaikan dengan jenis kegiatan, bahaya yang terjadi dan tingkat risiko bahaya
11.	Pasal 16: Ketentuan-ketentuan Penutup			
	Pengusaha yang mempergunakan tempat-tempat kerja yang sudah ada pada waktu undang-undang ini mulai berlaku wajib mengusahakan	√		Ketentuan Keselamatan Kerja atau kebijakan K3 terkait perusahaan Ketenaganukliran yang diatur pada Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 disesuaikan dengan peraturan

No.	Undang-Undang No.1 Tahun 1970	Kesesuaian Penerapan K3		Keterangan
		Sesuai	Tidak	
	didalam satu tahun sesudah ketentuan-ketentuan menurut atau berdasarkan undang-undang ini			terkait keselamatan yaitu Undang-Undang No 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja
12.	Pasal 17: Ketentuan-ketentuan Penutup			
	Selama peraturan perundangan untuk melaksanakan ketentuan dalam undang-undang ini belum dikerluarkan, maka peratura dalam bidang keselamatan kerja yang ada pada waktu undang-undang ini mulai berlaku, tetap berlaku sepanjang tidak bertentanngan dengan undang-undang ini	√		Ketentuan Keselamatan Kerja atau kebijakan K3 terkait perusahaan Ketenaganukliran yang diatur pada Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 disesuaikan dengan peraturan terkait keselamatan yaitu Undang-Undang No 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja

(Sumber: Data Pengamatan, 2019)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan kerja praktik mengenai penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN.

- Pelaksanaan identifikasi dan menganalisis bahaya dan penilaian risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada tahapan pengelolaan limbah B3, limbah padat radioaktif dan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN. Secara keseluruhan hasil pemeringkatan risiko atau profil kegiatan dinyatakan dengan skala A dimana kesimpulan diperoleh risiko dapat diterima dan langkah pengendalian dinilai efektif dan pengawasan dilakukan oleh penyelia. Dengan pelaksanaan dan pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan termasuk proteksi radiasi, penanggulangan kedaruratan nuklir, dan pengelolaan limbah di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT), BATAN Bandung dilaksanakan oleh Sub. bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR), Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan.

a. Pengelolaan Limbah B3

Dengan jenis potensi bahaya kecelakaan kerja sebagai berikut terpapar radiasi, bahan tercampur, tidak terdapat data lengkap mengenai limbah cair yang dipilah, tumpahan limbah, botol pecah, terkena pecahan botol pada proses alat kompaksi, terkena benda tajam, larutan B3 terhirup, dan keadaan kerja yang tidak teratur karena keterbatasan waktu kerja.

b. Pengelolaan Limbah Radioaktif

Dengan jenis potensi bahaya kecelakaan kerja sebagai berikut terpapar radiasi, tertusuk jarum, terkena benda tajam lain dan limbah tercecer.

c. Penentuan Index Angkut Limbah Radioaktif

Dengan jenis potensi bahaya kecelakaan kerja sebagai berikut terpapar radiasi, drum melebihi kapasitas angkut, terkena wadah limbah dengan massa berlebih, terjepit drum, wadah limbah rusak/bocor dan wadah limbah tidak teridentifikasi dengan baik.

d. Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan

Dengan jenis potensi bahaya kecelakaan kerja sebagai berikut terkena benda tajam, terhirup debu atau abu sampel dan kebisingan alat sampel preparasi.

- Rekomendasi pengendalian risiko bahaya pada tahapan pengelolaan limbah dan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN yang dilakukan penyesuaian terhadap *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18001:2007 dan OHSAS 18002:2008, PSTNT BATAN diperlukan pengendalian secara administratif dengan melakukan penyesuaian dokumen serta penyesuaian jadwal pengukuran, sesuai dengan pembaruan standar yang dilakukan BATAN mengenai Standar Penilaian Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) berisi persyaratan dan tata cara dalam melakukan penilaian risiko K3 BATAN sesuai dengan SB SB 006-1-BATAN:2019.
- Berdasarkan hasil pengukuran parameter kondisi lingkungan kerja dilaksanakan pada periode pemantauan minimal 1 (satu) kali dalam setahun. Pemantauan kondisi lingkungan kerja dilakukan terhadap ruangan yang terdapat pada gedung di sekitar atau kawasan PSTNT BATAN. Gedung dan/atau ruangan yang ditinjau meliputi Gedung B (58 Ruangan), Gedung C (16 Ruangan), dan Gedung F (53 Ruangan). Sampel gedung yang dilakukan pada pemantauan kondisi lingkungan kerja termasuk kedalam aktivitas perkantoran dan beberapa gedung terdapat aktivitas laboratorium. Dari hasil pengukuran rata-rata diperoleh 70,71% sudah sesuai dengan nilai ambang batas parameter cahaya, 82,69% sudah sesuai dengan nilai ambang batas parameter kelembaban, 79,3% sudah sesuai dengan nilai ambang batas suhu ruangan, parameter kebisingan sudah sesuai dengan nilai ambang batas, dan 98,33% sudah sesuai dengan nilai ambang batas medan magnet. Pengukuran kondisi lingkungan kerja diperlukan

pengendalian secara administratif dengan melakukan penyesuaian prosedur pemantauan kondisi lingkungan kerja dimana acuan SK Menkes RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 status dokumen saat ini sudah dicabut atau tidak berlaku kembali yang digantikan dengan penetapan Peraturan Menteri Kesehatan No. 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.

- Perbandingan kesesuaian penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di pada tahapan pengelolaan limbah dan pemantauan radioaktivitas lingkungan di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN dengan regulasi yang berlaku yaitu Undang-undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja diperoleh dua persyaratan keselamatan pada pasal 3 ayat 1 mengenai pemeliharaan kebersihan, kesehatan dan ketertiban serta pengamanan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang yang harus disesuaikan kembali dengan peluang potensi bahaya risiko yang ditimbulkan seperti penataan tempat untuk melakukan pengelompokan limbah B3 dan penyesuaian alat atau pesawat angkut dalam membantu pelaksanaan pengelolaan limbah radioaktif.

5.2 Saran

Berdasarkan kesesuaian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN beberapa saran yang dapat diberikan kepada perusahaan:

1. Dilakukan pengendalian risiko secara administratif dengan pembaruan revisi dokumen terkait peraturan atau standar penilaian risiko Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) dan pemantauan parameter kondisi lingkungan kerja.
2. Dilakukan penyesuaian pengendalian risiko terhadap bahaya risiko yang ditimbulkan pada tahapan pokok pekerjaan seperti melakukan penataan tempat untuk meminimalisir bahaya dalam pengelolaan limbah radioaktif, penggunaan alat bantu dan instrumen disesuaikan dengan kegiatan yang dilakukan dan pemantauan parameter udara serta kebisingan berkala ketika dilakukan preparasi sampel radioaktivitas lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfiyan, M., dan Yus, R. A. 2010. *Strategi Pengelolaan Limbah Radioaktif di Indonesia Ditinjau dari Konsep Cradle to Grave*, Jakarta: BAPETEN.
2. Google Earth. 2019. Lokasi PSTNT BATAN.
3. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01/Ka-Bapeten/V-99 Tahun 1999 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi.
4. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 04/Ka-Bapeten/V-99 Tahun 1999 tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengangkutan Zat Radioaktif.
5. OHSAS 18001. 2007. *Occupational Health and Safety Management Systems Requirements*.
6. OHSAS 18002. 2008. *Occupational Health and Safety Management Systems Requirements*.
7. Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional No.4 Tahun 2017 tentang Petunjuk Teknis Jabatan Fungsional Pranata Nuklir dan Angka Kreditnya.
8. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.
9. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
10. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 58 Tahun 2015 Tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif.
11. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia No. PER.04/MEN/1980 Tahun 1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan Dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan.
12. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia No. PER.15/MEN/VIII/2008 tentang Pertolongan Pertama pada Kecelakaan di Tempat Kerja.
13. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No. PER.08/MEN/VII/2010 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri.

14. Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT). 2019. Jadwal Kegiatan KKPR 2019. Bandung:PSTNT.
15. Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT). 2019. Profile PSTNT. Bandung:PSTNT.
16. PSTNT BATAN. <https://www.batan.go.id/index.php/id/>. Diakses September 2019
17. Salami, I. R. S. 2015. *Kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja*. Yogyakarta:Gadjah Mada University Press.
18. STTN BATAN. 2007. Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi Modul Diklat BATAN. Jakarta:STTN BATAN.
19. SB 006-OHSAS 18001. 2008. Pedoman Tentang Persyaratan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja. BATAN.
20. SB 014 BATAN. 2013. Pedoman tentang analisis sampel radioaktivitas lingkungan. BATAN.
21. SB 016 BATAN. 2014. Proteksi dan Keselamatan Radiasi BATAN. BATAN.
22. SB 006.1 BATAN. 2012. Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja. BATAN.
23. SB 006-1 BATAN. 2019. Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja. BATAN.
24. Undang-undang Republik Indonesia No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
25. Undang-undang Republik Indonesia No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.
26. SOP 13 PSTNT BATAN. 2011. Kesiapsiagaan Tanggap Darurat Umum. Bandung:PTNBR.
27. SOP 055.2 PSTNT BATAN. 2015. Formulir Penilaian Risiko Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan. Bandung:PSTNT BATAN.
28. SOP 096.2 PSTNT BATAN. 2016. Standar Operasional Prosedur Penatalaksanaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun B3 di PSTNT. Bandung:PSTNT BATAN.

29. SOP 045.2 PSTNT BATAN. 2017. Standar Operasional Prosedur Pemantauan Lingkungan dan Keselamatan Kerja di PSTNT. Bandung:PSTNT BATAN.
30. SOP 116.2 PSTNT BATAN. 2018. Standar Operasional Prosedur Proteksi Radiasi dan Keselamatan Sumber Radiasi di PSTNT. Bandung:PSTNT BATAN.

LAMPIRAN



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR TERAPAN
Jalan Tamansari No. 71, Bandung 40132 ; Telp. 022-2503997 ; Fax. 022-2504081
Url: <http://bandung.batan.go.id> ; E-mail: pstnt@batan.go.id

Nomor : B-886/BATAN/SNT/HM.03/4/2019
Lampiran : 2 (dua) lembar
Perihal : Praktek Kerja

8 April 2019

Yth. Ketua Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITENAS
Jl. PHH. Mustafa No. 23
Bandung

Menjawab surat Saudara No. 332/A.01/TL-FTSP/Itenas/III/2019 tanggal 15 Maret 2019 perihal tersebut diatas, dengan ini diberitahukan bahwa kami bersedia menerima mahasiswa Saudara yaitu:

No.	Nama	NRP	Keterangan
1.	Nida Nur Rofa Rosidin	25-2016-048	Teknik Lingkungan
2.	Annita Nurhayati	25-2016-050	

untuk melaksanakan praktek kerja di PSTNT yang akan dibimbing/dipandu oleh:

Haryo Seno,MSi.

Sehubungan dengan hal itu, bersama surat ini kami kirimkan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dan ditandatangani oleh mahasiswa yang bersangkutan serta Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS. Sebelum pelaksanaan praktek kerja dimulai, dimohon mahasiswa yang bersangkutan menghubungi Sub Bagian PKDI Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan pada setiap hari kerja mulai pukul 08.00 s/d. 14.30 WIB (hari sabtu libur), dengan membawa persyaratan yang diminta, fotocopy kartu mahasiswa masing-masing rangkap 4 serta 2 (dua) buah pasphoto ukuran 2x3 dan surat keterangan sehat.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terimakasih.

Kepala Bagian Tata Usaha



Asep Yana Mulyana, SH.
NIP. 19710428 199901 1 001