



PEDOMAN TEKNIS

**ANALISIS KESELAMATAN FASILITAS PENGOLAHAN
MINERAL IKUTAN RADIOAKTIF**

TAHUN ANGGARAN 2025

BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR

Jalan Gajah Mada Nomor 8 Jakarta 10120

Telepon (62-21) 63858269 - 70, Faksimile (62-21) 63858275

Documen ini diterbitkan dalam bentuk cetak dan elektronik yang diterbitkan BSR/E
Jl. Gajah Mada No. 8 Jakarta Pusat 10120. Telp. (+62-21) 6385 8269-70, 630 2164, 630 2485 Fax. (+62-21) 6385 8275 Po Box. 4005 Jkt 10040

Homepage : www.bapeten.go.id, E-mail: info@bapeten.go.id


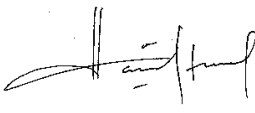
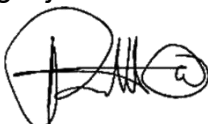


BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN)
Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120
Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275
URL : <http://www.bapeten.go.id/>


Jenis Rekaman : Rekaman Unit Kerja
Judul : Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

LEMBAR PENGESAHAN

PEDOMAN TEKNIS KAJIAN ANALISIS KESELAMATAN FASILITAS PENGOLAHAN MINERAL IKUTAN RADIOAKTIF TAHUN ANGGARAN 2025

Disusun oleh:	Penanggung Jawab Kegiatan,  Tino Sawaldi Adi Nugroho, S.T., M.Sc. NIP 197908302005011002
	 Dewi Novitasari, S.ST. NIP 199305032024212060
Tanggal	30 Desember 2025
Diperiksa oleh:	Koordinator KF Pengkajian Instalasi Nuklir Non Reaktor,  Dr. Petit Wiringgalih, B.Eng., M.Sc. NIP 197805171997021001
Tanggal	31 Desember 2025
Disahkan oleh:	Kepala P2STPIBN, #
Tanggal	31 Desember 2025

No. Rek : LT/STI/KN00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : i dari viii

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif


DAFTAR KONTRIBUTOR

- | | | |
|----|--|------------------|
| 1. | Dr. Petit Wiringgalih, B.Eng., M.Sc. | P2STPIBN-BAPETEN |
| 2. | Tino Sawaldi Adi Nugroho, S.T., M.Sc. | P2STPIBN-BAPETEN |
| 3. | Dr. Lilis Susanti Setianingsih, S.T., M.S. | P2STPIBN-BAPETEN |
| 4. | Decky Dendy Dharmaperwira, S.Mat. | P2STPIBN-BAPETEN |
| 5. | Dewi Novitasari, S.ST. | P2STPIBN-BAPETEN |
| 6. | Aris Sanyoto, S.K.M., SP.1. | DP2FRZR-BAPETEN |
| 7. | Wita Kustiana, S.Si. | DPIBN-BAPETEN |
| 8. | Sinta Tri Habsari, S.T., M.Eng. | DPIBN-BAPETEN |
| 9. | Asystasia S. Cindananti S.H. | DP2IBN-BAPETEN |

DAFTAR NARASUMBER

- | | | |
|----|-----------------|--|
| 1. | Zhiwen Fan | IAEA <i>Dep. of Nuclear Safety & Security</i> |
| 2. | Wahab Yusof | <i>Former Dir. General of Malaysian Nuclear Agency</i> |
| 3. | Keith Baldry | Environment Protection Authority, South Australia |
| 4. | Dadong Iskandar | Badan Riset dan Inovasi Nasional |


No. Rek : LT/STI/KN00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : ii dari viii

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

LEMBAR DISTRIBUSI

No. Salinan Dokumen	Nama Jabatan
4	Deputi Bidang Pengkajian Keselamatan Nuklir
4.4	Direktur Pengaturan Pengawasan Instalasi dan Bahan Nuklir
3.2	Direktur Perizinan Instalasi dan Bahan Nuklir
3.4	Direktur Inspeksi Instalasi dan Bahan Nuklir
2.1	Kepala Biro Perencanaan
2.4	Kepala Inspektorat
4.2.1	TU Pusat Pengkajian Sistem dan Teknologi Pengawasan Instalasi dan Bahan Nuklir

No. Rek : LT/STI/KN00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : iii dari viii

	<p style="text-align: center;">BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

KATA PENGANTAR


Puji dan syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Pengasih, yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif ini dengan baik. Penyusunan pedoman ini merupakan bagian dari upaya untuk meningkatkan keselamatan dalam pengolahan mineral ikutan radioaktif, serta mendukung pelaksanaan pengawasan dan pengelolaan sumber daya alam secara aman dan berkelanjutan.

Pedoman ini disusun sesuai dengan alokasi anggaran dan waktu yang tersedia, dengan tetap mengacu pada prinsip-prinsip keselamatan, standar nasional dan internasional yang berlaku, serta praktik terbaik di bidang pengolahan mineral. Kami menyadari bahwa aspek keselamatan dalam kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif merupakan hal yang sangat krusial, sehingga diperlukan panduan teknis yang komprehensif dan aplikatif bagi para pemangku kepentingan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak, seluruh rekan kerja di Pusat Pengkajian Sistem dan Teknologi Pengawasan Instalasi dan Bahan Nuklir (P2STPIBN) dan Unit Kerja terkait di Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) serta narasumber dari luar BAPETEN yang telah berkontribusi dalam penyusunan pedoman ini, baik melalui sumbangan pemikiran, data, maupun masukan teknis.

Harapan kami pedoman ini dapat menjadi acuan yang bermanfaat bagi para pelaksana di lapangan, regulator, dan semua pihak yang terlibat dalam kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif, walaupun kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam pelaksanaannya. Kami juga terbuka terhadap

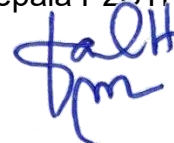
No. Rek : LT/STI/KN00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : iv dari viii

	<p>BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
<p>Jenis Rekaman : Judul :</p>	<p>Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif</p>

segala bentuk saran dan masukan untuk penyempurnaan pedoman ini di masa yang akan datang.


Jakarta, 31 Desember 2025

Kepala P2STPIBN,



Dra. Taruniyati Handayani, M.Sc.


No. Rek : LT/STI/KN00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : v dari viii

	<p style="text-align: center;">BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

DAFTAR ISI


LEMBAR PENGESAHAN	i
DAFTAR KONTRIBUTOR.....	ii
LEMBAR DISTRIBUSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Ruang Lingkup	4
1.4 Dasar Hukum	5
1.5 Definisi dan Istilah	6
BAB II ANALISIS KESELAMATAN FASILITAS PENGOLAHAN MINERAL IKUTAN RADIOAKTIF	8
2.1 Deskripsi Fasilitas dan Proses Pengolahan MIR	9
2.2 Identifikasi Risiko, Sumber dan Jalur Paparan Radiasi	10
2.3 Evaluasi Kecelakaan dan Analisis Dampak.....	11
2.4 Pengendalian, Proteksi Radiasi, dan Kesiapsiagaan	11
BAB III PENGENDALIAN DAN MANAJEMEN KESELAMATAN	13
3.1 Peralatan dan Fasilitas Pengendalian Paparan.....	13
3.2 Sistem Pemantauan dan Pengelolaan Limbah.....	18
3.3 Struktur Organisasi dan Manajemen Keselamatan	22
3.4 Program Jaminan Mutu dan Pelatihan	23
3.5 Budaya Keselamatan	25
BAB IV PENUTUP	26

No. Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : vi dari ix

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

4.1 Simpulan	26
4.2 Rekomendasi	26
4.3 Tindak Lanjut.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28

No. Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : vii dari ix


	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Panduan Umum Pemantauan Radiasi..... 19

No. Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : viii dari ix

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E


	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon (021) 63858269 – 70, Faksimile (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman : Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Area Timbunan Slag Hasil Pengolahan Timah..... 2

No. Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : ix dari ix

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang


Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran menetapkan bahwa BAPETEN bertanggung jawab dalam melaksanakan pengawasan terhadap seluruh kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir. Kegiatan tersebut mencakup penelitian dan pengembangan, penyelidikan umum, serta eksplorasi dan eksploitasi bahan galian nuklir. Dalam pelaksanaannya, BAPETEN memiliki kewajiban untuk melindungi masyarakat dari potensi dampak pemanfaatan tenaga nuklir dan menjamin keselamatan radiasi bagi pekerja serta lingkungan, sebagai bagian dari tujuan utama penyelenggaraan pengawasan ketenaganukliran di Indonesia.

Kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR) merupakan salah satu bentuk kegiatan pemanfaatan sumber daya alam yang berpotensi menimbulkan paparan radiasi karena mengandung radionuklida alami seperti uranium, torium, radium, dan produk turunannya. Dalam proses pengolahan baik pada tahap benefisiasi, pemurnian, maupun pengolahan lanjutan konsentrasi radionuklida tersebut dapat meningkat, sehingga berpotensi menimbulkan risiko paparan radiasi terhadap pekerja, masyarakat, maupun lingkungan. Oleh karena itu, kegiatan pengolahan MIR perlu dikelola secara komprehensif dan terintegrasi agar dapat dilaksanakan secara aman, selamat, dan sesuai dengan prinsip perlindungan radiasi.

Peningkatan aktivitas eksplorasi dan pemanfaatan sumber daya alam yang mengandung unsur radioaktif ikutan di Indonesia menuntut adanya sistem pengawasan keselamatan yang kuat, terukur, dan berbasis analisis ilmiah. Analisis keselamatan berfungsi untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai risiko radiologis dan non-radiologis, serta memastikan

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 1 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

bahwa rancangan fasilitas, tata letak, sistem pengendalian, dan prosedur operasional telah memenuhi standar keselamatan. Ketidaktepatan dalam penyusunan analisis keselamatan dapat berimplikasi pada timbulnya paparan radiasi di luar batas yang diizinkan, pencemaran lingkungan, serta dampak sosial dan ekonomi di wilayah sekitar fasilitas.




Gambar 1. Area timbunan slag hasil pengolahan timah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2022 tentang Keselamatan dan Keamanan Pertambangan Bahan Galian Nuklir, Pemegang Izin diwajibkan untuk melaksanakan analisis keselamatan guna memastikan bahwa kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif dilakukan dengan mempertimbangkan aspek keselamatan secara menyeluruh. Dalam pelaksanaannya, Pemegang Izin wajib menyusun, mengimplementasikan, dan memutakhirkan dokumen analisis keselamatan untuk kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif.

Indonesia menghadapi tantangan dalam pengelolaan MIR karena keberadaannya tersebar di berbagai sektor industri serta berasal dari proses geologis alami. Kompleksitas karakteristik material, keterbatasan data radiologis, dan beragamnya skala kegiatan menuntut adanya kerangka regulasi yang kuat dan selaras dengan standar internasional. Dalam hal ini, Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) telah menerbitkan berbagai pedoman keselamatan, antara lain *General Safety Requirements (GSR) Part 3* yang memuat persyaratan dasar perlindungan terhadap

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 2 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

paparan radiasi, dan *Specific Safety Guide (SSG) 60* yang membahas penilaian keselamatan fasilitas pengolahan NORM. Dokumen-dokumen tersebut menjadi acuan penting dalam pengembangan kerangka keselamatan pengolahan MIR di tingkat nasional.

Sebagai lembaga pengawas tenaga nuklir, BAPETEN memiliki mandat untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan yang melibatkan bahan radioaktif, termasuk yang berasal dari mineral ikutan, dilaksanakan sesuai ketentuan keselamatan nuklir dan radiasi. Untuk itu, diperlukan suatu pedoman teknis yang memberikan arahan praktis bagi pelaku usaha, konsultan, dan instansi terkait dalam menyusun *Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif*. Pedoman ini juga menjadi acuan bagi BAPETEN dalam proses evaluasi dokumen analisis keselamatan, penilaian perizinan, serta pelaksanaan pengawasan berkelanjutan terhadap fasilitas.


Dengan tersusunnya pedoman teknis ini, diharapkan pelaksanaan analisis keselamatan dapat dilakukan secara konsisten, terukur, dan transparan, serta menghasilkan keluaran yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perizinan dan pengawasan. Pedoman ini juga menjadi bagian dari upaya memperkuat budaya keselamatan (*safety culture*) di lingkungan industri pengolahan MIR, meningkatkan kesadaran akan pentingnya perlindungan radiasi, serta mendukung komitmen nasional terhadap pengelolaan sumber daya alam yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penyusunan pedoman ini dimaksudkan untuk memberikan panduan teknis yang dapat digunakan dalam menganalisis keselamatan terhadap kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif, guna memastikan

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 3 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

bahwa kegiatan tersebut dilakukan secara aman, bertanggung jawab, dan sesuai ketentuan yang berlaku.

Adapun tujuan dari pedoman ini sebagai berikut:

1. Menetapkan metodologi sistematis untuk identifikasi bahaya radiologis dan non-radiologis terkait operasi pengolahan MIR;
2. Menyediakan panduan penerapan prinsip-prinsip keselamatan radiasi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku;
3. Mendorong pengelolaan risiko radiasi yang sistematis, efektif, dan berkelanjutan dalam setiap tahap proses pengolahan;
4. Menyediakan dasar teknis bagi penyusunan dokumen perizinan, pengawasan, serta pelaporan kegiatan terkait; dan
5. Meminimalkan dampak paparan radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan.


1.3 Ruang Lingkup

Pedoman ini disusun dengan merujuk pada ketentuan Pasal 34 ayat (3) Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2022, yang mengatur kewajiban penyusunan analisis keselamatan fasilitas. Ruang lingkup pedoman mencakup aspek teknis dan administratif yang berkaitan dengan analisis keselamatan radiasi pada kegiatan pengolahan mineral yang mengandung unsur radioaktif alamiah, meliputi hal sebagai berikut:

1. Identifikasi jenis dan karakteristik mineral ikutan radioaktif;
2. Aspek analisis keselamatan, yang meliputi identifikasi bahaya, penilaian risiko radiologis dan non-radiologis;
3. Metodologi analisis keselamatan dan penilaian risiko sesuai prinsip pertahanan berlapis;
4. Strategi pengendalian dan mitigasi risiko radiasi untuk melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan;

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 4 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

5. Persyaratan teknis dan administratif yang mendukung pelaksanaan kegiatan pengolahan secara selamat; dan
6. Dokumentasi dan pelaporan hasil analisis keselamatan kepada otoritas berwenang.

Pedoman ini tidak mencakup secara rinci aspek keselamatan radiasi pada kegiatan penambangan awal, transportasi, maupun penyimpanan akhir limbah radioaktif. Namun, pedoman tetap memberikan acuan umum terhadap keterkaitan aspek-aspek tersebut dalam konteks keseluruhan kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif.


1.4 Dasar Hukum

Penyusunan pedoman ini didasarkan pada peraturan perundang-undangan nasional dan standar internasional yang berlaku sebagai berikut:

- a. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran;
- b. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;
- c. Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2022 tentang Keselamatan dan Keamanan Pertambangan Bahan Galian Nuklir;
- d. Peraturan Pemerintah Nomor 45 Tahun 2023 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Zat Radioaktif;
- e. Peraturan BAPETEN Nomor 3 Tahun 2021 tentang Standar Kegiatan Usaha dan Standar Produk Pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Ketenaganukliran; dan
- f. Rancangan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Keselamatan dan Keamanan Dalam Pengelolaan Mineral Ikutan Radioaktif.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 5 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif


1.5 Definisi dan Istilah

Beberapa istilah penting yang digunakan dalam pedoman ini sebagai berikut:

1. Mineral Ikutan Radioaktif (MIR) adalah mineral ikutan dengan konsentrasi aktivitas paling sedikit 1 Bq/g (satu becquerel per gram) pada salah satu unsur radioaktif anggota deret uranium dan torium atau 10 Bq/g (sepuluh becquerel per gram) pada unsur kalium yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan mineral dan batubara, minyak dan gas bumi, dan industri lainnya;
2. Pengolahan Mineral Ikutan radioaktif adalah kegiatan usaha untuk memperoleh unsur uranium dan torium dari bahan baku yang berasal dari mineral ikutan radioaktif;
3. Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang selanjutnya disebut Badan adalah lembaga pemerintah nonkementerian yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang pengawasan tenaga nuklir;
4. Proteksi Radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi manusia dan lingkungan hidup dari akibat paparan radiasi pengion.
5. Keselamatan Radiasi Pengion yang selanjutnya disebut Keselamatan Radiasi adalah kondisi dimana manusia dan lingkungan hidup terlindungi dari efek radiasi pengion yang berbahaya melalui tindakan proteksi radiasi;
6. Analisis Keselamatan adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan mengevaluasi risiko terkait dengan kegiatan tertentu, serta menentukan langkah-langkah mitigasi yang diperlukan;
7. 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 lagi;

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 6 dari 31


Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

8. Paparan Radiasi adalah proses yang individu atau lingkungan terkena radiasi ionisasi, baik dari sumber eksternal maupun internal; dan
9. Fasilitas Pengolahan MIR adalah tempat dilaksanakannya proses pengolahan mineral ikutan radioaktif untuk memperoleh unsur uranium dan/atau torium dari bahan baku yang mengandung mineral ikutan radioaktif.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 7 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

BAB II

ANALISIS KESELAMATAN FASILITAS PENGOLAHAN MIR


Analisis keselamatan merupakan dasar utama dalam memastikan bahwa kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR) dilaksanakan dengan aman, terkendali, dan sesuai dengan prinsip proteksi radiasi. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang dapat timbul dari fasilitas dan proses pengolahan, menilai kemungkinan terjadinya kecelakaan serta dampaknya terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan, serta merumuskan langkah-langkah pengendalian yang tepat.

Penerapan teknologi terbaik yang dapat dipraktikkan (*best practicable technology*) perlu dipertimbangkan dalam perancangan fasilitas di lokasi pengolahan MIR. Penempatan fasilitas seperti timbunan mineral ikutan radioaktif, fasilitas penyimpanan tailing, dan cerobong asap harus dirancang dengan mempertimbangkan jaraknya terhadap area kerja yang rutin ditempati serta kelompok kritis masyarakat, karena hal ini berpengaruh signifikan terhadap tingkat paparan radiasi dan efektivitas penerapan prosedur operasional.

Paparan terhadap radiasi pengion dari MIR dapat terjadi baik pada masyarakat umum maupun pekerja, dan dalam tingkat tertentu memerlukan penerapan pengaturan dan pengendalian sesuai ketentuan proteksi radiasi. Badan pengawas perlu mempertimbangkan berbagai ketidakpastian dalam menentukan karakteristik serta tingkat pengendalian yang sesuai terhadap bahan-bahan ini. Sebagian besar sektor industri terkait MIR belum memiliki pengaturan sebelumnya, sehingga menghadapi tantangan dalam menetapkan langkah-langkah pengawasan dan pengendalian. Sebagai acuan, *International Basic Safety Standards*

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 8 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

(GSR Part 3) telah menetapkan persyaratan keselamatan yang dapat diterapkan dalam pengelolaan aktivitas industri yang melibatkan MIR.

Dalam rangka memastikan keselamatan dan pengelolaan yang tepat terhadap potensi paparan radiasi, penting untuk mengidentifikasi kegiatan yang berpotensi menghasilkan mineral ikutan radioaktif (MIR). Semua kegiatan tersebut wajib melakukan analisis kandungan MIR yang dihasilkan.


Dalam bab ini, analisis keselamatan disusun secara sistematis yang meliputi deskripsi fasilitas dan proses pengolahan, identifikasi bahaya, sumber dan jalur paparan radiasi, evaluasi kecelakaan dan analisis dampak, serta strategi pengendalian, proteksi radiasi, dan kesiapsiagaan darurat. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kerangka yang komprehensif pada setiap tahap kegiatan pengolahan MIR.

2.1 Deskripsi Fasilitas dan Proses Pengolahan MIR

Analisis keselamatan diawali dengan penyajian deskripsi menyeluruh mengenai fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR). Deskripsi ini mencakup lokasi, tata letak, kapasitas operasi, serta teknologi yang digunakan dalam proses pengolahan. Setiap unit proses, mulai dari penerimaan bahan baku, tahap pemisahan mineral berharga, pengolahan lanjutan, hingga penyimpanan produk dan limbah harus dijelaskan secara sistematis. Selain itu, uraian mengenai sistem pendukung operasi, seperti sistem ventilasi, sistem pasokan daya listrik, sistem pendinginan, dan sarana proteksi kebakaran, perlu disampaikan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi operasi normal fasilitas. Informasi ini menjadi dasar dalam menilai potensi bahaya, jalur paparan, serta efektivitas sistem pengendalian keselamatan.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 9 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

2.2 Identifikasi Risiko, Sumber dan Jalur Paparan Radiasi

Identifikasi bahaya dilakukan untuk mengenali seluruh potensi sumber risiko yang dapat menimbulkan dampak terhadap pekerja, masyarakat, maupun lingkungan. Kegiatan ini harus memuat informasi yang memadai agar seluruh sumber dan jalur paparan radiasi yang signifikan dapat diidentifikasi secara menyeluruh. Informasi yang disajikan dalam tahap ini mencakup gambaran umum fasilitas pengolahan, termasuk deskripsi peralatan yang digunakan, proses pengolahan yang dilakukan, serta perkiraan konsentrasi radionuklida pada berbagai aliran proses dan produk samping (tailing).

Secara umum, bahaya utama pada fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR) meliputi hal sebagai berikut:


- a. Sumber radiasi alami dari mineral ikutan radioaktif (misalnya torium, uranium, dan produk turunannya);
- b. Paparan eksternal akibat penumpukan bahan mineral yang mengandung radionuklida;
- c. Paparan internal melalui inhalasi debu, gas radon, atau ingesti bahan yang terkontaminasi; dan
- d. Bahaya non-radiasi, seperti bahan kimia berbahaya (asam, pelarut organik), potensi kebakaran, ledakan, dan kegagalan mekanis.

Jalur paparan harus dianalisis berdasarkan skenario realistis maupun konservatif, meliputi hal sebagai berikut:

- a. Jalur paparan pekerja selama operasi rutin maupun kondisi abnormal;
- b. Jalur paparan publik melalui pelepasan ke udara, air, dan tanah; dan
- c. Potensi transfer radionuklida ke rantai makanan dan lingkungan sekitar.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 10 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

2.3 Evaluasi Kecelakaan dan Analisis Dampak

Evaluasi kecelakaan mencakup identifikasi, kategorisasi, dan analisis skenario kecelakaan yang mungkin terjadi pada fasilitas. Skenario kecelakaan dikelompokkan menjadi hal sebagai berikut:

- a. Kecelakaan dalam desain (*Design Basis Accident/DBA*) merupakan peristiwa yang dapat diperkirakan berdasarkan pengalaman operasi, seperti kegagalan sistem ventilasi, kebocoran bahan radioaktif, atau paparan radiasi lokal akibat kesalahan operasi; dan
- b. Kecelakaan di luar desain (*Beyond Design Basis Accident/BDDBA*) merupakan peristiwa dengan probabilitas rendah tetapi konsekuensi signifikan, misalnya kebakaran besar, ledakan bahan kimia, atau kegagalan total sistem pengendalian.

Setiap skenario kecelakaan harus dianalisis dengan pendekatan konservatif untuk menilai dosis radiasi yang mungkin diterima pekerja dan publik, serta dampak lingkungan akibat pelepasan radionuklida. Analisis dampak lingkungan mencakup potensi kontaminasi udara, air, dan tanah, serta kemungkinan akumulasi dalam ekosistem. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar perancangan langkah mitigasi, sistem pengendalian tambahan, dan penguatan kesiapsiagaan darurat.


2.4 Pengendalian, Proteksi Radiasi, dan Kesiapsiagaan

Pengendalian keselamatan merupakan kombinasi dari sistem teknis, prosedur operasional, dan aspek manajemen yang bertujuan mencegah terjadinya paparan radiasi yang tidak diinginkan. Elemen utama yang harus dianalisis meliputi sebagai berikut.

- a. Sistem proteksi radiasi dan keselamatan kerja terdiri dari: penggunaan perisai radiasi, ventilasi dengan filtrasi, detektor radiasi area kerja, serta penggunaan alat pelindung diri (APD);

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 11 dari 31


Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

- b. Peralatan pengendalian dan mitigasi paparan terdiri dari: sistem pemantauan dosis individu, peralatan pemantauan lingkungan, serta sarana penanganan dan penyimpanan limbah radioaktif;
- c. Pengendalian administratif terdiri dari: prosedur operasi standar (SOP), pembatasan area kerja, rotasi pekerja, dan pemantauan kesehatan pekerja; dan
- d. Aspek kesiapsiagaan dan tanggap darurat terdiri dari: penyusunan Rencana Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat yang memuat organisasi darurat, jalur evakuasi, prosedur komunikasi, serta koordinasi dengan instansi terkait di tingkat lokal maupun nasional.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 12 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

BAB III

PENGENDALIAN DAN MANAJEMEN KESELAMATAN

Pengendalian dan manajemen keselamatan merupakan elemen penting dalam menjamin agar seluruh kegiatan pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR) berjalan dengan selamat dan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Selain aspek teknis terkait peralatan, fasilitas, dan sistem pemantauan, keberhasilan pengendalian keselamatan juga sangat dipengaruhi oleh efektivitas manajemen, keterlibatan sumber daya manusia yang kompeten, serta penerapan budaya keselamatan yang berkesinambungan.

Dalam bab ini, pedoman menekankan berbagai aspek yang mencakup sarana pengendalian paparan radiasi, sistem pemantauan dan pengelolaan limbah, struktur organisasi dan tata kelola keselamatan, hingga program jaminan mutu, pelatihan, dan pengembangan kompetensi pekerja. Selain itu, penguatan budaya keselamatan menjadi bagian integral yang harus ditanamkan pada setiap level organisasi untuk memastikan keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan senantiasa menjadi prioritas utama.


3.1 Peralatan dan Fasilitas Pengendalian Paparan

Fasilitas pengolahan MIR wajib dilengkapi dengan peralatan teknis yang berfungsi untuk mencegah dan/atau mengurangi paparan radiasi terhadap pekerja, publik, dan lingkungan. Peralatan tersebut antara lain mencakup hal sebagai berikut:

- a. Sistem ventilasi dan filtrasi untuk mengendalikan pelepasan gas radioaktif dan partikel debu;
- b. Perisai radiasi berupa dinding beton, timbal, atau material setara yang disesuaikan dengan tingkat energi radiasi yang dihasilkan;

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 13 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

- c. Sistem deteksi dan pemantauan radiasi yang meliputi pemantauan area kerja, pemantauan lingkungan, serta pemantauan dosis individu pekerja; dan
- d. Sarana penyimpanan sementara limbah radioaktif, yang dirancang sesuai standar keselamatan guna mencegah penyebaran kontaminasi.


Efektivitas setiap peralatan dan fasilitas pengendalian harus diuji secara berkala untuk memastikan kinerja tetap sesuai dengan spesifikasi desain.

Elemen desain fasilitas dan peralatan yang berperan dalam meminimalkan paparan radiasi harus dijabarkan secara rinci. Uraian tersebut mencakup tata letak pabrik dan peralatan, penerapan praktik tata graha yang baik, serta sistem pengendalian terhadap kontaminasi dan tumpahan bahan radioaktif.

Selain itu, perlu disertakan diagram yang menunjukkan lokasi area kerja yang secara rutin ditempati, seperti kantor, ruang kendali, dan ruang pemeliharaan, serta keterkaitannya dengan aliran proses yang mengandung bahan radioaktif, area penyimpanan bahan (stockpile), dan tumpukan tailing. Langkah-langkah untuk membatasi akses ke area yang dikategorikan sebagai wilayah terkendali dan wilayah terbatas juga harus dijelaskan secara jelas. Penjelasan ini mencakup penggunaan hambatan fisik (seperti pagar, dinding pelindung, atau zona penyangga) dan penerapan kontrol administratif, termasuk sistem izin masuk serta tanda peringatan keselamatan radiasi.

Dalam perancangan fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif, perlu diperhatikan berbagai fitur desain yang bertujuan untuk meminimalkan paparan radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan. Aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 14 dari 31

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

1. Efisiensi Pergerakan Material dan Pekerja

Desain harus memastikan pergerakan bahan radioaktif dan aliran proses berjalan secara efisien, dengan tetap menjamin keselamatan dan kemudahan pergerakan pekerja.

2. Penempatan Kegiatan Penghasil Debu

Kegiatan yang menghasilkan debu, seperti proses penghancuran (crushing), harus ditempatkan secara tepat agar tidak menimbulkan paparan atau kontaminasi terhadap area kerja lainnya.

3. Pemisahan Fisik Proses Berkonsentrasi Tinggi

Proses yang mengandung konsentrasi tinggi bahan radioaktif alami (MIR) harus dipisahkan secara fisik dari area yang sering ditempati atau dilalui pekerja.

4. Ventilasi dan Fasilitas Pendukung

Fasilitas harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang memadai serta sarana pendukung seperti tempat pencucian, ruang ganti, dan area dekontaminasi untuk mengendalikan paparan radiasi dan kontaminasi.

5. Metode Pemindahan Bahan Kering


Pemindahan bahan kering sebaiknya dilakukan melalui sistem tertutup, seperti konveyor, pipa, atau saluran, untuk mengurangi pelepasan debu radioaktif ke lingkungan kerja.

6. Efisiensi Pengendalian Ventilasi

Pemilihan teknik ventilasi harus mempertimbangkan keseimbangan antara pengurangan akumulasi radon dan pencegahan pengendapan ulang debu akibat laju ventilasi yang terlalu tinggi.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 15 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

7. Aksesibilitas Peralatan

Tata letak peralatan harus dirancang agar mudah diakses untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan, dan penggantian, tanpa meningkatkan risiko paparan.

8. Pemilihan Bahan Konstruksi

Bahan yang digunakan untuk konstruksi fasilitas dan peralatan sebaiknya bersifat keras dan tidak mudah terkontaminasi, guna mencegah penempelan partikel mineral dan mengurangi potensi kontaminasi permanen.

9. Pengendalian Tumpahan dan Penampungan

Desain harus mencakup sistem penahan tumpahan (*containment bunds*) dan mekanisme pengembalian bahan proses yang tumpah ke dalam sistem utama secara aman.

10. Otomasi Proses Kritis

Tingkat otomasi yang memadai perlu diterapkan untuk proses-proses kritis, seperti penanganan dan pengemasan bahan radioaktif, guna mengurangi keterlibatan langsung pekerja.

11. Keandalan dan Pemeliharaan Peralatan


Peralatan yang digunakan harus memiliki tingkat keandalan tinggi dengan kebutuhan pemeliharaan minimal, terutama untuk sistem yang menangani bahan dengan konsentrasi radionuklida tinggi.

12. Penahanan dan Pengendalian Debu

Pertimbangan utama dalam desain fasilitas pengolahan MIRse adalah kemampuan untuk menahan (*containment*) bahan radioaktif. Bahan yang tidak dapat sepenuhnya ditahan harus dikendalikan melalui sistem ventilasi dan pengendalian debu untuk mencegah pelepasan ke lingkungan dan meminimalkan paparan terhadap pekerja.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 16 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

13. Sistem Ventilasi dan Pengendalian Debu

Sistem ventilasi dan pengendalian debu yang dirancang dengan baik dan seimbang merupakan metode yang paling efektif untuk mengurangi paparan radiasi, baik pada fasilitas bawah tanah maupun di permukaan, terutama pada pengolahan bahan kering.

14. Pencegahan Pembentukan Debu

Pembentukan debu harus diminimalkan dengan penggunaan teknik yang tepat, seperti penyemprotan air, sistem penekanan debu, atau penggunaan peralatan tertutup.

15. Pengendalian Debu di Sumbernya

Apabila debu tetap terbentuk, maka pengendalian harus dilakukan langsung di sumbernya. Bila memungkinkan, sumber debu ditempatkan di bawah tekanan negatif agar penyebaran ke udara sekitar dapat dicegah.

16. Pencegahan Pengendapan Ulang Debu

Desain fasilitas harus mempertimbangkan potensi pengendapan ulang debu akibat getaran peralatan atau kecepatan udara tinggi, dan mengambil langkah-langkah untuk mencegahnya.

17. Pengendalian Paparan Saat Pemeliharaan


Selama kegiatan pemeliharaan, harus diambil langkah khusus untuk mencegah paparan tambahan yang disebabkan oleh akumulasi debu radioaktif pada permukaan peralatan, pipa, atau bejana, serta peningkatan kadar radon atau debu di area penyimpanan bahan mineral.

18. Perlindungan Pernapasan Pribadi

Alat pelindung pernapasan pribadi hanya digunakan apabila metode rekayasa pengendalian debu tidak mampu mempertahankan kualitas udara kerja pada tingkat yang dapat diterima.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 17 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSRF

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

19. Integrasi dengan Sistem Higiene Kerja

Pengendalian debu harus menjadi bagian terpadu dari sistem keseluruhan higiene kerja. Perlu diperhatikan bahwa beberapa elemen dari sistem ekstraksi atau pengumpulan debu dapat menjadi sumber paparan kebisingan yang signifikan dan harus dikendalikan agar tidak menimbulkan dampak kesehatan tambahan bagi pekerja.

3.2 Sistem Pemantauan dan Pengelolaan Limbah


Sistem pemantauan lingkungan merupakan bagian penting dari manajemen keselamatan untuk mendeteksi kemungkinan pelepasan radionuklida dari fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif. Pemantauan dilakukan terhadap udara ambien, air permukaan, air tanah, serta tanah di sekitar fasilitas, guna memastikan bahwa paparan radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan tetap dalam batas yang diizinkan.

Tujuan utama pelaksanaan pemantauan tingkat radiasi di area kerja dan lingkungan sekitar fasilitas adalah untuk:

- a. Memastikan kesesuaian dengan batas dosis yang ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan;
- b. Menentukan besaran paparan radiasi yang diterima oleh pekerja dan anggota masyarakat umum;
- c. Menilai dampak kegiatan operasi terhadap lingkungan sekitar;
- d. Menyediakan informasi mengenai efektivitas tindakan pengendalian yang telah diterapkan; dan
- e. Menilai apakah dosis radiasi telah dijaga serendah mungkin secara praktis (*As Low As Reasonably Achievable/ALARA*), antara lain melalui evaluasi efektivitas tindakan pengendalian, kajian terhadap kegiatan kerja tertentu, identifikasi praktik kerja yang tidak sesuai, serta investigasi terhadap kejadian insiden.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 18 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E


	BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

Tabel 1. Panduan Umum Pemantauan Radiasi

Tingkat radiasi atau radionuklida	Jenis pemantauan yang disarankan
Rata-rata tingkat paparan < 25% dari batas dosis kerja.	Penilaian awal dan survei verifikasi berkala; diulang bila terjadi perubahan kondisi.
Sejumlah besar hasil pengukuran individu > 25% dari batas dosis kerja turunan (derived occupational exposure limit).	Mulai dilakukan pemantauan rutin di area kerja.
Dosis atau konsentrasi rata-rata mencapai atau melebihi 25% dari batas dosis kerja.	Penilaian paparan individu: <ul style="list-style-type: none"> • Eksternal: menggunakan dosimeter atau badge pribadi. • Internal: menggunakan alat pengambil sampel pribadi (misalnya untuk debu), pemantauan area, dan waktu pajanan (misalnya paparan radon).
Hasil pengukuran individu mendekati atau melebihi batas dosis kerja turunan.	Ulangi pengukuran untuk konfirmasi.
Tingkat paparan terkonfirmasi mendekati atau melebihi batas dosis kerja.	Lakukan pemantauan intensif disertai evaluasi ulang terhadap rencana pengendalian dosis, dengan berkonsultasi kepada otoritas yang berwenang.

Catatan: Batas turunan (*derived limit*) adalah tingkat radiasi yang, apabila diterima secara terus-menerus selama satu tahun, akan menghasilkan

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 19 dari 31

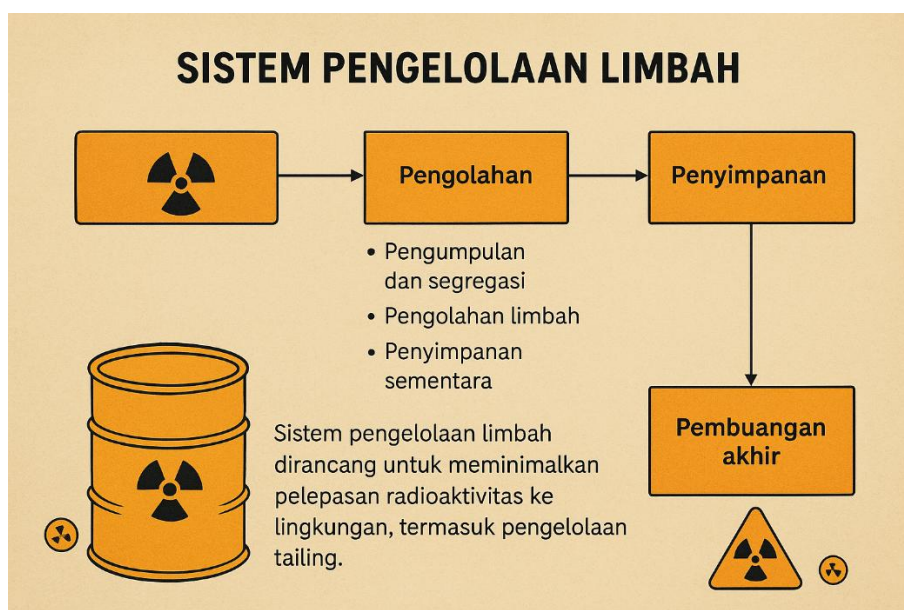
	<p style="text-align: center;">BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

dosis tahunan yang setara dengan batas dosis yang ditetapkan dalam peraturan.

Sistem pengelolaan limbah harus menggunakan teknologi terbaik yang layak diterapkan dan dirancang untuk meminimalkan pelepasan radioaktivitas ke lingkungan. Seluruh jalur potensial penyebaran radionuklida perlu dipertimbangkan, meliputi tahap penanganan, pengolahan, penyimpanan, dan pembuangan limbah.


Pengelolaan limbah di fasilitas pengolahan MIR wajib mencakup sebagai berikut.

- a. Pengumpulan dan segregasi limbah berdasarkan karakteristik radiologis, kimia, dan fisik;
- b. Pengolahan limbah dengan metode fisika, kimia, atau biologis untuk mengurangi volume dan tingkat radioaktivitas; dan
- c. Penyimpanan sementara di fasilitas yang memenuhi standar keselamatan sebelum diserahkan ke fasilitas penyimpanan atau pembuangan akhir yang ditetapkan pemerintah.



No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 20 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

Limbah radioaktif dari kegiatan pengolahan MIR umumnya memiliki tingkat radioaktivitas rendah namun volume besar, dengan kandungan radionuklida berumur panjang seperti radium-226. Radium-226 merupakan kontaminan utama dalam rantai peluruhan uranium yang dapat meluruh menjadi radon-222, gas radioaktif yang berpotensi terlepas ke atmosfer dan menimbulkan risiko kesehatan bila terakumulasi di ruang tertutup. Oleh karena itu, desain dan pengelolaan fasilitas penyimpanan tailing harus memperhitungkan potensi pelepasan radon, termasuk faktor-faktor seperti kadar kelembapan, suhu, tekanan udara, serta karakteristik material penutup dan lapisan dasar.


Jenis limbah yang dihasilkan meliputi tailing, batuan sisa, kerak, lumpur, bahan bekas, dan air proses. Sebagian besar air proses perlu didaur ulang, sedangkan potensi pelepasan ke lingkungan harus dikendalikan melalui sistem penampungan, lapisan kedap, dan pengendalian rembesan serta limpasan air hujan.

Untuk memastikan pengelolaan yang aman, aspek-aspek berikut perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan limbah.

1. Uraian kegiatan dan proses yang menghasilkan limbah;
2. Karakterisasi limbah: sifat kimia, fisika, radiologi, serta tingkat dan laju pembentukan;
3. Karakterisasi lingkungan secara rinci: iklim, topografi, jenis tanah, vegetasi, dan kondisi hidrologi;
4. Kajian sosial dan tata guna lahan (saat ini dan potensi di masa depan);
5. Fasilitas dan praktik pengelolaan limbah, termasuk *conditioning* dan penahanan;
6. Pengendalian pelepasan (gas, cair, padat) serta kriteria pembuangan;

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 21 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

7. Rencana kontingensi terhadap kejadian alam, insiden, atau kegagalan peralatan dan operasi;
8. Program pemantauan, penilaian hasil, dan pelaporan;
9. Penetapan zona terbatas atau area dengan pelepasan terbatas; dan
10. Rencana penutupan lokasi, termasuk kegiatan *decommissioning*, dekontaminasi, rehabilitasi, serta pengawasan jangka panjang.

Peralatan dan material yang terkontaminasi harus dikelola melalui dekontaminasi menggunakan metode mekanik, kimia, atau pencucian bertekanan tinggi. Material yang dinyatakan bebas kontaminasi dapat dimanfaatkan kembali untuk kegiatan lain (misalnya reklamasi atau bahan bangunan), dengan syarat memenuhi ketentuan radiologis dan lingkungan serta memperoleh persetujuan dari otoritas berwenang.


3.3 Struktur Organisasi dan Manajemen Keselamatan

Manajemen keselamatan harus didukung oleh struktur organisasi yang jelas, dengan pembagian tanggung jawab yang tegas antara pemegang izin, pengelola fasilitas, dan pekerja. Elemen penting struktur organisasi meliputi hal berikut.

- a. Unit proteksi radiasi yang independen dari unit operasi, dengan tanggung jawab utama dalam pemantauan radiasi dan perlindungan pekerja;
- b. Unit keselamatan kerja dan lingkungan yang menangani aspek non-radiasi, termasuk bahan kimia berbahaya dan keselamatan industri; dan
- c. Koordinator tanggap darurat yang bertugas memimpin pelaksanaan rencana kesiapsiagaan dan evakuasi bila terjadi insiden.

Sistem manajemen keselamatan harus mematuhi prinsip pertahanan berlapis (*defence-in-depth*), yaitu dengan mengandalkan berlapis-lapis

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 22 dari 31

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

pengendalian teknis, administratif, dan manajemen agar kegagalan satu lapisan tidak langsung mengakibatkan paparan berlebih.

3.4 Program Jaminan Mutu dan Pelatihan


Jaminan mutu merupakan instrumen penting untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan di fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR) dilaksanakan sesuai standar keselamatan dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Program jaminan mutu harus mencakup prosedur tertulis, dokumentasi lengkap, audit internal, serta evaluasi berkala untuk menjamin konsistensi pelaksanaan dan peningkatan kinerja keselamatan. Dalam perancangan program jaminan mutu, beberapa faktor utama yang perlu diperhatikan meliputi hal berikut.

1. Kualitas peralatan dan instrumen yang digunakan dalam kegiatan pemantauan dan analisis;
2. Pelatihan dan pengalaman personel, guna memastikan kompetensi dalam melaksanakan tugas sesuai prosedur;
3. Verifikasi prosedur melalui analisis rutin terhadap contoh kendali (*control samples*) serta penggunaan metode standar untuk analisis;
4. Kalibrasi dan pemeliharaan peralatan secara berkala agar hasil pengukuran tetap akurat dan andal;
5. Ketertelusuran hasil pemantauan terhadap standar nasional untuk menjamin keabsahan data; dan
6. Pendokumentasian yang memadai untuk menunjukkan bahwa mutu yang disyaratkan telah dicapai dan dipelihara secara berkelanjutan.

Program pelatihan merupakan bagian penting dari sistem jaminan mutu dan pengelolaan keselamatan di fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR). Pelatihan harus dilaksanakan secara berkesinambungan untuk memastikan seluruh pekerja memahami prinsip-prinsip keselamatan radiasi serta mampu melaksanakan tugasnya sesuai dengan prosedur

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 23 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

operasional yang berlaku. Program pelatihan harus disusun secara terencana dan terdokumentasi, dengan cakupan sebagai berikut.

1. Program induksi, yaitu pelatihan awal bagi karyawan baru yang memuat ringkasan topik pelatihan, durasi, serta keterkaitannya dengan keseluruhan program induksi keselamatan di fasilitas;
2. Pelatihan ulang berkala, yang meliputi format, durasi, dan frekuensi pelaksanaan untuk mempertahankan kompetensi, meningkatkan kesadaran keselamatan, serta menyesuaikan dengan perubahan prosedur atau kondisi kerja;
3. Pelatihan tambahan bagi personel manajemen, yang difokuskan pada peningkatan kemampuan dalam pengawasan, pengambilan keputusan, dan penerapan sistem proteksi radiasi di tingkat operasional; dan
4. Pelatihan tanggap darurat dan kesiapsiagaan, yang mencakup pemahaman terhadap prosedur kedaruratan, mekanisme evakuasi, serta koordinasi dengan unit terkait dan pihak eksternal apabila diperlukan.


Materi pelatihan sekurang-kurangnya meliputi:

- a. prinsip dasar proteksi radiasi;
- b. prosedur operasi standar;
- c. penanganan bahan radioaktif dan limbah; dan
- d. prosedur darurat dan evakuasi.

Pelatihan harus disesuaikan dengan tingkat tanggung jawab dan peran masing-masing pekerja. Efektivitas pelatihan diverifikasi melalui evaluasi atau uji kompetensi yang dilaksanakan secara berkala, sebagai bagian dari program peningkatan berkelanjutan di bidang keselamatan dan proteksi radiasi.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 24 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

3.5 Budaya Keselamatan


Budaya keselamatan merupakan pondasi utama dalam pengelolaan fasilitas pengolahan MIR. Pemegang izin harus memastikan bahwa seluruh pekerja memahami pentingnya keselamatan dan menjadikannya sebagai prioritas dalam setiap kegiatan. Prinsip budaya keselamatan meliputi hal berikut.

- a. Komitmen pimpinan dalam menetapkan keselamatan sebagai nilai utama;
- b. Keterbukaan komunikasi dalam melaporkan kondisi tidak aman tanpa rasa takut;
- c. Pembelajaran berkelanjutan dari pengalaman operasi, hasil audit, maupun kejadian serupa di fasilitas lain;
- d. Kepatuhan terhadap prosedur dan kesediaan untuk menghentikan operasi bila keselamatan tidak dapat dijamin.

Dengan penerapan budaya keselamatan yang kuat, risiko kecelakaan dapat diminimalkan dan keandalan pengendalian keselamatan dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 25 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

BAB IV PENUTUP

4.1 Simpulan

Analisis keselamatan fasilitas pengolahan mineral ikutan radioaktif (MIR) menunjukkan bahwa kegiatan pengolahan mengandung potensi bahaya radiasi yang dapat berdampak pada pekerja, masyarakat, dan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Dengan penerapan metodologi identifikasi bahaya, evaluasi kecelakaan, analisis dampak, serta strategi pengendalian dan manajemen keselamatan, dapat dipastikan bahwa risiko radiasi dapat ditekan pada tingkat yang dapat diterima.

Hasil kajian menegaskan pentingnya penerapan prinsip pertahanan berlapis (*defence-in-depth*), penggunaan peralatan dan fasilitas pengendalian paparan yang memadai, penerapan sistem pemantauan dan pengelolaan limbah yang efektif, serta dukungan manajemen yang kuat melalui struktur organisasi, program jaminan mutu, pelatihan berkelanjutan, dan penguatan budaya keselamatan.


4.2 Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis, pedoman ini merekomendasikan beberapa langkah utama sebagai berikut.

1. Peningkatan teknis fasilitas dan peralatan untuk memastikan efektivitas pengendalian paparan radiasi dan keselamatan kerja;
2. Penguatan sistem pemantauan radiasi dan pengelolaan limbah secara berkelanjutan, termasuk penerapan teknologi yang sesuai standar internasional;

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 26 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

3. Optimalisasi struktur organisasi keselamatan dengan memperjelas tanggung jawab, wewenang, dan mekanisme koordinasi antarunit terkait;
4. Penerapan program jaminan mutu dan pelatihan berkesinambungan untuk seluruh pekerja guna memastikan kompetensi dan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan; dan
5. Pengembangan budaya keselamatan melalui kepemimpinan yang berkomitmen, komunikasi terbuka, serta pembelajaran dari pengalaman operasi maupun kejadian.

4.3 Tindak Lanjut


Untuk menjamin efektivitas implementasi pedoman, diperlukan tindak lanjut sebagai berikut.

1. Pemegang izin perlu melakukan kajian analisis keselamatan secara berkala, memperbarui dokumen keselamatan sesuai perkembangan teknologi, serta melaporkan hasil pemantauan kepada otoritas berwenang;
2. Otoritas pengawas (BAPETEN) melaksanakan evaluasi teknis atas dokumen analisis keselamatan, melakukan inspeksi rutin, serta memberikan umpan balik dan rekomendasi perbaikan; dan
3. Lembaga dan instansi terkait diharapkan dapat mendukung pengembangan kapasitas sumber daya manusia, penelitian dan pengembangan teknologi pengolahan, serta kerja sama dalam aspek keselamatan radiasi.

Dengan tindak lanjut tersebut, diharapkan pedoman ini dapat menjadi acuan komprehensif yang mendukung penerapan standar keselamatan tinggi dalam pengolahan mineral ikutan radioaktif di Indonesia.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 27 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;"> BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/ </p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

DAFTAR PUSTAKA

Government of Western Australia Department of Mines and Petroleum Resources Safety (NORM–2.2): Managing NORM in mining and mineral processing – Guideline, Preparation of a radiation plan – mining and processing.

Government of Western Australia Department of Mines and Petroleum Resources Safety (NORM–3.2): Managing NORM in Mining and Mineral Processing – Guideline, Monitoring NORM – operational monitoring requirement.

Government of Western Australia Department of Mines and Petroleum Resources Safety (NORM–4.2): Managing NORM in Mining and Mineral Processing – Guideline, Controlling NORM – Management of Radioactive Waste.

Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2022 tentang Keselamatan dan Keamanan Pertambangan Bahan Galian Nuklir.

Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.

Rancangan Peraturan BAPETEN tentang Keselamatan dan Keamanan dalam Pengelolaan Mineral Ikutan Radioaktif.

Specific Safety Guide No. SSG-60 Management of Residues Containing Naturally Occurring Radioactive Material from Uranium Production and Other Activities.

Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 28 dari 31

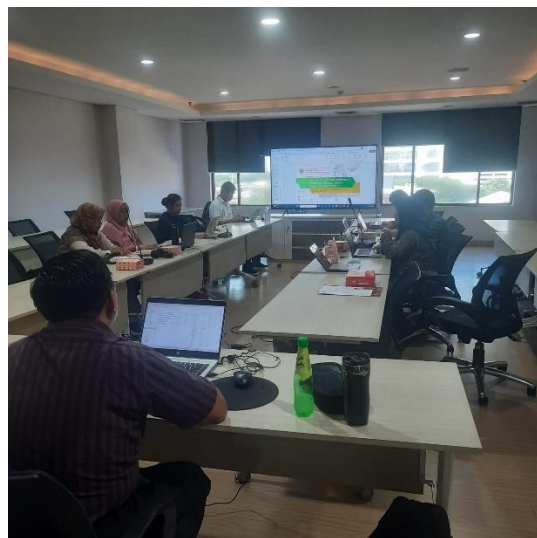
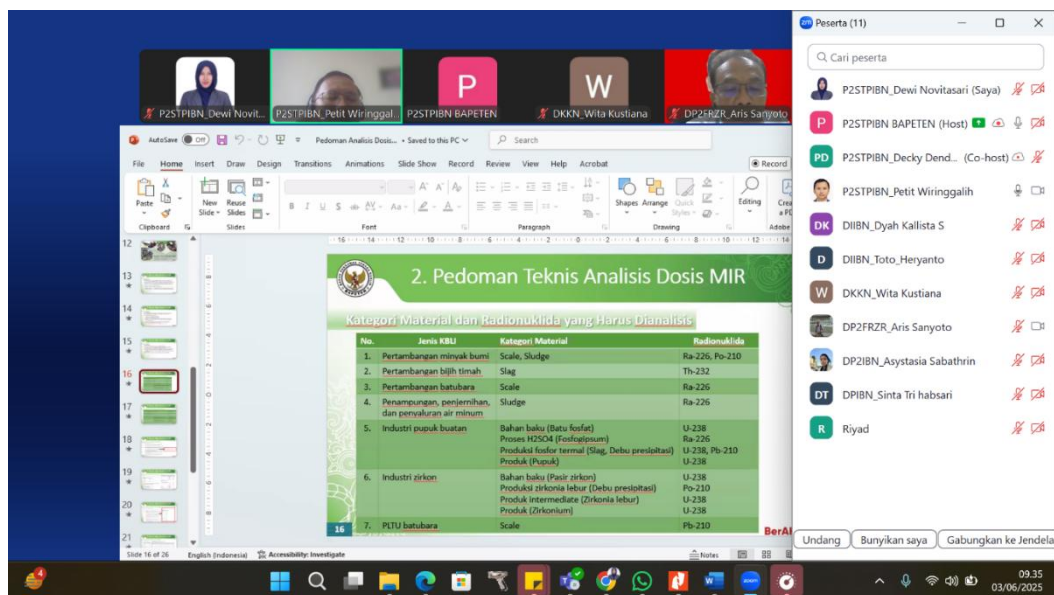
Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;">BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif

LAMPIRAN I

Dokumentasi Kegiatan


Rapat Tim Penyusun

No.	Jenis KBU	Kategori Material	Radionuklida
1.	Pertambangan minyak bumi	Scale, Sludge	Ra-226, Po-210
2.	Pertambangan bintih timah	Slag	Th-232
3.	Pertambangan batubara	Scale	Ra-226
4.	Penampungan, penjemihan, dan penyuluran air minum	Sludge	Ra-226
5.	Industri pupuk buatan	Bahan baku (Batu fosfat) Proses HPOKA (Fosforogranum) Produk fosfor termal (Slag, Debu presipitasi) Produk (Pupuk)	U-238 Ra-226 U-238, Pb-210 U-238
6.	Industri zirkon	Bahan baku (Pasir zirkon) Produk zirkonia lebur (Debu presipitasi) Produk Intermediate (Zirkonia lebur) Produk (Zirkonium)	U-238 Po-210 U-238 U-238
7.	PLTU batubara	Scale	Pb-210

No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 29 dari 31


Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSRÉ

	<p style="text-align: center;">BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif



No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 30 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E

	<p style="text-align: center;">BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN) Jalan Gajah Mada Nomor 8, Jakarta 10120 Telepon. (021) 63858269 – 70, Faksimile. (021) 63858275 URL : http://www.bapeten.go.id/</p>
Jenis Rekaman: Judul :	Rekaman Unit Kerja Pedoman Teknis Analisis Keselamatan Fasilitas Pengolahan Mineral Ikutan Radioaktif



No Rek : LT/STI/KN 00/P2STPIBN/10/2025	Tanggal : 31 Desember 2025
Revisi : 0	Hal : 31 dari 31

Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E