

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF

Vemi Ridantami

Pelatihan Proteksi Radiasi dan Pengenalan 3S (Safety, Security, Safeguard)

KSTE A. Baiquni

4 Agustus – 8 Agustus 2025

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN

BIODATA

* Pendidikan *

- ❖ DIII Teknik Kimia – Politeknik Negeri Malang
- ❖ DIV Teknokimia Nuklir STTN - BATAN
- ❖ S2 Teknik Lingkungan - ITB

* Pelatihan *

- ❖ Workshop on the Borehole Disposal Conceptual System (BAPETEN-IAEA, 2017)
- ❖ Establishment of Fresh Water Resource Management Plan by Strengthening Capacity for Wastewater Treatment through Radiation Fusion Technology (KOICA – KAERI, 2019)
- ❖ International Best Practices Hazardous Waste-Contaminated Site Remediation (KLHK, 2021)
- ❖ Management Waste Training (PPLi, 2017)
- ❖ Air Limbah dan Kesehatan Masyarakat (ITERA, 2021)
- ❖ Nuclear Plant Safety (JAEA, 2021)
- ❖ Petugas Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir Reaktor Kartini (BRIN, 2023)



Vemi Ridantami

LATAR BELAKANG

Potensi Bahaya
Limbah Radioaktif



Pemanfaatan
Teknologi Nuklir



Pengendalian
Keselamatan dengan
Pengelolaan LRA

TUJUAN PEMBELAJARAN



Mampu Menyebutkan Peraturan terkait Limbah Radioaktif



Mampu menjelaskan Klasifikasi dan karakterisasi limbah radioaktif



Mampu menjelaskan Teknik Pengolahan Limbah Radioaktif



Mengetahui Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif di KSTE A. Baiquni



Mampu mengambil Pelajaran dari Kasus Kelalaian Pengelolaan LRA



Limbah radioaktif (LR)?
Pengelolaan Limbah
radioaktif (LR)?

Zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan kembali

← **Limbah Radioaktif**



Pengelolaan
Limbah Radioaktif



kegiatan yang meliputi pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan/atau pembuangan.

Mengapa Limbah Radioaktif harus dikelola???



TUJUAN PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF



Untuk melindungi kesehatan manusia serta lingkungan



Untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup



Untuk melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang sudah tercemar sehingga sesuai dengan fungsinya kembali

1

PERATURAN TERKAIT PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF

Peraturan Perundangan Terkait Limbah Radioaktif



Kewajiban Penghasil Limbah (PP 61/2013)

Penghasil limbah wajib melakukan kegiatan pra pengolahan (pengelompokkan dan pengumpulan) limbah radioaktif.

← **Pasal 4**

Pasal 10



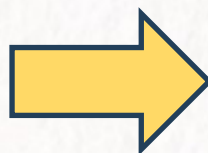
Penghasil limbah wajib memenuhi peraturan perundangan mengenai keselamatan radiasi dan keamanan.

Penghasil limbah wajib membuat rekaman dalam setiap kegiatan pengelolaan limbah radioaktif



Pasal 68

Pengelolaan LR tingkat rendah dan sedang



Pengumpulan dan pengelompokkan

Pengolahan Limbah Radioaktif

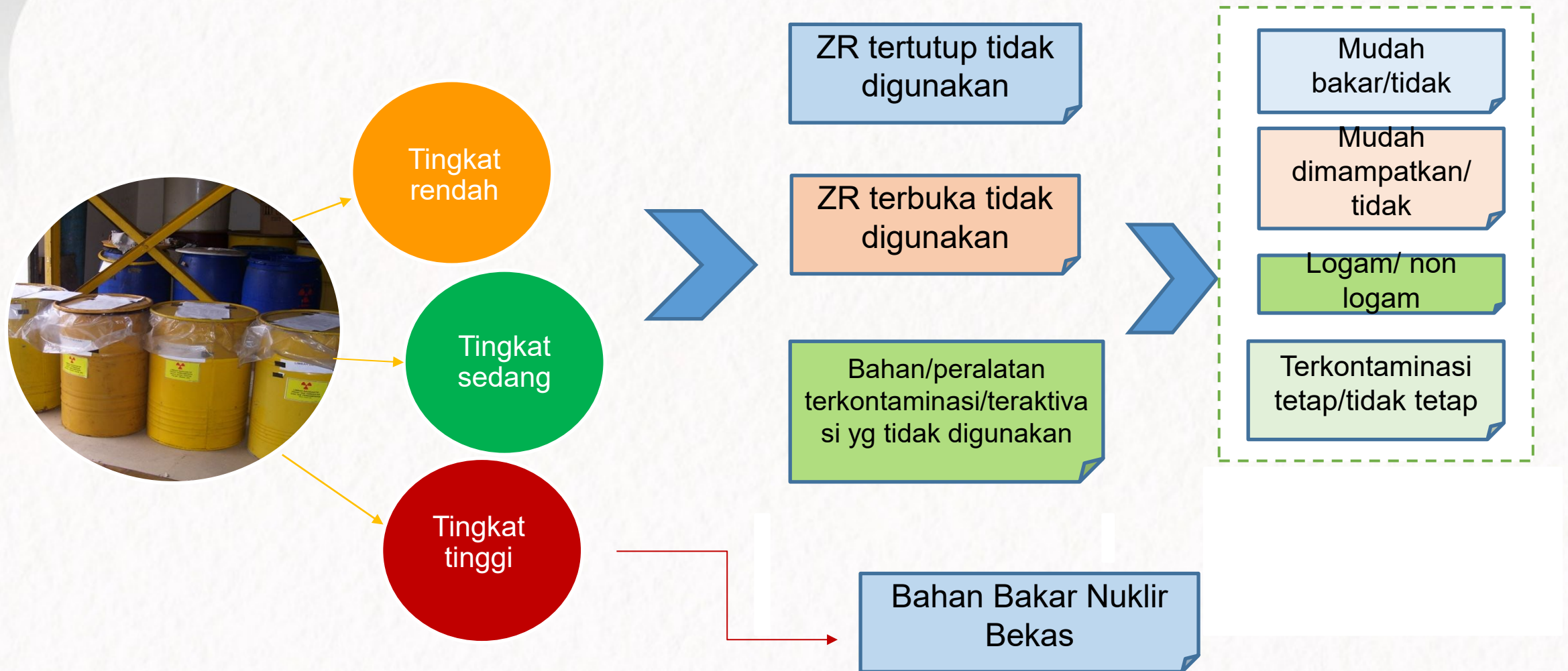
Penyerahan ke Pengelola Limbah Radioaktif

Limbah Radioaktif
dari Penghasil Limbah

2

Klasifikasi dan karakterisasi limbah radioaktif

Pengumpulan & Pengelompokkan Limbah Radioaktif Padat (PP 61/2013)



Limbah Radioaktif Tingkat Rendah



utterstock - 146328411

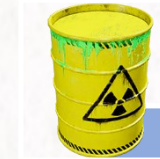
Waktu paruh sangat pendek

- $T_{1/2} < 15$ hari



Tingkat sangat rendah

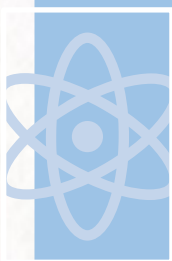
- ZR terbungkus $T_{1/2} < 15$ tahun, Aktivitas > tingkat pengecualian hingga 10MBq
- ZR terbungkus $T_{1/2}$ 15-30 th, aktivitas diatas tingkat pengecualian hingga 100kBq
- Limbah radioaktif aktivitas diatas tingkat pengecualian hingga 100 kali tingkat pengecualian.



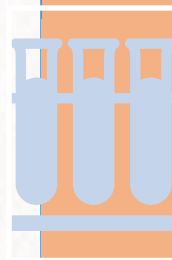
Tingkat relatif rendah

- a. ZR terbungkus $T_{1/2} < 15$ th, aktivitas diatas 10 MBq-100 MBq
- b. ZR terbungkus waktu paruh 15-30 th dengan aktivitas 100 kBq-1MBq
- c. LR konsentrasi 100 Bq/g – 1000x TP untuk pemancar beta dan gamma aktivitas 100 Bq/g hingga 400 Bq/g untuk pemancar alpha

Limbah Radioaktif Tingkat Sedang



ZR terbungkus yg tdk digunakan T_{1/2} kurang dari 15 th dan aktivitas 100 MBq hingga 100 TBq



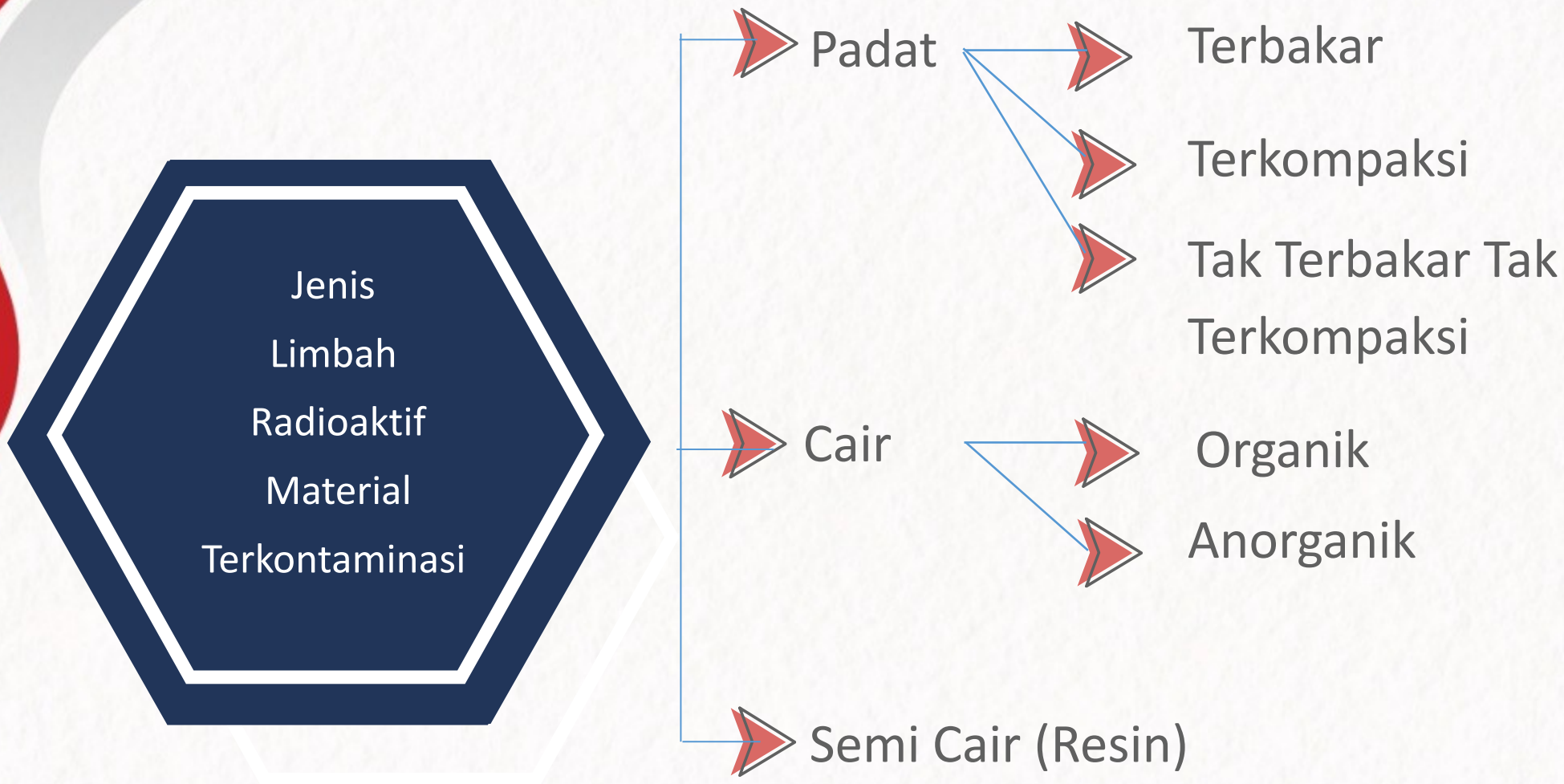
ZR terbungkus yg tdk digunakan memiliki waktu paruh lebih dari 30 tahun dan aktivitas diantara 40 MBq-10 GBq



ZR terbungkus yg tdk digunakan dengan T_{1/2} 15-30 th dan aktivitas 1 MBq-1PBq



LR selain zat radioaktif terbungkus yg tdk digunakan
Beta dan gamma
aktivitas 1000x TP - 100 GBq/g
Alpha
Aktivitas 400 Bq/g - 100 GBq/g



Kontaminasi adalah 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

Kegiatan Pra Pengolahan (Pengumpulan dan Pengelompokkan)



Pengemasan Limbah Radioaktif



Terbakar
Terkompaksi



Tanah, endapan,
resin



Cair



Kemasan Lain

Kegiatan Pengumpulan dan Pengelompokkan



Karakterisasi Limbah Radioaktif

- ❖ Laju Dosis permukaan bungkus dan jarak 1 meter



Karakterisasi Limbah Radioaktif



Gross
Alpha beta



pH



Kandungan
Nuklida



3

TEKNIK PENGOLAHAN & PENYIMPANAN LIMBAH RADIOAKTIF

Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah dan Sedang

Peluruhan aktivitas

- Penyimpanan zat radioaktif yg tidak digunakan dalam wadah/kontainer

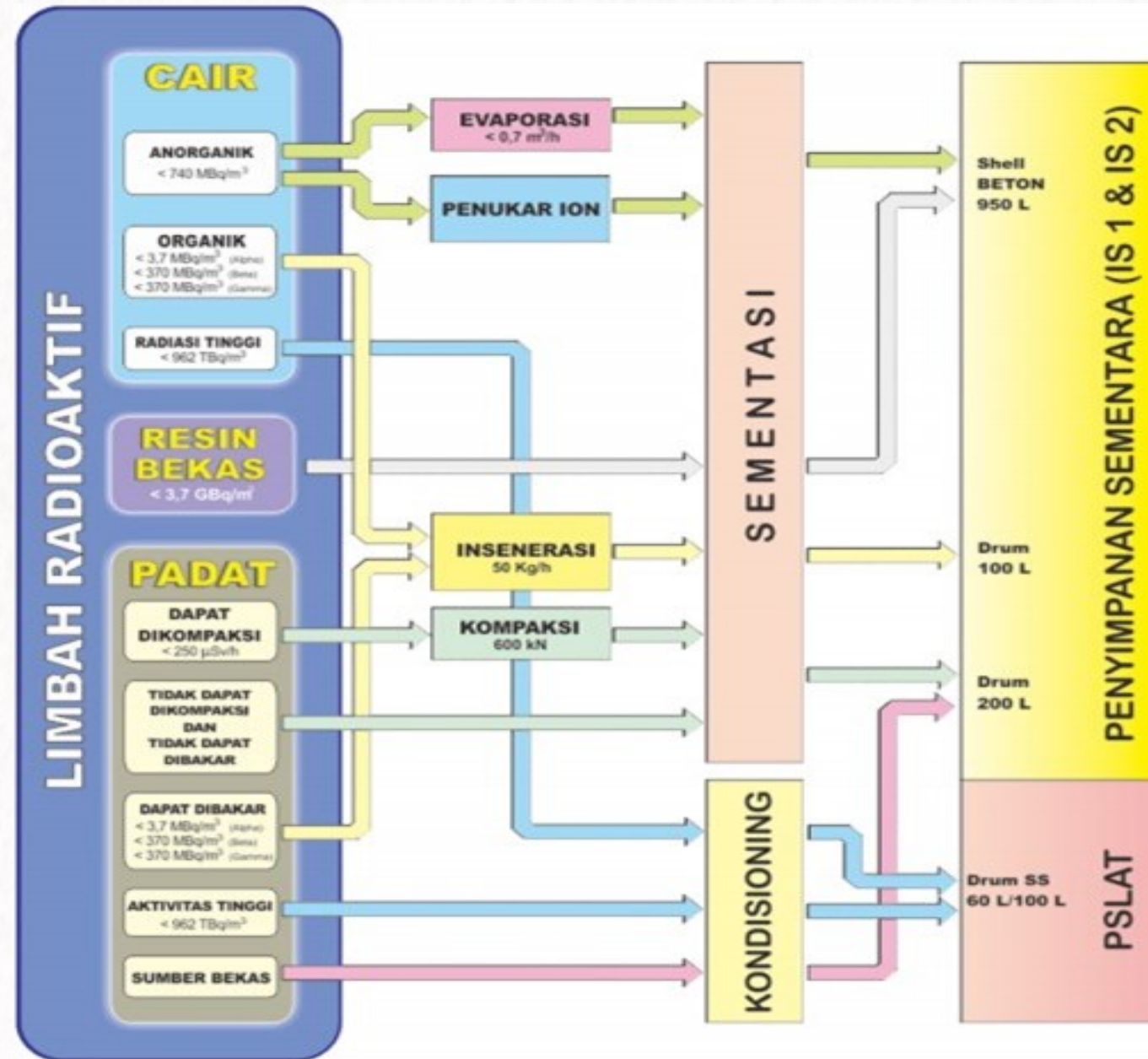
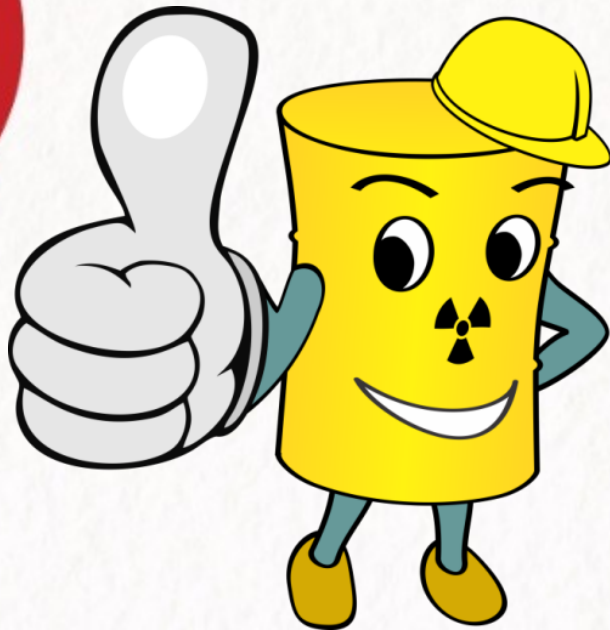
Reduksi Volume & perubahan komposisi

- Padat (kompaksi, insenerasi)
- Cair (Pengolahan kimia, evaporasi, pertukaran ion, dll)
- Gas (Filtrasi)

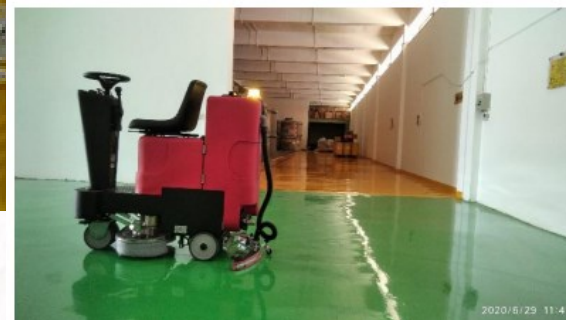
Pengkondisian

- Pengungkungan/immobilisasi, kemudahan dalam pelaksanaan pengangkutan dan penyimpanan

Pengolahan Limbah Radioaktif di IPLR



Kegiatan Pengolahan Limbah Radioaktif Padat





Dismantling

- alat-alat besar harus direduksi menjadi ukuran yang lebih kecil yang kemudian dapat ditangani dengan mudah
- teknik konvensional yang digunakan untuk dismantling, meliputi penggergajian, pemotongan baik secara mekanik maupun menggunakan pancaran bunga api listrik, pemotongan khusus dan sebagainya



Pengiriman Limbah Radioaktif ke IPLR

Penghasil limbah Radioaktif harus memperoleh persetujuan pengiriman dari Kepala BAPETEN

Penyerahan dibuktikan dengan berita acara serah terima yang dibuat oleh Pengelola Limbah Radioaktif



Persetujuan pengiriman dari BAPETEN



Berita acara serah terima LR

Penyimpanan Limbah Radioaktif

Disimpan di fasilitas penyimpanan.
 Fasilitas penyimpanan harus memenuhi persyaratan keselamatan meliputi tapak dan desain



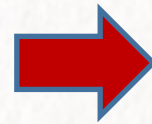
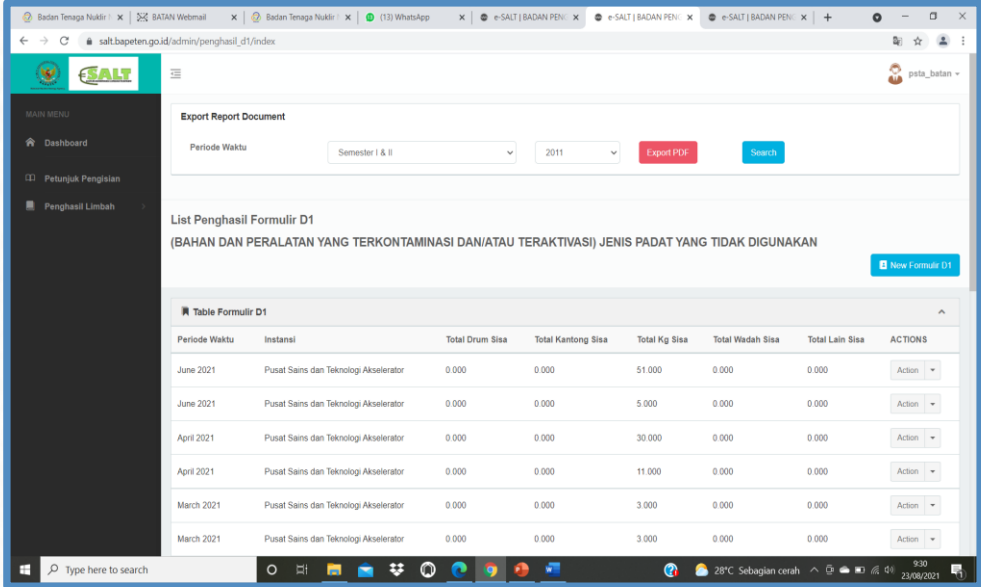
Instalasi Pengelolaan Limbah Nuklir BRIN, di Kawasan Sains dan Teknologi B.J Habibie, Serpong, Tangerang Selatan

PSLAT (Penyimpanan Sementara Limbah Aktivitas Tinggi)



Pelaporan Neraca Limbah Online melalui SALT-BAPETEN

Limbah Padat

Export Report Document

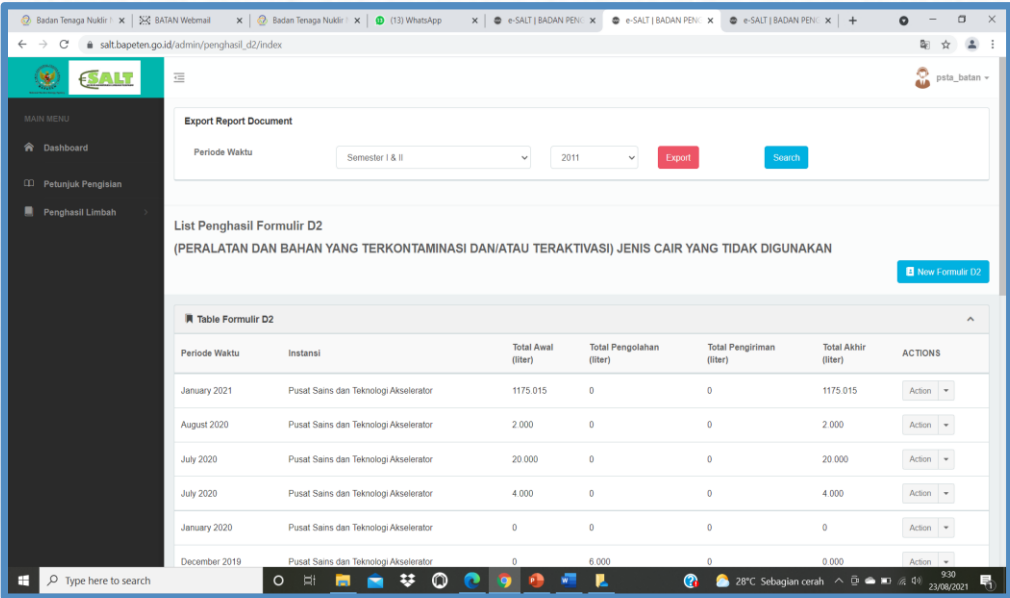
Periode Waktu:

List Penghasil Formulir D1
 (BAHAN DAN PERALATAN YANG TERKONTAMINASI DAN/ATAU TERAKTIVASI) JENIS PADAT YANG TIDAK DIGUNAKAN

[New Formulir D1](#)

Periode Waktu	Instansi	Total Drum Sisa	Total Kantong Sisa	Total Kg Sisa	Total Wadah Sisa	Total Lain Sisa	ACTIONS
June 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0.000	0.000	51.000	0.000	0.000	Action
June 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0.000	0.000	5.000	0.000	0.000	Action
April 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0.000	0.000	30.000	0.000	0.000	Action
April 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0.000	0.000	11.000	0.000	0.000	Action
March 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0.000	0.000	3.000	0.000	0.000	Action
March 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0.000	0.000	3.000	0.000	0.000	Action

Limbah Cair

Export Report Document

Periode Waktu:

List Penghasil Formulir D2
 (PERALATAN DAN BAHAN YANG TERKONTAMINASI DAN/ATAU TERAKTIVASI) JENIS CAIR YANG TIDAK DIGUNAKAN

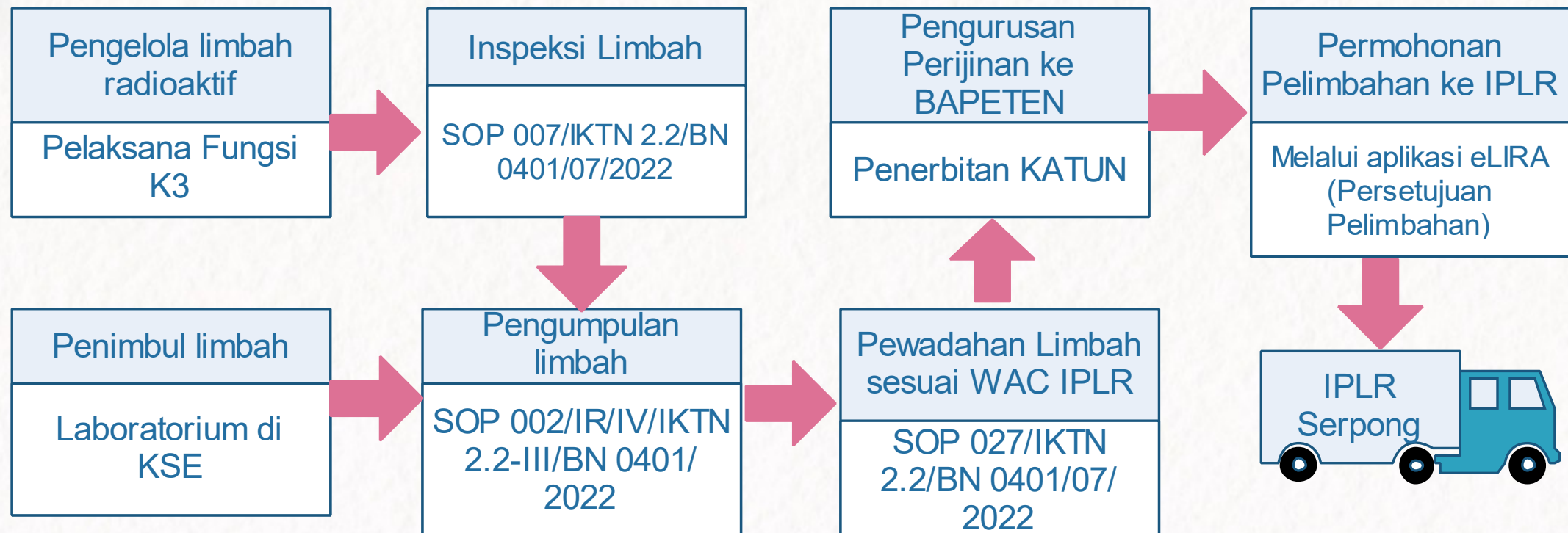
[New Formulir D2](#)

Periode Waktu	Instansi	Total Awal (liter)	Total Pengolahan (liter)	Total Pengiriman (liter)	Total Akhir (liter)	ACTIONS
January 2021	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	1175.015	0	0	1175.015	Action
August 2020	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	2.000	0	0	2.000	Action
July 2020	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	20.000	0	0	20.000	Action
July 2020	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	4.000	0	0	4.000	Action
January 2020	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0	0	0	0	Action
December 2019	Pusat Sains dan Teknologi Akselerator	0	6.000	0	0.000	Action

4

Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif di KSTE. A. Baiquni

Tahapan Pengelolaan Limbah di KSTE. A. Baiquni



Formulir Pengumpulan limbah

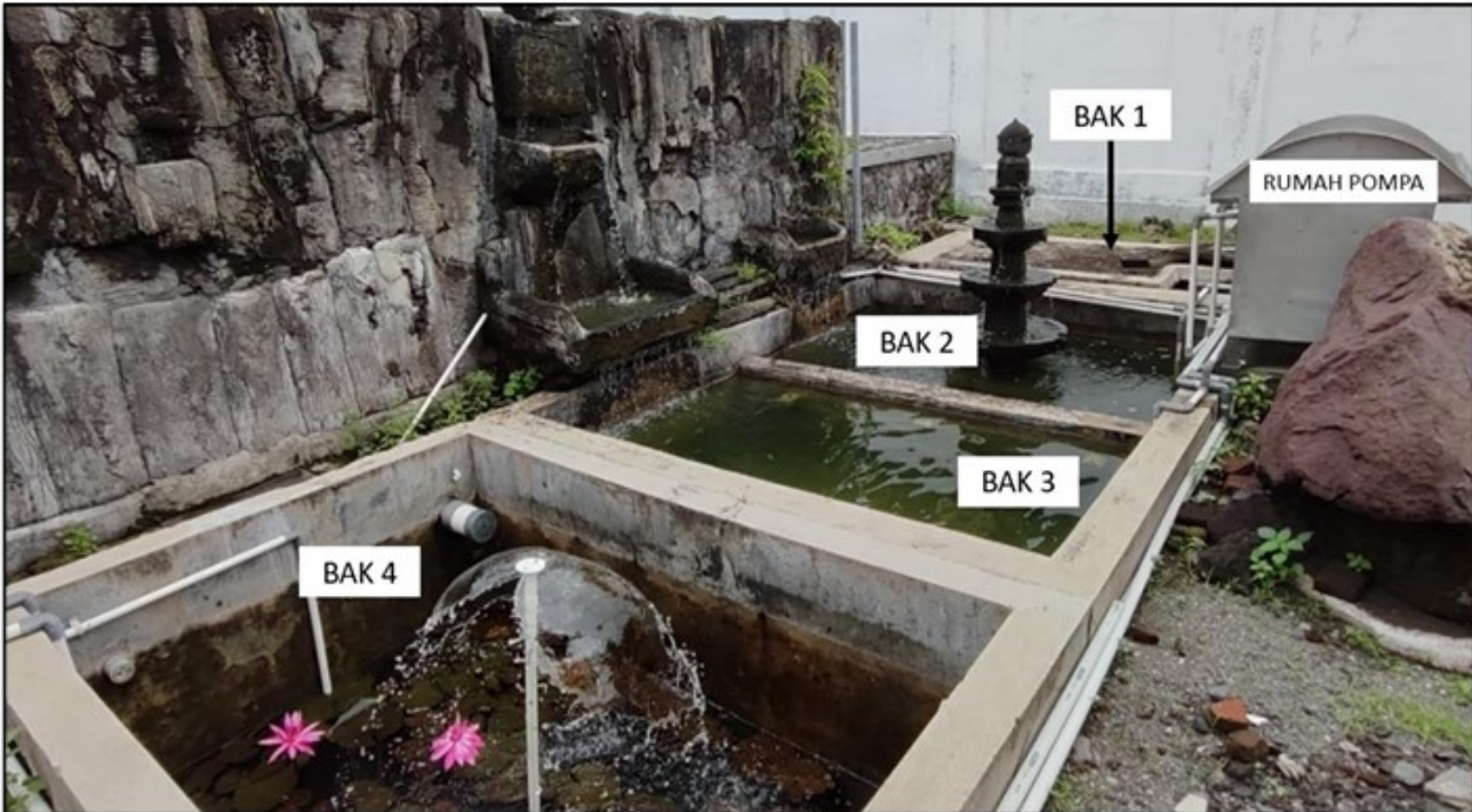
 BRIN	PENGUMPULAN LIMBAH RADIOAKTIF LAMPIRAN 1
	FORMULIR PENGUMPULAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT/SEMI CAIR
	R.010-A.012/II.6.5/IKTN 2-V/KN 02 01/2023

I. ASAL LIMBAH : Gedung No : Ruang No :	
II. DATA LIMBAH	
A. Karakteristik Limbah (diisi oleh pemohon/pengelola lab)	
1. Jenis Limbah	:
2. Jenis Kemasan	:
3. Berat/volume limbah	:
4. Kontaminan/unsur radionuklida limbah	:
5. Uraian tentang proses dihasilkannya limbah	:
B. Laju Paparan Radiasi (diisi oleh Petugas Proteksi Radiasi)	
a. Permukaan	:
b. Jarak 1 meter	:
Alat Ukur	:

 BRIN	PENGUMPULAN LIMBAH RADIOAKTIF LAMPIRAN 2
	FORMULIR PENGUMPULAN LIMBAH RADIOAKTIF CAIR
	R.011-A.012/II.6.5/IKTN 2-V/KN 02 01/2023

I. ASAL LIMBAH : Gedung No : Ruang No :	
II. DATA LIMBAH	
A. Karakteristik Limbah (diisi oleh pemohon/pengelola lab)	
1. Jenis Limbah (fasa air/fasa organik)	:
2. Volume Limbah	:
3. Kontaminan/unsur pembentuk limbah	:
a. Jenis Radionuklida	:
b. Non Radioaktif	:
- Pelarut Fasa Organik	:
- Pelarut Fasa anorganik	:
- pH	:
- Senyawa Dominan dalam Limbah	:
4. Uraian tentang proses dihasilkannya limbah	:
B. Laju Paparan Radiasi (diisi oleh Petugas Proteksi Radiasi)	
a. Permukaan	:
b. Jarak 1 meter	:
Alat Ukur	:

Pengelolaan Saluran Air Buangan Terpadu



5

Contoh Kasus Kelalaian Pengelolaan Limbah Radioaktif

The Radiological Accident in Goiânia



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 1988

Radiological Accident Goiânia, Brazil 29 September 1987





Cesium klorida (Cs-137)
 Aktivitas 74 TBq pada tahun 1971
 Laju dosis pada 1 meter 4,56 Bq/jam

Dampak:
 130.000 orang diperiksa ditemukan
 250 orang terkontaminasi (<50 mSv)
 46 orang membutuhkan perawatan
 4 orang meninggal (rata-rata 5,5 Gy)
 mengalami pendarahan internal,
 kerusakan paru-paru dan ginjal
 85 rumah terkontaminasi

Kontaminasi hingga 20 km dari Goiania,
 Volume total limbah
 3500 m³ atau lebih dari 275 muatan truck
 2016 – 3,5 TBq

Polusi Radioaktif di Danau Karachay, Rusia (7 Agustus 1951)



<https://www.ecohubmap.com/hot-spot/radionuclide-pollution-in-lake-karachay-russian-federation/5g4uym17kr620m>

Pembuangan Limbah Radioaktif
 1951-1957 Total 500 million Ci
 40% Sr-90 dan Y-90
 60% Cs-137
 Luas Danau : 0,15 km²
 Kedalaman 1,25 meter

Dampak
 Polusi air, sedimen/tanah 1800km² dari
 industry
 1947-1996 angka kematian dan kelahiran
 cacat meningkat
 ± 500.000 orang terdampak

Sumber: Merkushkin, Alexey, "Karachay lake is the storage of radioactive wastes under open sky, Ozyorsk Technological Institute of Moscow Physical Engineering Institute, Russia

LATIHAN SOAL

- 01** Limbah radioaktif berupa bahan bakar nuklir bekas termasuk klasifikasi tingkat
- a. rendah
 - b. sedang
 - c. tinggi
 - d. sangat tinggi
- 02** Berikut ini merupakan kewajiban penghasil limbah kecuali
- a. Melakukan pra pengolahan limbah (pengumpulan dan pengelompokkan)
 - b. Memenuhi peraturan perundangan mengenai keselamatan radiasi dan keamanan
 - c. Melakukan pengolahan limbah sampai limbah dibebaskan dari tingkat pengawasan
 - d. Membuat rekaman dalam setiap kegiatan pengelolaan limbah
- 03** Pengelolaan Limbah Radioaktif diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor?
- a. PP 61 tahun 2015
 - b. PP No 8 tahun 2016
 - c. PP 61 tahun 2013
 - d. PP No 2 tahun 2014

LATIHAN SOAL

- 04** Berikut ini merupakan prinsip pengolahan limbah radioaktif kecuali:
- a. Pengkondisian
 - b. Reduksi volume
 - c. Peluruhan
 - d. Pengenceran
- 05** Resin terkontaminasi Cs-137, didalam kegiatan pra pengolahan dikategorikan sebagai
- a. Limbah Radioaktif Padat Material Terkontaminasi tak Terbakar Tak Terkompaksi
 - b. Limbah Radioaktif Cair
 - c. Limbah Radioaktif Semi Cair
 - d. Limbah Radioaktif Padat Material Terkontaminasi Terkompaksi

Terima Kasih

Atas Perhatian Anda



KSTE A. BAIQUNI
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101, Yogyakarta, Indonesia



www.brin.go.id



Brin Indonesia



@brin_indonesia



@brin.indonesia



Bridging Sciences
Empowering Talents

@dpk brin