



# KEBIJAKAN NASIONAL PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Telaah Teknis Yuridis Peraturan Pemerintah  
Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi  
dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif

Penyusun :  
Nanang Triagung Edi Hermawan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# KEBIJAKAN NASIONAL PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Telaah Teknis Yuridis  
Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015  
tentang Keselamatan Radiasi dan  
Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif



Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

©Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

*All Rights Reserved*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# KEBIJAKAN NASIONAL PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Telaah Teknis Yuridis  
Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015  
tentang Keselamatan Radiasi dan  
Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif

Penyusun :  
Nanang Triagung Edi Hermawan



**BATAN Press**

© 2019 Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)

Pusat Diseminasi dan Kemitraan

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Nanang Triagung Edi Harmawan

Kebijakan nasional pengangkutan zat radioaktif: telaah teknis yuridis Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif / penyusun, Nanang Triagung Edi Harmawan ; editor, Anhar Riza Antariksawan, Sudi Ariyanto . -- Jakarta : BATAN Press (Badan Tenaga Nuklir Press), 2018.

189 hlm. ; 21 cm.

ISBN 978-979-8500-97-8

1. Radioaktif -- Aspek pemerintahan. I. Judul. II. Anhar Riza Antariksawan. III. Sudi Ariyanto .

353.999

*Copyeditor* : Prof. Dr. Ir. Anhar Riza Antariksawan

*Proofreader* : Dr. Ir. Sudi Ariyanto, M.Eng

Desainer sampul & isi : Dhoni Saputra

Cetakan pertama 2019



Diterbitkan oleh:  
BATAN Press, anggota IKAPI  
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49  
Gd. Perasten, Jakarta Selatan 12440  
Telp.: +62 21 765 9401  
Faks.: +62 21 7591 3833  
E-mail: [batanpress@batan.go.id](mailto:batanpress@batan.go.id)

Buku ini merupakan karya buku yang terpilih dalam Program Akuisisi Pengetahuan Lokal Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah, Badan Riset dan Inovasi Nasional.



Karya ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

---

Karya pustaka ini dipersembahkan untuk Diajeng Setyaningrum, dan mutiara buah kasih terindah Radya dan Nadya, yang senantiasa menjadi pijar api semangat nan tak pernah padam.

Persembahan nan agung juga diperuntukkan kepada segenap insan yang terus belajar istiqomah untuk menjadi pribadi dan manusia mulia dalam memerankan diri untuk hamemayu hayuning bawono.

---

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# PENGANTAR PENERBIT

---

Ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) nuklir dapat diaplikasikan di berbagai bidang, seperti energi, kesehatan, pangan dan pertanian serta industri. Di Indonesia, aplikasi iptek nuklir pun terus meningkat, baik untuk keperluan riset maupun untuk keperluan kegiatan komersial. Di sisi lain, seperti diketahui, setiap kegiatan iptek nuklir melibatkan zat radioaktif. Penggunaan zat radioaktif dalam setiap kegiatan tersebut mengharuskan adanya perpindahan zat radioaktif dari satu tempat ke tempat lain, dari sejak bahan radioaktif tersebut diproduksi, dipergunakan dan disimpan sebagai limbah. Proses pemindahan zat radioaktif tersebut juga akan melibatkan berbagai pihak dan secara tidak langsung juga menyangkut masyarakat umum.

Mengingat bahwa sifat zat radioaktif dapat berpotensi membahayakan publik dan lingkungan hidup, maka perpindahannya harus tetap dijamin tidak akan membahayakan masyarakat dan lingkungan. Oleh sebab itu, Pemerintah harus membuat kebijakan tentang keselamatan dan keamanan pengangkutan zat radioaktif, karena pemerintah berkewajiban untuk menjamin keamanan dan keselamatan masyarakat dan lingkungan hidup dari bahaya zat radioaktif. Terkait dengan hal tersebut, Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif diterbitkan sebagai dasar kebijakan Pemerintah dalam mengatur perihal pengangkutan zat radioaktif di Indonesia.

Buku yang berjudul Kebijakan Nasional Pengangkutan Zat Radioaktif: Telaah Teknis Yuridis Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif ini merupakan buku yang mengupas Peraturan Pemerintah tersebut dan menguraikannya dalam penerapan teknis. BATAN Press menerbitkan buku ini, karena saat ini belum ada buku berisi uraian teknis tentang aturan pengangkutan zat radioaktif. Buku ini diharapkan akan dapat menjadi salah satu rujukan bagi semua pemangku kepentingan dalam bidang pengangkutan zat radioaktif di Indonesia. Buku ini juga dimaksudkan untuk melengkapi beberapa buku yang telah diterbitkan BATAN Press yang lebih banyak membahas tentang aplikasi iptek nuklir, termasuk pengolahan limbah radioaktif.

Jakarta, April 2019

Penerbit

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# PRAKATA

---

Rasa syukur nan mendalam patut terhatur ke hadirat Allah Swt. yang senantiasa memberikan kesehatan dan kesempatan kepada diri penulis untuk menyusun buku ini. Kegiatan pengangkutan zat radioaktif dengan segala potensi risiko bahaya radiasi maupun ancaman keamanan yang menyertainya harus diatur dalam suatu peraturan perundang-undangan yang bersifat legal, final, dan mengikat.

Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif merupakan landasan hukum sekaligus teknis untuk memastikan semua persyaratan dari aspek keselamatan radiasi dan keamanan terpenuhi guna menjamin kepentingan personel yang terlibat, anggota masyarakat umum, serta perlindungan terhadap kelestarian lingkungan hidup. Dengan demikian peraturan pemerintah tersebut sekaligus merupakan salah satu perwujudan dari kebijakan nasional di bidang pengangkutan zat radioaktif.

Dalam setiap penyusunan peraturan perundang-undangan selalu mempertimbangkan landasan filosofis, sosiologis, dan yuridis agar peraturan yang disusun harmonis, tepat, berdaya guna, serta mampu diterapkan di lapangan.

Landasan filosofis merupakan pertimbangan atau alasan yang menggambarkan bahwa peraturan yang dibentuk mempertimbangkan pandangan hidup, kesadaran, dan cita hukum yang meliputi suasana kebatinan serta falsafah bangsa Indonesia yang bersumber dari Pancasila dan Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Landasan sosiologis merupakan pertimbangan atau alasan yang menggambarkan bahwa peraturan dibentuk untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam berbagai aspek. Landasan sosiologis sesungguhnya menyangkut fakta empiris mengenai perkembangan masalah dan kebutuhan masyarakat dan negara. Adapun landasan yuridis merupakan pertimbangan atau alasan yang menggambarkan bahwa peraturan dibentuk untuk mengatasi permasalahan hukum atau mengisi kekosongan hukum dengan mempertimbangkan aturan yang telah ada, yang akan diubah,

diamandemen, atau yang akan dicabut guna menjamin kepastian hukum dan rasa keadilan masyarakat.

Pemahaman setiap pemangku kepentingan terhadap ketentuan dan persyaratan pengangkutan zat radioaktif sebagai suatu rumusan kebijakan nasional yang tertuang di dalam peraturan pemerintah mutlak diperlukan. Pemahaman yang mendalam terhadap suatu peraturan perundang-undangan dapat diupayakan melalui beberapa cara, di antaranya dengan membaca dan menelaah secara tekstual normatif dari pasal per pasal yang ada, dan menelusur secara historis teknis dari notulensi atau rekaman pembahasan ataupun keterangan dari para pelaku penyusun peraturan perundangan itu sendiri.

Kehadiran buku *Kebijakan Nasional Pengangkutan Zat Radioaktif: Telaah Teknis Yuridis terhadap Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif* ini merupakan upaya dari penulis yang merupakan salah satu pelaku sejarah yang turut menyusun peraturan pemerintah dimaksud untuk menjelaskan secara mendalam dan utuh muatan pengaturan yang ada, dengan bahasa teknis yang lebih sederhana agar lebih mudah dipahami. Buku ini merupakan yang pertama dan satu-satunya buku referensi yang membahas ketentuan dan persyaratan pengangkutan zat radioaktif di tanah air berdasarkan peraturan perundang-undangan sebagai perwujudan dari kebijakan nasional yang berlaku pada saat ini.

Implementasi kebijakan nasional terkait pengangkutan zat radioaktif di tingkat lapangan sangat erat hubungannya dengan berbagai dinamika perubahan, seperti perubahan peraturan perundangan ataupun struktur organisasi pada institusi terkait. Salah satu isu perubahan tersebut berkenaan dengan terbentuknya Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi menjadi dasar pembentukan BRIN, sebagaimana diatur lebih lanjut dalam Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2021 tentang BRIN. Salah satu kebijakan besar yang berkaitan langsung dengan pemangku kepentingan pengangkutan zat radioaktif adalah bergabungnya Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) ke dalam organisasi BRIN.

Melalui Peraturan BRIN Nomor 1 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja BRIN, entitas BATAN bereinkarnasi ke dalam beberapa unit

kerja, seperti Organisasi Riset Tenaga Nuklir (ORTN) dan Direktorat Pengelolaan Fasilitas Ketenaganukliran (DPFK) di bawah Deputi Bidang Infrastruktur Riset dan Inovasi. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR–BATAN) yang banyak disebut di dalam buku, saat ini telah berubah sebagai Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR) di bawah DPFK–BRIN. Dengan demikian penyebutan PTLR yang ada di dalam buku edisi akuisisi ini merujuk kepada IPLR, sedangkan sebutan BATAN merujuk ke institusi BRIN.

Peleburan BATAN ke dalam BRIN juga berimplikasi peleburan BATAN Press ke dalam Penerbit BRIN di bawah Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah. Berkenaan dengan adanya program akuisisi terhadap naskah karya ilmiah berwujud buku, Buku *Kebijakan Nasional Pengangkutan Zat Radioaktif* yang sebelumnya telah diterbitkan oleh BATAN Press ini mendapat kesempatan untuk diakuisisi dan diterbitkan oleh Penerbit BRIN. Buku ini selanjutnya terbit sebagai edisi akuisisi sebagaimana telah hadir di hadapan para pembaca sekalian.

Besar harapan penulis, buku ini bisa menjadi acuan secara teknis ataupun yuridis bagi semua pemangku kepentingan terkait dalam persiapan, pelaksanaan, hingga tahap akhir pengangkutan zat radioaktif sehingga ketentuan keselamatan radiasi dan keamanan yang dipersyaratkan dapat dipenuhi dengan sebaik-baiknya. Dengan demikian, pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif dapat berlangsung secara legal, selamat, dan aman tanpa menimbulkan bahaya radiasi ataupun ancaman keamanan bagi personel pekerja di fasilitas, kru pengangkut, anggota masyarakat umum, dan kelestarian lingkungan hidup.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih setulusnya kepada Diajeng Setyaningrum, Radya, dan Nadya yang menjapi pijar api semangat nan tak pernah padam. Terima kasih tak terhingga juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan sejawat di ex-BATAN ataupun BRIN yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Ungkapan yang sama juga kami sampaikan kepada Tim Editor, Tim Akuisisi BRIN, Penerbit BRIN, dan semua pihak yang telah mendukung penerbitan buku ini.

Sebagai sebuah langkah awal suatu proses yang masih sangat panjang dalam rangka pemenuhan acuan pustaka yang memadai mengenai pengangkutan zat radioaktif di tanah air, sudah tentu banyak kekurangan dalam penyusunan buku ini. Kritik, saran, maupun masukan perbaikan dari

para pembaca sangat penulis nantikan dalam rangka perbaikan buku ini di masa yang akan datang.

Selamat membaca, dan semoga bermanfaat untuk kita bersama.

Tangerang, 27 Juni 2022

Nanang Triagung Edi H.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# DAFTAR ISI

---

<b>PENGANTAR PENERBIT .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2. PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF .....</b>	<b>7</b>
2.1 Pengertian Pengangkutan Zat Radioaktif .....	7
2.2 Prinsip Utama Pengangkutan Zat Radioaktif .....	12
2.3 Pengecualian Pemenuhan Persyaratan Pengangkutan Zat Radioaktif .....	16
<b>BAB 3. LANDASAN HUKUM</b>	
<b>PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF .....</b>	<b>23</b>
3.1 Dasar Hukum .....	23
3.2 Kebijakan Nasional .....	24
3.3 Sejarah Landasan Hukum Pengangkutan Zat radioaktif .....	25
<b>BAB 4. TEKNIS KESELAMATAN RADIASI</b>	
<b>PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF .....</b>	<b>29</b>
4.1 Klasifikasi Zat Radioaktif .....	29
4.1.1 Zat Radioaktif Bentuk Khusus .....	30
4.1.2 Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah.....	31
4.1.3 Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah .....	33
4.1.4 Benda Terkontaminasi Permukaan .....	35
4.1.5 Bahan Fisil .....	36
4.1.6 Uranium Heksafluorida.....	38
4.2 Pengaturan Bungkus .....	40
4.2.1 Penggunaan Bungkus .....	41
4.2.1.1 Penggunaan Bungkus Industri .....	42
4.2.1.2 Penggunaan Bungkus Tipe A .....	44

4.2.1.3	Penggunaan Bungkus Tipe B .....	45
4.2.1.4	Penggunaan Bungkus Tipe C .....	47
4.2.1.5	Penggunaan Bungkus Dikecualikan .....	47
4.2.1.6	Pengangkutan Tanpa Menggunakan Bungkus .....	49
4.2.2	Penentuan Kategori Bungkus .....	50
4.2.3	Penandaan Bungkus .....	53
4.2.4	Pelabelan Bungkus .....	56
4.2.5	Pemberian Plakat .....	59
4.2.6	Penentuan Indeks Keselamatan Kekritisitas .....	61
4.2.7	Pemeriksaan Bungkus untuk Keperluan Kepabeantasan .....	61
4.3	Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi .....	63
4.4	Penempatan dan Penyimpanan Bungkus.....	66
<b>BAB 5.</b>	<b>TEKNIS KEAMANAN PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF .....</b>	<b>69</b>
5.1	Keamanan Sumber Radioaktif .....	70
5.1.1	Kategori Sumber Radioaktif .....	71
5.1.2	Tingkat Keamanan Sumber Radioaktif.....	72
5.1.3	Rencana Keamanan Sumber Radioaktif .....	74
5.2	Proteksi Fisik Bahan Nuklir .....	76
5.2.1	Golongan Bahan Nuklir .....	76
5.2.2	Rencana Proteksi Fisik Bahan Nuklir .....	77
<b>BAB 6.</b>	<b>MANAJEMEN KESELAMATAN RADIASI DAN KEAMANAN .....</b>	<b>81</b>
6.1	Kewajiban Pengirim .....	82
6.2	Kewajiban Penerima .....	86
6.3	Kewajiban Pengangkut .....	88
6.4	Sistem Manajemen .....	91
6.5	Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir .....	92
<b>BAB 7.</b>	<b>KESIAPSIAGAAN DAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN .....</b>	<b>95</b>
7.1	Prosedur Penanggulangan Kedaruratan .....	96
7.2	Pelatihan dan Geladi Kedaruratan .....	100
7.3	Penanggulangan Kedaruratan .....	104

<b>BAB 8. TATA LAKSANA PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF ....</b>	<b>107</b>
8.1 Persetujuan Pengiriman.....	108
8.2 Notifikasi Pelaksanaan Pengangkutan .....	114
8.3 Validasi Sertifikat Zat Radioaktif .....	118
8.4 Validasi Sertifikat Bungkusan Zat Radioaktif .....	121
8.5 Validasi Persetujuan Pengiriman .....	125
8.6 Sertifikasi Persetujuan Desain Zat Radioaktif dan Bungkusan .....	128
<b>BAB 9. SANKSI ADMINISTRATIF .....</b>	<b>131</b>
9.1 Sanksi Peringatan Tertulis .....	132
9.2 Sanksi Penghentian Sementara Pengangkutan .....	136
9.3 Sanksi Pembekuan Izin Pemanfaatan .....	137
9.4 Sanksi untuk Pengangkut .....	138
<b>BAB 10. PENUTUP .....</b>	<b>139</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>143</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>165</b>
<b>INDEKS .....</b>	<b>169</b>
<b>TENTANG PENULIS .....</b>	<b>175</b>

# DAFTAR TABEL

---

Tabel 2.1	Kelas Barang Berbahaya menurut PBB .....	13
Tabel 3.1	Peraturan Kepala BAPETEN terkait pengangkutan zat radioaktif .....	28
Tabel 4.1	Nilai Dasar Radionuklida atau Campuran Radionuklida yang Tidak Diketahui.....	32
Tabel 4.2	Pengelompokan Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (AJR) .....	34
Tabel 4.3	Benda Terkontaminasi Permukaan berdasarkan tingkat kontaminasi zat radioaktif .....	37
Tabel 4.4	Ketentuan penggunaan Bungkus Industri .....	43
Tabel 4.5	Batasan aktivitas total maksimum AJR dan BTP pada kendaraan angkut .....	44
Tabel 4.6	Batasan aktivitas untuk Bungkus Dikecualikan.....	48
Tabel 4.7	Penentuan kategori bungkus zat radioaktif .....	50
Tabel 4.8	Daftar Nomor PBB beserta deskripsinya .....	54
Tabel 4.9	Tindakan proteksi radiasi berdasarkan hasil kajian penerimaan dosis.....	64
Tabel 5.1	Kategorisasi sumber radioaktif.....	72
Tabel 5.2	Kategorisasi dan tingkat keamanan sumber radioaktif .....	73
Tabel 5.3	Klasifikasi Bahan Nuklir .....	78
Tabel 9.1	Ketidapatuhan yang menimbulkan sanksi peringatan tertulis ....	133

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Detektor asap berbasis tabung ionisasi dengan sumber sinar alpha .....	2
Gambar 1.2	Persiapan kegiatan radiografi industri dengan zat radioaktif .....	4
Gambar 1.3	Jumlah persetujuan pengiriman yang diterbitkan BAPETEN .....	5
Gambar 2.1	Ilustrasi pengertian pengangkutan zat radioaktif .....	8
Gambar 2.2	Berbagai kemungkinan kebutuhan pengangkutan zat radioaktif .....	10
Gambar 2.3	Simbol kelas barang berbahaya .....	14
Gambar 2.4	Persiapan pemindahan zat radioaktif dalam satu kawasan tanpa melalui jaringan lalu lintas umum untuk pelaksanaan uji tak rusak .....	17
Gambar 2.5	Kaos lampu pada lampu petromaks merupakan barang konsumen yang mengandung zat radioaktif Thorium ..	19
Gambar 2.6	Kerak TENORM pada pipa-pipa di industri migas .....	20
Gambar 3.1	Perkembangan standar internasional mengenai keselamatan radiasi untuk pengangkutan zat radioaktif dari IAEA .....	26
Gambar 4.1	Sumber terbungkus (Zat Radioaktif Bentuk Khusus) .....	30
Gambar 4.2	<i>Yellow cake</i> sebagai hasil ekstraksi bahan galian nuklir merupakan contoh AJR-I .....	35
Gambar 4.3	Jarum suntik dan vials radiofarmaka merupakan contoh benda terkontaminasi permukaan .....	36
Gambar 4.4	Bahan nuklir dalam wujud pelet dan perangkat bahan bakar nuklir .....	38
Gambar 4.5	Tangki pengangkut UF <sub>6</sub> .....	39
Gambar 4.6	Gambaran pengertian bungkus zat radioaktif .....	40
Gambar 4.7	Bungkusan Industri .....	42
Gambar 4.8	Bungkusan Tipe A pada penggunaan <i>well logging</i> .....	44
Gambar 4.9	Bungkusan Tipe B (U) .....	45
Gambar 4.10	Bungkusan Tipe B(M) .....	46
Gambar 4.11	Bungkusan dikecualikan .....	49

Gambar 4.12	Alur penentuan kategori bungkus zat radioaktif .....	51
Gambar 4.13	Tanda radiasi untuk bungkus Tipe B(U), Tipe B(M) dan Tipe C .....	56
Gambar 4.14	Label untuk bungkus kategori I-PUTIH.....	57
Gambar 4.15	Label untuk bungkus kategori II-KUNING .....	58
Gambar 4.16	Label untuk bungkus kategori III-KUNING .....	58
Gambar 4.17	Label untuk bungkus berisi bahan fisil atau $UF_6$ .....	59
Gambar 4.18	Plakat untuk peti kemas besar atau tangki .....	60
Gambar 4.19	Pencantuman Nomor PBB menyatu dengan plakat .....	60
Gambar 4.20	Pencantuman Nomor PBB pada plakat terpisah .....	61
Gambar 5.1	Peristiwa pengeboman Menara WTC .....	69
Gambar 5.2	Rangkuman tindakan keamanan sesuai tingkatannya.....	74
Gambar 5.3	Rangkuman persyaratan proteksi fisik untuk bahan nuklir .....	79
Gambar 6.1	Rangkuman kewajiban pengirim, penerima dan pengangkut ..	91
Gambar 7.1	Geladi penanggulangan kedaruratan pengangkutan di atas kapal laut .....	104
Gambar 8.1	Alur proses permohonan persetujuan pengiriman .....	113
Gambar 8.2	Peristiwa, jenis bungkus, dan persyaratan notifikasi pengangkutan zat radioaktif lintas batas antar negara .....	117
Gambar 8.3	Alur proses pengajuan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara.....	118
Gambar 8.4	Peristiwa, zat radioaktif, dan persyaratan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif .....	119
Gambar 8.5	Alur proses permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif daya sebar rendah.....	122
Gambar 8.6	Peristiwa, jenis bungkus dan persyaratan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkus zat radioaktif .....	123
Gambar 8.7	Peristiwa, jenis bungkus dan persyaratan pengajuan validasi terhadap persetujuan pengiriman dari negara asal ..	127
Gambar 8.8	Alur proses permohonan validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif dari negara asal .....	129
Gambar 9.1	Skematis pemberlakuan sanksi administratif dalam pengangkutan zat radioaktif .....	132

# BAB 1

## PENDAHULUAN

Kegiatan penggunaan zat radioaktif sebagai bagian dari pemanfaatan tenaga nuklir di tanah air terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Zat radioaktif dipergunakan secara luas untuk berbagai tujuan di bidang kesehatan, industri, serta kegiatan penelitian dan pengembangan, serta rekayasa (litbangyasa).

Zat radioaktif merupakan zat yang tersusun atas atom-atom yang tidak stabil. Ketidakstabilan atom dapat terjadi di inti atom (*nucleus*), maupun pada lapisan kulit atom (orbit elektron). Atom yang tidak stabil memiliki kecenderungan untuk mencapai kondisi kestabilan. Proses atom yang tidak stabil menuju kondisi atom yang lebih stabil disebut sebagai peristiwa peluruhan atom radioaktif. Sifat yang dimiliki atom radioaktif disebut dengan istilah radioaktivitas [1]. Istilah radionuklida dan radioisotop sering dipergunakan untuk menyebut zat radioaktif.

Dalam proses peluruhan atom radioaktif senantiasa disertai adanya pemancaran radiasi, baik berupa pancaran partikel maupun gelombang elektromagnetik [1]. Contoh partikel yang terpancar dari proses peluruhan atom yang tidak stabil adalah partikel alpha ( $\alpha$ ) dan beta ( $\beta$ ). Kedua jenis partikel tersebut secara awam lebih dikenal sebagai sinar alpha dan sinar beta. Adapun contoh gelombang elektromagnetik yang terpancar pada proses peluruhan atom radioaktif di antaranya sinar gamma ( $\gamma$ ) dan sinar-X. Sifat dan karakteristik dari radiasi alpha, beta, gamma, dan sinar-X inilah yang dipergunakan untuk berbagai tujuan.

Sinar alpha merupakan partikel bermuatan positif dan memiliki daya tembus yang sangat terbatas. Selempar plastik tipis sudah sangat efektif menahan sinar alpha. Namun sebagai partikel bermuatan, sinar alpha memiliki daya ionisasi yang sangat tinggi [1]. Dalam suatu ruang terbuka, sinar alpha mampu mengionisasi udara yang tersusun atas unsur oksigen dan nitrogen. Dengan mengombinasikan dua pelat sebagai katoda dan anoda, ion positif dan negatif yang terbentuk dapat menghasilkan aliran arus listrik. Apabila ruang udara di antara dua pelat katoda dan anoda berisi asap, maka arus listrik yang mengalir akan

berkurang karena adanya pengurangan jumlah ion. Kondisi tersebut dapat dipergunakan untuk memicu alarm. Prinsip kerja inilah yang diterapkan pada peralatan detektor asap (*smoke detector*) berbasis tabung ionisasi untuk mengantisipasi terjadinya kebakaran. Gambar 1.1 memperlihatkan wujud detektor asap yang menerapkan prinsip ionisasi oleh sinar alpha yang dipancarkan dari radioisotop amerisium ( $\text{Am-241}$ ).



(a) *Smoke detector* tampak luar

(b) Bagian dalam *smoke detector*

**Gambar 1.1** Detektor asap berbasis tabung ionisasi dengan sumber sinar alpha [2]

Detektor asap merupakan contoh peralatan berupa produk konsumen yang mengandung zat radioaktif. Meskipun di dalam peralatan tersebut terdapat zat radioaktif, namun kadar atau konsentrasi radioaktivitasnya rendah sehingga aman digunakan oleh konsumen. Peralatan ini banyak dipasang di perkantoran, hotel, maupun rumah tangga.

Sinar beta dipancarkan oleh beberapa unsur radioisotop, seperti fosfor ( $\text{P-32}$ ), tritium ( $\text{H-3}$ ), karbon ( $\text{C-14}$ ), Y-90, potasium ( $\text{K-40}$ ), technesium ( $\text{Tc-99m}$ ), stronsium ( $\text{Sr-90}$ ), dan iodium ( $\text{I-131}$ ). Sinar beta merupakan pancaran partikel elektron dari inti atom. Dengan demikian sinar beta bermuatan negatif sebagaimana muatan elektron. Sinar beta memiliki daya tembus yang lebih besar dibandingkan dengan sinar alpha. Lembar logam aluminium sering dipergunakan untuk menahan radiasi sinar beta [1].

Sinar beta yang dipancarkan dari radionuklida karbon ( $\text{C-14}$ ) sering dipergunakan untuk mengetahui umur fosil ataupun mineral batuan. Dengan waktu paruh mencapai 5.730 tahun, keberadaan  $\text{C-14}$  dalam

struktur jaringan hidrokarbon yang menyusun organisme fosil akan senantiasa memancarkan sinar beta dengan tingkat energi yang spesifik. Dengan mengetahui aktivitas pancaran sinar beta yang tersisa pada masa kini, dapat diperkirakan umur fosil yang diteliti tersebut. Teknik penentuan umur fosil menggunakan sinar beta dari unsur C-14 ini dikenal sebagai teknik penanggalan karbon (*carbon dating*) [1].

Di bidang kesehatan, sinar beta yang dipancarkan unsur iodium ( $I-131$ ) dipergunakan untuk mengetahui mekanisme atau metabolisme pada kelenjar tiroid atau gondok.  $I-131$  dalam bentuk radiofarmaka disuntikkan ke dalam jaringan tubuh pasien. Zat tersebut akan mengalir menuju dan terdistribusi pada organ kelenjar tiroid. Pancaran sinar beta yang terjadi dapat dicitrakan dan dianalisis untuk mengetahui metabolisme maupun mendeteksi adanya ketidaknormalan fungsi kelenjar tiroid.

Sinar gamma memiliki daya tembus yang tinggi. Berbeda dengan sinar alpha dan sinar beta, sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik yang tidak memiliki muatan. Dengan demikian, sinar gamma tidak terpengaruh adanya medan listrik maupun medan magnet. Laju paparan radiasi sinar gamma paling efektif ditahan dengan penahan radiasi berupa logam berat. Lembaran logam timah hitam (Pb) atau uranium susut kadar (*depleted uranium*) sering dipergunakan sebagai penahan radiasi sinar gamma [1]. Contoh radionuklida pemancar sinar gamma adalah cobalt (Co-60) dan iridium (Ir-192).

Iradiator merupakan contoh fasilitas yang memanfaatkan sinar gamma. Sinar gamma pada fasilitas tersebut dipergunakan untuk mengiradiasi atau melakukan penyinaran radiasi terhadap materi atau bahan tertentu guna mendapatkan nilai keuntungan ekonomis tertentu [3]. Bahan yang diiradiasi tidak mengalami perubahan komposisi atom sehingga sama sekali tidak menjadi radioaktif. Dengan teknik iradiasi, sinar gamma dapat dimanfaatkan untuk pengawetan bahan makanan dan buah-buahan, sterilisasi peralatan kesehatan, polimerisasi, perbaikan sifat material, bahkan pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas bibit tanaman yang unggul.

Sifat radiasi yang dapat menghitamkan film menjadikan sinar gamma juga dipergunakan untuk mengetahui kualitas las-lasan logam ataupun mendeteksi cacat atau retakan pada material tanpa merusak bahan yang diperiksa (*non-destructive test, NDT*). Teknik uji tak rusak semacam ini dikenal sebagai teknik radiografi industri [3]. Teknik ini sangat banyak diterapkan untuk mendukung berbagai proses industri, seperti pada industri minyak dan gas, industri kimia, bahkan jasa konstruksi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.2.

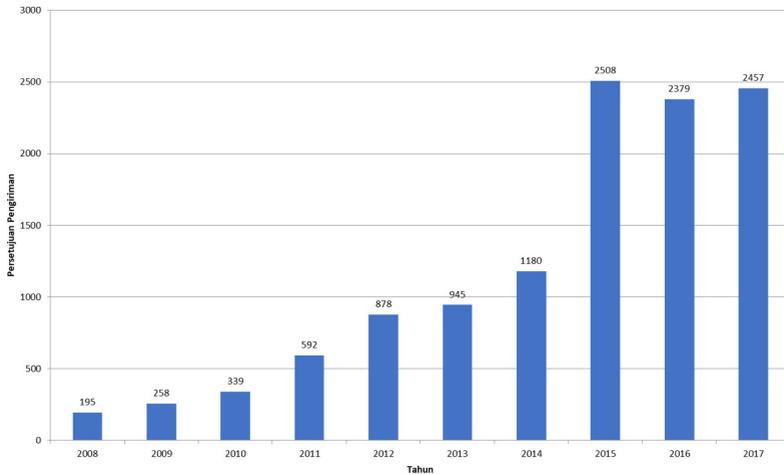


**Gambar 1.2 Persiapan kegiatan radiografi industri dengan zat radioaktif**

Beberapa contoh penggunaan radiasi alpha, beta, dan gamma sebagaimana terurai di atas merupakan gambaran kecil dari pemanfaatan zat radioaktif di tanah air. Penggunaan zat radioaktif telah merambah di semua provinsi yang ada, bahkan hingga di daerah-daerah pelosok. Kegiatan tersebut tentu tidak dapat dilepaskan dengan proses pemindahan ataupun pergerakan zat radioaktif dari satu tempat ke tempat lainnya, atau antar lokasi. Dengan demikian kegiatan pengangkutan zat radioaktif menjadi kebutuhan pendukung dalam penggunaan zat radioaktif.

Seiring dengan peningkatan penggunaan zat radioaktif, tentu saja kebutuhan maupun frekuensi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif juga semakin meningkat. Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sebagai lembaga yang memiliki peran dan fungsi melaksanakan pengawasan terhadap seluruh pemanfaatan tenaga nuklir, mencatat peningkatan penerbitan persetujuan pengiriman yang merupakan salah satu prasyarat legalitas dilaksanakannya pengangkutan zat radioaktif. Gambar 1.3 menunjukkan pertumbuhan kegiatan pengangkutan zat radioaktif dari waktu ke waktu yang semakin meningkat.

Di samping memiliki banyak manfaat sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, sinar alpha, sinar beta, dan sinar gamma sebagai radiasi pengion, juga memiliki potensi bahaya radiasi yang harus mendapatkan perhatian. Potensi bahaya radiasi tersebut mungkin terjadi, pada saat penggunaan zat radioaktif di fasilitas radiasi, instalasi nuklir, atau pada saat dilaksanakannya pengangkutan zat radioaktif.



**Gambar 1.3 Jumlah persetujuan pengiriman yang diterbitkan BAPETEN [4]**

Untuk memastikan tercapainya keselamatan radiasi dan keamanan dalam setiap tahapan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, Pemerintah telah menetapkan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif [5]. Peraturan Pemerintah tersebut merupakan standar bagi setiap pemangku kepentingan pengangkutan zat radioaktif untuk mewujudkan keselamatan dan keamanan bagi pekerja, anggota masyarakat, maupun untuk menjaga kelestarian lingkungan hidup.

Di sisi lain, Peraturan Pemerintah tersebut juga menjadi landasan atau payung hukum, sekaligus arah kebijakan nasional dalam pelaksanaan dan pengawasan terhadap kegiatan pengangkutan zat radioaktif di wilayah hukum Negara Kesatuan Republik Indonesia. Dengan demikian arah kebijakan nasional sebagaimana diatur di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tersebut harus dipahami secara baik dan dilaksanakan dengan tepat oleh setiap pemangku kepentingan untuk mewujudkan tujuan keselamatan dan keamanan tersebut di atas.

Buku Kebijakan Nasional Pengangkutan Zat Radioaktif: Telaah Teknis Yuridis berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif ini hadir pertama kali dan menjadi satu-satunya buku yang

mengupas tuntas muatan pengaturan Peraturan Pemerintah yang telah diundangkan sejak 10 Agustus 2015 tersebut.

Buku ini akan sangat berguna bagi pelaku langsung kegiatan pengangkutan zat radioaktif (meliputi pengirim, pengangkut, penerima, dan petugas proteksi radiasi), maupun para pihak lain yang terkait, seperti pemegang kebijakan pengangkutan, pihak kepolisian, petugas bea dan cukai, petugas di bandara atau pelabuhan laut, termasuk para peneliti, akademisi, juga para praktisi di bidang transportasi barang berbahaya dan beracun (B3).

Buku ini dibagi menjadi beberapa bab, meliputi pendahuluan, pengertian pengangkutan zat radioaktif, landasan hukum pelaksanaan, teknis keselamatan radiasi, teknis keamanan, manajemen keselamatan dan keamanan, sistem kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan, penatalaksanaan, hingga sanksi administratif dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif.

# BAB 2

## PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

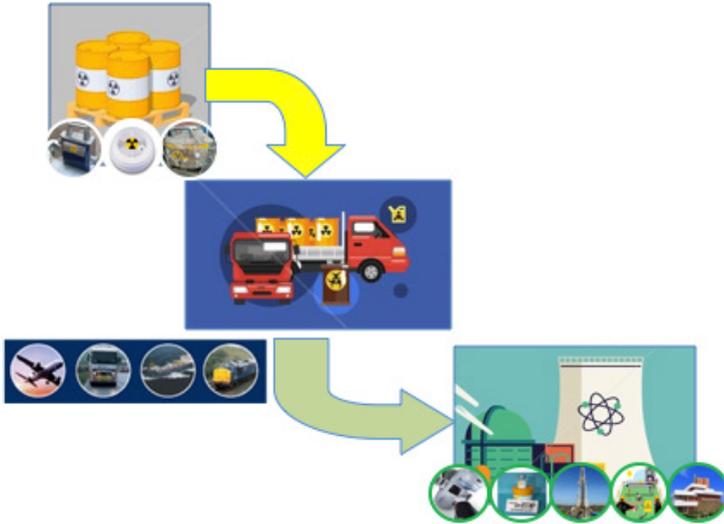
### 2.1 Pengertian Pengangkutan Zat Radioaktif

Sebagaimana telah disinggung pada Bab Pendahuluan, kegiatan pengangkutan zat radioaktif tidak dapat dipisahkan dari penggunaan zat radioaktif yang merupakan bagian dari pemanfaatan tenaga nuklir. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015, pengangkutan zat radioaktif mempunyai pengertian sebagai suatu kegiatan pemindahan zat radioaktif yang memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan teknis keamanan, dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan lalu lintas umum, dengan menggunakan sarana angkutan darat, air, atau udara [5].

Sarana angkutan darat yang dimaksud meliputi sarana angkutan jalan raya (mobil, truk, trailer) atau sarana angkutan kereta api yang berbasis pada jalur rel. Sarana angkutan air terdiri atas kapal, baik kapal laut maupun kapal penyeberangan sungai dan danau, sedangkan sarana angkutan udara, tentu saja berupa pesawat udara. Ilustrasi mengenai pengertian pengangkutan zat radioaktif diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Dalam berbagai kegiatan penggunaan zat radioaktif sangat dimungkinkan adanya pemindahan zat radioaktif dari suatu tempat ke tempat lain, mulai pada saat distribusi zat radioaktif baru dari produsen ke calon pengguna, mobilitas pada saat penggunaan antarlokasi atau fasilitas, hingga pada saat proses pelimbanan atau pengembalian sumber radioaktif tidak terpakai ke negara asal.

Zat radioaktif yang digunakan di Indonesia berasal dari produksi luar dan dalam negeri. Pertama, zat radioaktif yang diproduksi di luar negeri. Zat radioaktif dari negara lain masuk ke dalam negeri melalui proses importasi. Dalam proses importasi tentu saja diperlukan dukungan kegiatan pengangkutan zat radioaktif dari negara asal hingga titik lintas batas, baik melalui pelabuhan laut ataupun pelabuhan udara.



**Gambar 2.1 Ilustrasi pengertian pengangkutan zat radioaktif**

Dari pelabuhan laut atau bandara, zat radioaktif selanjutnya diangkut menuju fasilitas nuklir, baik fasilitas radiasi atau instalasi nuklir di mana zat radioaktif tersebut akan dipergunakan.

Adapun kemungkinan ke dua untuk zat radioaktif yang diproduksi di dalam negeri. Untuk zat radioaktif yang diproduksi di dalam negeri, dari lokasi pabrik di mana proses produksi dilakukan, zat radioaktif biasanya dikirimkan menuju lokasi penggunaan di berbagai daerah, wilayah, maupun pulau di tanah air. Kegiatan pengiriman tersebut juga tergolong sebagai pengangkutan zat radioaktif.

Untuk jenis kegiatan penggunaan zat radioaktif pada fasilitas yang tetap, biasanya tidak memerlukan perpindahan atau mobilitas zat radioaktif yang tinggi. Dengan kata lain, zat radioaktif akan dipergunakan pada suatu lokasi penggunaan yang tetap dan tidak pernah berpindah-pindah. Dengan demikian zat radioaktif tersebut tidak atau jarang diangkut kesana-kemari.

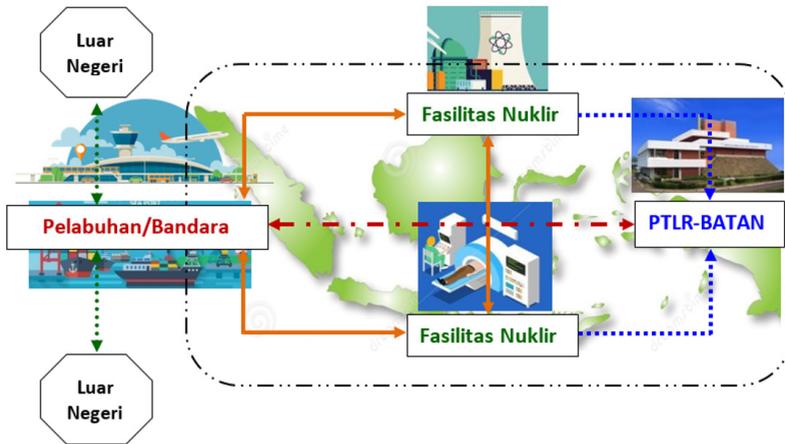
Kondisi di atas sangat berbeda dengan penggunaan zat radioaktif untuk kegiatan yang dilakukan pada fasilitas yang tidak tetap atau pada lokasi proyek yang berpindah-pindah. Kegiatan penggunaan zat radioaktif tersebut, mengharuskan dilakukannya pemindahan zat radioaktif dari satu lokasi ke lokasi lain yang sangat

tergantung dengan kebutuhan di lapangan. Kegiatan radiografi industri dan *well logging* merupakan dua contoh penggunaan zat radioaktif dengan mobilitas yang sangat tinggi. Untuk kedua jenis kegiatan di atas, pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif menjadi sebuah kebutuhan yang sangat mutlak dan dilakukan dengan frekuensi yang sangat tinggi. Dalam hal zat radioaktif sudah tidak efektif lagi untuk dimanfaatkan, ataupun dikarenakan sebab yang lain pengguna berniat tidak menggunakan lagi zat radioaktif yang dimilikinya, maka zat radioaktif bekas tersebut diistilahkan sebagai limbah radioaktif.

Ada dua rekomendasi kebijakan nasional dalam rangka pengelolaan limbah radioaktif berupa zat radioaktif bekas tersebut. Pilihan pertama, untuk setiap zat radioaktif yang pada awalnya dibeli atau diimpor dari luar negeri, zat radioaktif bekas sedapat mungkin dikembalikan atau direeksport ke negara asal sebagaimana perjanjian yang biasanya dibuat pada saat importasi dilakukan [6]. Pilihan ini senantiasa didorong oleh Pemerintah dalam rangka menghindari adanya penumpukan limbah radioaktif di dalam negeri berupa zat radioaktif yang diproduksi luar negeri, sekaligus untuk menghindarkan beban pengelolaan limbah radioaktif bagi generasi yang akan datang.

Dalam hal karena satu dan lain sebab, pilihan pengembalian atau reeksport zat radioaktif bekas tidak dapat dilakukan, maka pilihan ke dua harus dilaksanakan. Zat radioaktif bekas tersebut harus dilimbahkan atau dikirimkan ke fasilitas pengelolaan limbah radioaktif di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) di bawah kewenangan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang berada di Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang Selatan, Provinsi Banten [6].

Untuk zat radioaktif bekas yang pada awalnya berasal dari zat radioaktif yang diproduksi di dalam negeri, sudah tentu limbah radioaktif yang ditimbulkannya harus dikirimkan ke fasilitas PTLR di Serpong. Baik untuk proses reeksport ke negara asal maupun pengiriman limbah radioaktif ke fasilitas PTLR di Serpong, keduanya memerlukan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif. Gambar 2.2 mengilustrasikan berbagai kemungkinan kebutuhan pengangkutan zat radioaktif berkaitan dengan proses importasi, eksportasi, pengiriman antar fasilitas nuklir, pelimbahan, serta pengangkutan lintas batas yang melewati, singgah, maupun transit di wilayah hukum negara kita.



**Gambar 2.2** Berbagai kemungkinan kebutuhan pengangkutan zat radioaktif

Perlu dipahami bahwa pengertian fasilitas nuklir sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.2 melingkupi instalasi nuklir dan fasilitas radiasi. Instalasi nuklir merupakan instalasi yang menggunakan zat radioaktif berupa bahan nuklir lebih dominan dibandingkan zat radioaktif lain. Reaktor nuklir, instalasi produksi bahan bakar nuklir, dan instalasi penyimpanan atau pengelolaan bahan bakar nuklir bekas merupakan contoh dari suatu instalasi nuklir. Adapun fasilitas radiasi meliputi antara lain fasilitas produksi zat radioaktif, dan fasilitas penggunaan zat radioaktif di bidang medik, industri dan litbangyasa, maupun fasilitas pengelolaan limbah radioaktif. Beberapa contoh fasilitas radiasi, di antaranya unit kedokteran nuklir dan teleterapi di rumah sakit, fasilitas iradiator, fasilitas *well logging*, serta radiografi di bidang industri.

Di samping kebutuhan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif dalam rangka mendukung penggunaan zat radioaktif untuk berbagai keperluan di dalam negeri, keberadaan wilayah Indonesia yang secara geografis terletak pada jalur persilangan lalu lintas internasional yang sangat strategis (di antara Benua Asia dan Benua Australia, dan di antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik) menjadikan wilayah kita sering dilintasi pengangkutan zat radioaktif antar negara. Pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara sering dilakukan, baik sekadar melalui, ataupun dengan singgah dan transit.

Selain kebutuhan pengangkutan dalam rangka pelimbahan zat radioaktif bekas oleh penghasil limbah radioaktif dari fasilitas pengguna ke PTLR sebagaimana dijelaskan sebelumnya, terdapat pula kebutuhan pengangkutan dari fasilitas PTLR menuju pelabuhan laut atau bandara dalam rangka pengiriman bahan bakar nuklir bekas dari reaktor riset milik BATAN ke negara asal (reeksport bahan bakar nuklir bekas). Pada saat ini pengelolaan bahan bakar nuklir bekas dan fasilitas yang terkait dengannya berada di bawah tanggung jawab PTLR.

Terkait pengelolaan limbah radioaktif berupa sumber terbungkus bekas yang tidak digunakan, sumber terbungkus bekas tersebut dapat dikaji terlebih dahulu sebelum proses pengolahan lanjut sesuai ketentuan [6]. Kajian tersebut dilakukan dalam upaya meminimalisasi limbah dalam tahap pengelolaan selanjutnya. Dalam hal hasil kajian PTLR menyatakan suatu sumber terbungkus bekas dapat digunakan kembali (*reuse*) atau didaur ulang (*recycle*), maka terdapat kebutuhan pengangkutan zat radioaktif. Pengangkutan sumber terbungkus untuk tujuan penggunaan kembali atau daur ulang dilakukan dari PTLR menuju lokasi pengguna.

Di sisi lain, apabila di masa yang akan datang terdapat zat radioaktif produksi dalam negeri yang dieksport untuk dipergunakan di luar negeri, terdapat kemungkinan pengguna di luar negeri tersebut mengirimkan kembali zat radioaktif bekasnya ke Indonesia. Oleh karena itu terdapat kemungkinan dilakukannya pengangkutan zat radioaktif bekas dari pelabuhan laut atau pelabuhan udara menuju fasilitas PTLR di Serpong.

Perlu dipahami bersama, bahwa kebijakan internal BATAN menggariskan PTLR tidak lagi melaksanakan pengangkutan dalam rangka pelimbahan zat radioaktif bekas dari fasilitas pengguna menuju fasilitas PTLR. Peran PTLR sebagai pengangkut dalam rangka pengangkutan limbah radioaktif hanya dilakukan secara internal di lingkungan fasilitas yang dimiliki oleh BATAN saja. Namun demikian, dalam hal khusus seperti diketemukannya zat radioaktif tak bertuan (*orphan source*) atau kondisi mendesak yang menyangkut kepentingan umum terkait keselamatan radiasi dan keamanan sumber radioaktif, melalui koordinasi dengan BAPETEN, PTLR dapat mewakili institusi negara untuk mengamankan dan mengangkut zat radioaktif.

## 2.2 Prinsip Utama Pengangkutan Zat Radioaktif

Zat radioaktif merupakan bagian dari bahan atau barang berbahaya dan beracun yang lebih kita kenal sebagai bahan B3. Di dalam sistem klasifikasi barang berbahaya dan beracun, zat radioaktif diklasifikasikan dalam kelas 7.

Bahan B3 dikenal pula sebagai barang berbahaya (*dangerous good*), atau bahan berbahaya (*hazardous material*), atau barang khusus (*special material*). Bahan B3 memiliki pengertian setiap bahan atau barang yang dikarenakan sifat-sifat fisika dan kimianya mempunyai potensi risiko bahaya terhadap kesehatan dan keselamatan manusia, harta benda, dan kelestarian lingkungan hidup.

Tabel 2.1 menampilkan klasifikasi Bahan B3 secara lengkap sebagaimana ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) di dalam dokumen *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods; Model Regulation Vo.1* yang membagi barang berbahaya ke dalam 9 kelas berdasarkan ketersegeraan timbulnya dampak risiko (*immediately risk*) [7].

Potensi ketersegeraan timbulnya dampak risiko (*immediately risk*) zat radioaktif berada di peringkat ke-7, artinya dalam hal terjadi kegagalan penanganan yang memicu insiden atau kecelakaan, potensi bahaya radiasi masih dimungkinkan untuk dihindari atau diminimalisasi dibandingkan potensi bahaya akibat ledakan, kebakaran, ataupun paparan bahan kimia beracun [8]. Hal ini berkaitan dengan sifat bahaya radiasi yang dapat dihindari atau diminimalisasi dengan pengaturan jarak dan waktu paparan, serta penerapan perisai radiasi.

Semakin jauh jarak manusia dari sumber radiasi, semakin singkat terkena paparan, atau semakin terlindungi manusia oleh fitur perisai radiasi, maka dosis paparan radiasi yang diterimanya akan semakin kecil. Dengan demikian ketika terjadi insiden atau kecelakaan, personel maupun anggota masyarakat di sekitar tempat kejadian dapat menyelamatkan diri dari bahaya radiasi dengan cara menjauhi zat radioaktif, seminimal mungkin berada di medan radiasi, dan mencari fitur perisai pelindung yang ada di lokasi seperti tembok, pohon, ataupun kendaraan lain.

Namun demikian, mengingat keberadaan zat radioaktif senantiasa memancarkan radiasi pengion (sinar alpha, sinar beta, atau sinar gamma), potensi bahaya radiasi pada saat pelaksanaan

pengangkutan zat radioaktif harus menjadi perhatian utama dan sedapat mungkin diminimalisir. Setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif harus memenuhi semua persyaratan yang telah ditetapkan, baik aspek keselamatan radiasi maupun aspek keamanannya. Adapun simbol dari masing-masing kelas barang berbahaya yang dirujuk secara internasional ditampilkan pada Gambar 2.3.

**Tabel 2.1 Kelas Barang Berbahaya menurut PBB [7]**

Kelas	Sub Kelas	Sifat Bahaya	Contoh
1	-	Mudah meledak ( <i>explosives</i> )	Bahan peledak, mesiu
2	2.1	Gas mudah terbakar ( <i>flammable gases</i> )	Asitilin, LPG
	2.2	Gas tidak mudah terbakar, dan tidak beracun ( <i>non-flammable, non-toxic gases</i> )	Nitrogen, Karbon diooksida, gas pendingin
	2.3	Gas beracun ( <i>toxic gases</i> )	Gas Klorin, Ammonia
3	-	Cairan mudah terbakar ( <i>flammable liquids</i> )	Ethanol, methanol
4	4.1	Padat mudah terbakar ( <i>flammable solids</i> )	Belerang
	4.2	Dapat terbakar secara spontan ( <i>spontaneously combustible</i> )	Fosfor putih, karbon aktif
	4.3	Berbahaya dalam kondisi basah ( <i>dangerous when wet</i> )	Logam Sodium, Kalsium karbida
5	5.1	Bahan teroksidasi ( <i>oxidizing substances</i> )	Sodium peroksida, Kalsium hipoklorida
	5.2	Senyawa peroksida ( <i>organize peroxides</i> )	Methyl ethil keton peroksida
6	6.1	Bahan beracun ( <i>toxic substances</i> )	Sodium sianida
	6.2	Bahan dapat menular ( <i>infectious substances</i> )	Limbah klinis atau medik
7	-	Bahan radioaktif ( <i>radioactive substances</i> )	Co-60, Ir-192, Cs-137
8	-	Korosif ( <i>corrosives</i> )	Asam florida, Asam sulfat, Asam klorida
9	-	B3 tidak terklasifikasi ( <i>miscellaneous dangerous goods</i> )	Asbes, es kering



**Gambar 2.3 Simbol kelas barang berbahaya [4]**

Dari tinjauan aspek keselamatan radiasi, beberapa prinsip utama yang harus dipenuhi untuk setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, meliputi [9]:

- a. zat radioaktif tidak boleh keluar dari bungkusannya;
- b. paparan radiasi di permukaan bungkusannya pada batas aman;
- c. bahan nuklir yang diangkut senantiasa dalam kondisi subkritis;
- d. panas peluruhan yang timbul dapat dilepaskan secara sempurna.

Pengangkutan zat radioaktif harus dilakukan dengan menggunakan bungkusannya zat radioaktif (*radioactive package*). Dalam kondisi normal, insiden, bahkan jika terjadi kecelakaan, harus dijamin bahwa zat radioaktif tidak bocor, terlepas, ataupun keluar dari dalam bungkusannya tersebut.

Di samping zat radioaktif tidak boleh keluar dari bungkusannya, harus dipastikan pula bahwa laju paparan radiasi pada permukaan

luar bungkusan senantiasa dalam batas aman untuk keperluan penanganan, pada saat persiapan, pemuatan ke dalam kendaraan angkut, di tengah perjalanan, pembongkaran dari kendaraan angkut, hingga pada saat penerimaan. Laju paparan radiasi dalam batas aman ditujukan untuk memastikan keselamatan bagi setiap personel yang terlibat dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, maupun anggota masyarakat yang berada di sekitar bungkusan atau kendaraan angkut.

Khusus dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif berupa bahan nuklir, seperti uranium, thorium, dan plutonium, komposisi bahan beserta kondisi wadahnya harus dirancang sedemikian agar tidak terjadi reaksi pembelahan berantai secara spontan atau dalam kondisi subkritis. Dengan demikian tercapainya massa dan dimensi kritis harus senantiasa dihindari semenjak perencanaan desain bungkusan dan kesesuaian penggunaannya.

Dalam proses pemancaran radiasi atau peluruhan zat radioaktif, sangat dimungkinkan timbulnya panas peluruhan (*decay heat*). Hal ini terutama terjadi pada peluruhan inti atom berbagai produk fisi yang terdapat di dalam bahan bakar nuklir bekas (*spent nuclear fuel, SNF*). Keberadaan panas dapat menyebabkan terjadinya tegangan termal yang dapat mengakibatkan adanya degradasi struktur material bungkusan. Peristiwa ini dapat berpotensi menimbulkan keretakan ataupun kerusakan material bungkusan yang lebih parah hingga memicu kebocoran zat radioaktif maupun paparan radiasi. Kondisi tersebut harus dihindari dengan desain bungkusan yang menerapkan prinsip pendinginan konveksi alamiah ataupun dengan menambahkan fitur sistem pendinginan bungkusan khusus yang memadai.

Pemenuhan aspek keselamatan radiasi sebagaimana terurai di atas bertujuan untuk memastikan potensi bahaya radiasi yang menyertai zat radioaktif ditekan serendah mungkin sehingga semua pekerja, personel yang terlibat, serta anggota masyarakat, tidak menerima paparan radiasi yang tidak perlu, apalagi melebihi ketentuan yang berlaku.

Selain aspek keselamatan radiasi, aspek lain yang tidak kalah pentingnya untuk diterapkan dalam setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif adalah aspek keamanan. Pemenuhan aspek keamanan

dalam pengangkutan zat radioaktif berupa penerapan setiap tindakan untuk mencegah upaya pencurian, sabotase, pemindahan secara tidak sah, ataupun tindakan melawan hukum lainnya terhadap zat radioaktif yang sedang diangkut. Dengan demikian titik perhatian dari aspek keamanan justru untuk melindungi obyek angkut dari jangkauan pihak luar yang tidak berkepentingan.

Uraian lebih terperinci mengenai ketentuan dan persyaratan aspek keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif akan dipaparkan masing-masing pada Bab 4 mengenai teknis keselamatan radiasi dan Bab 5 mengenai teknis keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif.

### 2.3 Pengecualian Pemenuhan Persyaratan Pengangkutan Zat Radioaktif

Dalam hal tertentu, tidak semua pemindahan zat radioaktif harus memenuhi ketentuan atau persyaratan pengangkutan zat radioaktif, baik dari aspek keselamatan radiasi maupun aspek keamanan sebagaimana diatur dan ditetapkan di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif.

Beberapa pemindahan atau kepindahan zat radioaktif dikecualikan dari pemenuhan ketentuan atau persyaratan, atau dengan kata lain tidak termasuk ke dalam lingkup pengertian pengangkutan zat radioaktif. Pemindahan tersebut meliputi pemindahan [5]:

- a. zat radioaktif dalam suatu instalasi di satu kawasan tanpa melalui jaringan lalu lintas umum;
- b. zat radioaktif yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari peralatan pengangkutan;
- c. zat radioaktif yang terpasang atau melekat pada orang atau binatang untuk keperluan diagnosis atau terapi;
- d. barang konsumen yang mengandung zat radioaktif untuk digunakan oleh pengguna akhir;
- e. zat radioaktif hasil samping proses pertambangan atau kegiatan industri, (dikenal sebagai *TENORM*, *Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material*) yang konsentrasinya sama atau di bawah tingkat intervensi;
- f. uranium alam (*natural uranium*) atau uranium susut kadar (*depleted uranium*) yang tidak teriradiasi; dan

- g. uranium alam atau uranium susut kadar yang telah teriradiasi hanya di dalam reaktor nuklir non daya atau reaktor penelitian (*research reactor*).

Contoh pemindahan zat radioaktif di dalam suatu kawasan tanpa melalui jalanan umum banyak dilaksanakan pada kegiatan radiografi industri dan *well logging* pada suatu kawasan proyek industri yang sangat luas, misalnya di kawasan pertambangan, pengeboran migas, dan pengilangan minyak. Pemindahan zat radioaktif dari bunker tempat penyimpanan menuju lokasi penyinaran dalam satu kawasan tidak memerlukan persetujuan pengiriman dikarenakan tidak melalui jaringan lalu lintas umum.

Gambar 2.4 memperlihatkan kegiatan persiapan pemindahan zat radioaktif dalam kamera gamma untuk penggunaan uji tak rusak (kegiatan radiografi industri) di suatu kawasan instalasi pengolahan gas. Pengangkutan di dalam satu kawasan instalasi pengolahan gas dimaksud tergolong sebagai pengangkutan di dalam suatu kawasan tanpa melalui jalanan umum.



**Gambar 2.4** *Persiapan pemindahan zat radioaktif dalam satu kawasan tanpa melalui jaringan lalu lintas umum untuk pelaksanaan uji tak rusak*

Berkenaan dengan pemindahan zat radioaktif di suatu kawasan tanpa melalui jaringan lalu lintas umum, meskipun kegiatan tersebut tidak harus mengikuti ketentuan persyaratan pengangkutan tetapi tetap harus dilaksanakan sesuai dengan prosedur keselamatan radiasi yang berlaku pada suatu fasilitas atau instalasi penggunaan zat radioaktif. Prosedur tersebut menjadi bagian dan satu kesatuan dokumen Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi ataupun Laporan Analisis Keselamatan (LAK). Dengan demikian keselamatan

para personel terkait dan para pekerja lainnya, termasuk lingkungan sekitar tempat kerja tetap terjamin.

Selain dipergunakan energi radiasi yang terpancar dari inti atom maupun kulit atomnya, sifat-sifat fisika maupun kimia tertentu dari zat yang kebetulan radioaktif juga sering digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk yang melekat atau menyatu dengan kendaraan angkut. Salah satu contohnya adalah penggunaan logam uranium susut kadar untuk menjaga keseimbangan badan pesawat terbang. Ada juga penggunaan beberapa senyawa yang dapat memancarkan cahaya khas dalam kegelapan yang sering dipergunakan untuk menunjang navigasi suatu kendaraan angkut. Meskipun zat radioaktif yang digunakan memancarkan radiasi, tetapi energi yang dipancarkan berada di bawah batas aman yang telah ditentukan.

Untuk keperluan medik, khususnya di instalasi kedokteran nuklir, zat radioaktif telah banyak digunakan untuk terapi beberapa jenis penyakit, ataupun untuk analisis fungsi organ tubuh tertentu. Dalam kondisi tertentu, zat radioaktif disuntikkan atau di-inplan-kan di dalam jaringan dan organ tertentu, misalnya untuk keperluan brakhiterapi. Untuk keperluan ini, zat radioaktif dengan dosis radiasi yang tepat dimasukkan ke dalam jaringan tubuh untuk membunuh sel kanker. Persyaratan keselamatan untuk pasien yang diterapi maupun untuk melindungi paramedik dan dokter spesialis yang terlibat sangat ketat. Persyaratan tersebut juga termasuk ketentuan mengenai aktivitas maksimum pada saat seorang pasien diperbolehkan keluar dari ruang karantina dan dapat beraktivitas di area publik yang bersentuhan dengan orang lain. Keberadaan zat radioaktif sisa yang akan segera meluruh di dalam tubuh pasien tersebut tidak perlu memenuhi persyaratan keselamatan radiasi selama berpindah-pindah lokasi karena sebelumnya telah dipastikan dengan pemenuhan persyaratan keselamatan radiasi pada saat penanganan pasien di lingkungan instalasi kedokteran nuklir.

Barang konsumen yang mengandung zat radioaktif banyak beredar di tengah masyarakat. Meskipun di dalamnya terdapat zat radioaktif, akan tetapi aktivitas atau konsentrasi aktivitas yang dipergunakan biasanya pada kisaran batas pengecualian. Di samping itu, untuk penggunaan zat radioaktif tertentu telah dikemas sebagai sumber terbungkus yang telah memenuhi standar desain yang memastikan paparan radiasi pada permukaan barang konsumen maupun pada jarak 1 meter berada di bawah batas aman keselamatan yang berlaku.

Beberapa contoh barang konsumen yang mengandung zat radioaktif yang beredar bebas di tingkat konsumen di antaranya detektor asap (*smoke detector*), kaos lampu, lampu HID (*High Intensity Discharge*) [10], juga beberapa peralatan berpendar yang mengandung radionuklida. Kaos lampu petromak sebagai contoh barang konsumen diperlihatkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Kaos lampu pada lampu petromaks merupakan barang konsumen yang mengandung zat radioaktif Thorium [11], [12]**

Dalam kondisi jumlah barang konsumen yang akan diangkut banyak, misalnya di tingkat importir atau distributor, maka semua ketentuan keselamatan radiasi dan keamanan tetap harus dipatuhi pada saat pengangkutannya.

Beberapa zat radioaktif secara alamiah hadir pada lapisan-lapisan batuan dan kerak bumi. *Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material* atau *TENORM* merupakan produk samping (*tailing*) dari proses pertambangan atau kegiatan industri yang terakumulasi sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi konsentrasi aktivitas yang juga meningkatkan laju paparan radiasi yang terjadi. Dalam batas konsentrasi aktivitas lebih kecil atau sama dengan 1 Bq/g, radionuklida dapat diabaikan dari potensi risiko bahaya radiasi. Dengan demikian, untuk keperluan pengangkutannya juga dianggap aman.

Pada kegiatan pertambangan timah dihasilkan produk samping berupa *tin slag*. *Tin slag* banyak mengandung *TENORM* berupa monasit yang merupakan perpaduan berbagai mineral radioaktif alam, seperti uranium dan thorium alam. Di dalam proses pengeboran

yang banyak dilakukan pada industri minyak bumi dan gas (migas), *TENORM* turut tersedot ke permukaan dan seringkali menjadi kerak keras yang menyumbat pipa. Gambar 2.6 menampilkan contoh pipa yang mengandung *TENORM* yang ditimbulkan pada kegiatan pengeboran migas.



**Gambar 2.6 Kerak *TENORM* pada pipa-pipa di industri migas [13]**

Unsur uranium hadir secara alamiah dalam deposit mineral. Sebagai bahan dasar untuk pembuatan bahan bakar nuklir, pancaran radiasi dari uranium alam dapat diabaikan. Adapun uranium susut kadar merupakan uranium dengan konsentrasi isotop U-235 di bawah konsentrasi 0,72%. Uranium susut kadar merupakan sisa proses pada saat dilakukan pengkayaan uranium (*uranium enrichment*) untuk meningkatkan konsentrasi U-235 dari konsentrasi 0,72% menjadi konsentrasi yang lebih tinggi. Pengangkutan uranium alam dan uranium susut kadar dipandang dari sisi potensi bahaya radiasi sangat aman.

Selain teknologi reaktor nuklir berbahan bakar bahan nuklir berupa uranium yang diperkaya, terdapat tipe reaktor nuklir berupa reaktor daya (*power reactor, nuclear power plant*) berbahan bakar uranium alam yang tidak melalui proses pengkayaan seperti Reaktor CANDU (*Canadian Deuterium Uranium Reactor*). Keberadaan uranium dalam bahan bakar nuklir bekas dari tipe reaktor tersebut memiliki tingkat bahaya radiasi yang sangat tinggi dengan keberadaan

zat radioaktif produk fisi (*fission product*). Dengan demikian ketentuan serta persyaratan pengangkutannya sangat ketat. Hal ini sangat berbeda dengan uranium alam maupun susut kadar yang diiradiasi pada reaktor non daya atau reaktor riset yang tidak memiliki tingkat bahaya radiasi yang signifikan.

Ruang lingkup pengaturan maupun pengecualian pemenuhan persyaratan terhadap aspek keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif tentu secara prinsip berkenaan dengan obyek sumber radiasi pengion berupa zat radioaktif. Hal tersebut menegaskan bahwa ketentuan keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif tidak berlaku untuk obyek sumber radiasi pengion berupa pembangkit atau generator radiasi pengion. Beberapa sumber radiasi pengion berupa pembangkit radiasi pengion, di antaranya adalah pesawat sinar-X, akselerator, dan siklotron.

Ada perbedaan mendasar antara zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion. Dari sisi kontinuitas pancaran radiasinya, zat radioaktif memancarkan radiasi secara terus menerus. Pancaran radiasi tersebut senantiasa berlangsung, baik pada saat zat radioaktif dipergunakan ataupun tidak digunakan, termasuk pada saat pengangkutan berlangsung. Hal ini berkaitan dengan ketidakstabilan atom (baik pada inti maupun kulit atom) yang terus mengalami proses peluruhan untuk mencapai tingkat kestabilan atom.

Adapun pancaran radiasi pada pembangkit radiasi pengion dihasilkan dari fenomena percepatan partikel elementer, semisal elektron. Elektron yang berada di antara dua plat dengan beda potensial yang tinggi akan tertarik ke kutub positif (anoda) dengan kecepatan tinggi. Pada saat elektron menumbuk plat anoda timbullah perlucutan sinar-X. Rangkaian peristiwa tersebut mengindikasikan bahwa radiasi pengion yang berasal dari suatu pembangkit radiasi pengion hanya akan terpancar apabila peralatan pembangkitannya dihidupkan dengan dukungan catu daya. Apabila dukungan catu daya tersebut diputus atau dimatikan, maka sama sekali tidak ada radiasi pengion yang terpancar.

Dalam proses pengangkutan atau pemindahan pesawat sinar-X maupun pembangkit radiasi pengion lain tentu sistem catu daya dalam kondisi mati sehingga sama sekali tidak ada radiasi pengion yang terpancar. Dengan demikian obyek pembangkit radiasi pengion yang diangkut tidak beda sebagaimana benda, barang, perangkat

atau peralatan logam lainnya yang tidak memerlukan pemenuhan persyaratan keselamatan radiasi dan keamanan.

Dengan memperhatikan dan mempertimbangkan pesatnya peningkatan pengangkutan zat radioaktif di dalam negeri maupun ramainya perlintasan zat radioaktif antar negara yang melewati wilayah kita, hal tersebut mengharuskan Pemerintah menetapkan dan menerapkan kebijakan nasional dalam rangka memastikan terjaminnya keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif, baik untuk pekerja, anggota masyarakat secara umum, maupun untuk memastikan kelestarian lingkungan hidup bagi kepentingan bersama.

# BAB 3

## LANDASAN HUKUM PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

### 3.1 Dasar Hukum

Negara Kesatuan Republik Indonesia adalah negara hukum. Setiap penyelenggaraan kehidupan berbangsa dan bernegara senantiasa berlandaskan nilai dan pranata hukum. Peraturan perundang-undangan, mulai dari Undang-undang Dasar 1945, Undang-undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, Peraturan Menteri atau Kepala Lembaga, Peraturan Daerah dan lain sebagainya merupakan perangkat pranata hukum. Perangkat tersebut dibutuhkan dalam rangka memelihara tertib hukum untuk mewujudkan ketentraman dan kesejahteraan seluruh warga negara. Mempertimbangkan sangat pentingnya peran dan fungsi perangkat peraturan perundang-undangan, maka semua bidang atau kegiatan yang berkaitan dengan hajat hidup warga negara diatur dalam peraturan perundang-undangan.

Berkenaan dengan pemanfaatan tenaga nuklir, telah ditetapkan Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran [14]. Undang-undang tersebut merupakan landasan hukum dalam setiap kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir di tanah air. Pemanfaatan tenaga nuklir bertujuan mendayagunakan sebesar-besarnya potensi tenaga nuklir untuk sebesar-besarnya peningkatan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 sejatinya merupakan pokok-pokok garis kebijakan nasional yang disepakati sebagai kebijakan nasional dalam pemanfaatan tenaga nuklir di tanah air.

Salah satu butir kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir yang tidak terpisahkan dari penggunaan zat radioaktif adalah kegiatan pengangkutan zat radioaktif. Mengingat potensi risiko bahaya radiasi yang menyertai keberadaan zat radioaktif (termasuk pada saat diangkut), maka untuk memastikan risiko bahaya tersebut tidak mengganggu keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan ketentraman masyarakat luas perlu ditetapkan perangkat peraturan perundang-undangan yang lebih teknis dan rinci.

Sebagai penjabaran lebih teknis dan rinci dari Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif, telah ditetapkan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif [5].

### 3.2 Kebijakan Nasional

Kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir merupakan bagian integral dari program pembangunan nasional. Arah, tujuan, dan sasaran setiap program pembangunan nasional harus mengikat komitmen semua pemangku kepentingan yang dirumuskan dalam wujud suatu kebijakan nasional. Kebijakan nasional merupakan kebijakan negara yang bersifat fundamental dan strategis dalam pencapaian tujuan nasional atau negara sebagaimana tertera dalam Pembukaan Undang-Undang Dasar 1945 yang dijabarkan lebih lanjut sebagai program pembangunan nasional.

Tujuan pembuatan kebijakan nasional pada dasarnya untuk mewujudkan ketertiban dalam masyarakat, melindungi hak-hak masyarakat, mewujudkan ketentraman dan kedamaian dalam masyarakat, dan pada akhirnya untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat. Agar memiliki kekuatan hukum yang kuat, maka kebijakan tersebut kemudian ditetapkan dalam bentuk peraturan perundang-undangan.

Dengan demikian, keberadaan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif merupakan salah satu wujud kebijakan nasional yang telah digariskan oleh pemerintah dalam rangka memastikan terwujudnya keselamatan dan keamanan, baik untuk pekerja dan personel yang terlibat, anggota masyarakat umum, maupun untuk menjamin kelestarian lingkungan hidup berkaitan dengan kegiatan pengangkutan zat radioaktif.

Arah dan kebijakan nasional dalam ruang lingkup keselamatan dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif harus dipahami secara baik, dimengerti secara mendalam, dan dilaksanakan secara tepat oleh setiap pemangku kepentingan, baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dengan kegiatan tersebut. Para pihak, meliputi pengirim, pengangkut, penerima, Petugas Proteksi Radiasi, otoritas bandara atau pelabuhan laut, Kementerian Perhubungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan,

Kementerian Kesehatan, Direktorat Jenderal Bea dan Cukai, BATAN, hingga BAPETEN merupakan pihak-pihak yang berkaitan langsung dengan pengangkutan zat radioaktif.

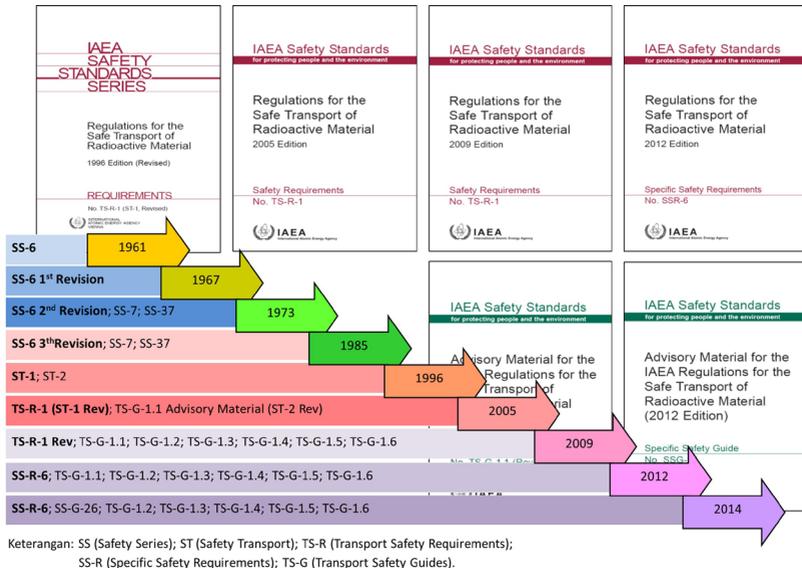
### 3.3 Sejarah Landasan Hukum Pengangkutan Zat Radioaktif

Sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari pemanfaatan tenaga nuklir, kegiatan pengangkutan zat radioaktif telah hadir di tanah air semenjak negara kita memulai pemanfaatan tenaga atom pada akhir dekade tahun 50-an. Seiring dengan diberlakukannya Undang-undang Nomor 31 Tahun 1964 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Tenaga Atom [15], ditetapkan Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 1975 tentang Pengangkutan Zat Radioaktif [16]. Ruang lingkup pengaturan Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 1975 mencakup pembungkusan, persiapan dan pelaksanaan pengangkutan, pemeriksaan bungkusan, penanganan kecelakaan, serta kewajiban para pihak, meliputi pengirim, pengangkut, dan penerima.

Dalam rangka mengakselerasi pemanfaatan tenaga nuklir untuk mendukung penyediaan energi listrik guna mendorong peningkatan kesejahteraan rakyat dalam wujud pembangunan dan pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), ditetapkan Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran sebagai pengganti Undang-undang Pokok Tenaga Atom. Khusus pengaturan mengenai pengangkutan zat radioaktif, sebagai penjabaran lebih lanjut Undang-undang Ketenaganukliran, Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 1975 diamandemen menjadi Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif [17]. Muatan pengaturan di dalam Peraturan Pemerintah ini mencakup ketentuan perizinan, kewajiban dan tanggung jawab para pihak, pembungkusan, program proteksi radiasi, pelatihan, program jaminan kualitas, jenis dan batas aktivitas zat radioaktif, zat radioaktif dengan sifat bahaya lain, serta penanggulangan keadaan darurat.

Penyusunan Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif mengacu dokumen *International Atomic Energy Agency Safety Transport Number 1 on Regulation for the Safe Transport of Radioactive Material* (IAEA-S-T-1, 1996 Edition) [18]. Dengan demikian tentu saja Peraturan Pemerintah tersebut mengedepankan pemenuhan persyaratan pengangkutan zat radioaktif dari aspek keselamatan radiasi.

Dari tahun ke tahun, standar persyaratan keselamatan radiasi yang diterbitkan oleh IAEA terus diperbaiki dan disempurnakan. Selain standar persyaratan keselamatan radiasi, IAEA juga mengembangkan dokumen dalam bentuk pedoman sebagai panduan untuk mencapai pemenuhan terhadap persyaratan yang ditetapkan di dalam standar terkait. Perkembangan standar persyaratan dan dokumen mengenai pengangkutan zat radioaktif yang diterbitkan oleh IAEA dari tahun ke tahun hingga saat ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Perkembangan standar internasional mengenai keselamatan radiasi untuk pengangkutan zat radioaktif dari IAEA [8]**

Dalam perkembangan selanjutnya, sebagai respons kejadian penyerangan terhadap Menara Kembar WTC di New York pada 11 September 2001, masyarakat internasional mulai menaruh perhatian terhadap aspek keamanan dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam hal penggunaan dan pengangkutan zat radioaktif.

Berangkat dari isu potensi ancaman keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif, IAEA menerbitkan tiga dokumen utama, yaitu *IAEA Nuclear Security Series Number 9 on Security in the Transport of Radioactive Material* (IAEA-NSS-9) [19], *IAEA Nuclear Security Series Number 11 on Security of Radioactive Sources*

(IAEA-NSS-11) [20], dan *IAEA Nuclear Security Series Number 13 Nuclear Security Recommendation on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities* (INFCIRC/225/Revision 5) (IAEA-NSS-13) [21].

Dokumen IAEA-NSS-9 merupakan standar persyaratan keamanan untuk pengangkutan sumber radioaktif atau zat radioaktif bentuk khusus. Dokumen IAEA-NSS-11 merupakan standar persyaratan keamanan sumber radioaktif (khusus berkaitan dengan sumber terbungkus), namun di dalamnya juga terdapat ketentuan untuk pengangkutan sumber terbungkus tersebut. Adapun dokumen IAEA-NSS-13 menetapkan standar persyaratan proteksi fisik untuk bahan nuklir dan instalasi nuklir, termasuk di dalamnya mencakup persyaratan keamanan atau proteksi fisik untuk pengangkutan bahan nuklir. Termasuk ke dalam pengertian bahan nuklir adalah bahan fisil dan Uranium Heksaflorida ( $UF_6$ ).

Di sisi yang lain, dinamika pertumbuhan penggunaan dan pengangkutan zat radioaktif di dalam negeri yang berlangsung pesat juga memerlukan pembenahan dan pembaharuan pengaturan yang lebih progresif, komprehensif, dan mampu terap. Berdasarkan dua alasan utama sebagaimana terurai di atas, diundangkanlah Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif pada 10 Agustus 2015.

Di samping memperkuat pengaturan mengenai aspek persyaratan keselamatan radiasi, Peraturan Pemerintah yang terbaru tersebut telah dilengkapi dengan pengaturan terkait aspek keamanan dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif. Secara lengkap, ruang lingkup pengaturan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 meliputi klasifikasi jenis zat radioaktif, teknis keselamatan radiasi, teknis keamanan, manajemen pengangkutan, sistem kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan, serta penatalaksanaan pengangkutan zat radioaktif [5].

Selain keberadaan peraturan perundang-undangan di tingkat peraturan pemerintah, pengaturan yang lebih detail dan teknis berkaitan dengan kegiatan pengangkutan zat radioaktif telah ditetapkan di tingkat Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (PERKA BAPETEN). Beberapa PERKA BAPETEN yang berkaitan dengan pengaturan keselamatan maupun keamanan untuk kegiatan pengangkutan zat radioaktif dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Peraturan Kepala BAPETEN terkait pengangkutan zat radioaktif**

No.	Perka BAPETEN	Tentang	Keterangan <sup>*)</sup>
1.	Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 1999 [22]	Ketentuan Keselamatan untuk Pengangkutan Zat Radioaktif	merupakan adopsi dari IAEA-ST-1 Edisi 1996 (dalam proses revisi)
2.	Peraturan Kepala BAPETEN No. 05P Tahun 2000 [23]	Pedoman Persyaratan untuk Pengangkutan Zat Radioaktif	merupakan adopsi dari IAEA-ST-2 Edisi 1996 (dalam proses revisi)
3.	Peraturan Kepala BAPETEN No. 03P Tahun 2003 [24]	Persyaratan Laboratorium Uji Bungkusan Zat Radioaktif Tipe A dan Tipe B	(dalam proses finalisasi revisi)
4.	Peraturan Kepala BAPETEN No. 1 Tahun 2010 [25]	Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan	termasuk mengatur kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan dalam pengangkutan zat radioaktif
5.	Peraturan Kepala BAPETEN No. 1 Tahun 2009 [26]	Sistem Proteksi Fisik Bahan Nuklir dan Instalasi Nuklir	termasuk mengatur sistem proteksi fisi dalam pengangkutan bahan nuklir
6.	Peraturan Kepala BAPETEN No. 6 Tahun 2015 [27]	Keamanan Sumber Radioaktif	termasuk mengatur keamanan sumber radioaktif dalam pengangkutan zat radioaktif

\*) kondisi pada saat buku disusun

Seiring dengan muatan pengaturan yang telah ditetapkan di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif (sebagai landasan hukum dan kebijakan nasional terbaru), maka peraturan-peraturan di tingkat PERKA BAPETEN akan ditinjau ulang atau diamandemen berdasarkan ketentuan standar internasional yang terkini.

# BAB 4

## TEKNIS KESELAMATAN RADIASI PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Ketentuan mengenai teknis keselamatan radiasi merupakan persyaratan pengangkutan zat radioaktif dari aspek proteksi dan keselamatan radiasi yang harus dipenuhi, mulai pada saat penyiapan bungkusan, pemuatan dan penempatan bungkusan di kendaraan angkut, termasuk pelaksanaan transit di tengah perjalanan. Di dalamnya juga diatur ketentuan mengenai program proteksi dan keselamatan radiasi sebagai acuan tindakan proteksi radiasi untuk meminimalisasi timbulnya bahaya radiasi yang menyertai zat radioaktif.

Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, ketentuan mengenai aspek teknis keselamatan radiasi diatur di dalam Pasal 5 sampai dengan Pasal 42, mencakup pengaturan mengenai zat radioaktif dalam pengangkutan, pengaturan bungkusan, program proteksi dan keselamatan radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif, serta penempatan bungkusan selama pengangkutan zat radioaktif dan penyimpanan bungkusan selama transit [5]. Namun demikian, untuk melandasi pengetahuan mengenai aspek teknis keselamatan radiasi perlu dipahami pengertian istilah dan klasifikasi zat radioaktif dalam pengangkutan zat radioaktif sebagaimana diatur di dalam Pasal 1 sampai dengan Pasal 4.

### 4.1 Klasifikasi Zat Radioaktif

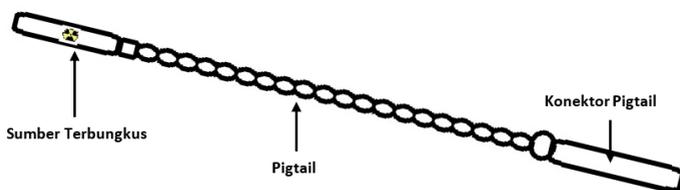
Zat radioaktif merupakan obyek inti yang menentukan keselamatan radiasi. Potensi risiko bahaya radiasi berasal dari zat radioaktif. Setiap pemangku kepentingan yang terlibat dalam pengangkutan zat radioaktif sepatutnya mengetahui, memahami, dan mengerti mengenai jenis-jenis zat radioaktif berdasarkan klasifikasinya untuk keperluan penanganan pada saat penyiapan bungkusan, pemuatan dan penempatan bungkusan di kendaraan angkut, transit di tengah perjalanan, hingga pembongkaran dari kendaraan angkut dan serah terima kepada penerima.

Untuk tujuan kebutuhan penanganan zat radioaktif dalam rangkaian kegiatan pengangkutan zat radioaktif, zat radioaktif diklasifikasikan menjadi 6 (enam) jenis, meliputi Zat Radioaktif Bentuk Khusus (*Special Form Radioactive Material*), Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah (*Low Dispersible Radioactive Material*), Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (*Low Specific Activity Radioactive Material*), Benda Terkontaminasi Permukaan (*Surface Contaminated Object*), Bahan Fisil (*Fissile Material*), dan Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) [5].

#### 4.1.1 Zat Radioaktif Bentuk Khusus

Zat Radioaktif Bentuk Khusus (*Special Form Radioactive Material*) sering disebut pula sebagai sumber radioaktif terbungkus (*sealed radioactive source*) ataupun zat radioaktif tidak dapat menyebar (*indispersible radioactive material*) [8]. Zat Radioaktif Bentuk Khusus berbentuk padat, baik yang terbungkus dalam kapsul maupun yang tidak terbungkus.

Beberapa contoh Zat Radioaktif Bentuk Khusus, meliputi sumber radioaktif Co-60 untuk iradiator, sumber radioaktif Ir-192 untuk radiografi industri, dan sumber radioaktif Co-60 untuk teleterapi di bidang kesehatan. Ketiga contoh sumber radioaktif tersebut memiliki aktivitas yang tinggi, dari orde puluhan hingga ribuan Curie. Wujud Zat Radioaktif Bentuk Khusus yang dipergunakan untuk kegiatan radiografi industri ditampilkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Sumber terbungkus (Zat Radioaktif Bentuk Khusus) [8]**

Zat Radioaktif Bentuk Khusus mempersyaratkan pemenuhan kriteria desain yang sangat presisi dan ketat. Sebelum diproduksi secara massal, desainer atau produsen Zat Radioaktif Bentuk Khusus harus mendapatkan sertifikat persetujuan desain dari Badan Pengawas terlebih dahulu terhadap prototipe yang dirancang. Demikian halnya pada saat proses produksi dilaksanakan, setiap

produk Zat Radioaktif Bentuk Khusus harus dilengkapi dengan salinan sertifikat persetujuan desain tersebut.

Untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus yang diproduksi di dalam wilayah negara Republik Indonesia, persetujuan sertifikat desain diterbitkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Adapun untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus yang diproduksi di luar negeri, maka sertifikat persetujuan desain diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas di negara tempat proses produksi tersebut dilakukan.

Dalam hal Zat Radioaktif Bentuk Khusus yang diproduksi di luar negeri akan diimpor ke dalam negeri, sebagai bagian dari proses penerbitan persetujuan impor, BAPETEN melakukan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain dari negara asal terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan sebagai dasar untuk memberikan atau menolak permohonan importasi yang diajukan. Demikian halnya untuk proses pengajuan persetujuan pengiriman dalam rangka pelaksanaan pengangkutannya.

Parameter yang sangat penting berkaitan dengan Zat Radioaktif Bentuk Khusus terkait penentuan atau pemilihan bungkusan yang akan digunakan dalam pelaksanaan pengangkutan adalah nilai  $A_1$ . Nilai  $A_1$  merupakan nilai batas aktivitas maksimum suatu Zat Radioaktif Bentuk Khusus masih dapat diangkut menggunakan bungkusan Tipe A [8]. Dalam hal aktivitas suatu Zat Radioaktif Bentuk Khusus melampaui nilai  $A_1$ -nya, maka Zat Radioaktif Bentuk Khusus tersebut harus diangkut menggunakan bungkusan Tipe B, atau Tipe C, atau bungkusan dengan suatu pengaturan khusus (*special arrangement*). Nilai  $A_1$  untuk setiap zat radioaktif bentuk khusus dalam satuan TBq ( $10^{12}$  peluruhan inti atom per detik) disajikan di dalam tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida [5] sebagaimana tercantum pada Lampiran buku ini.

#### 4.1.2 Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah

Istilah Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah diadopsi dari *Low Dispersible Radioactive Material*. Berbeda dengan Zat Radioaktif Bentuk Khusus yang dipersyaratkan sama sekali tidak dapat sebar, dalam derajat yang sangat terbatas zat radioaktif ini dimungkinkan dapat menyebar, khususnya dikarenakan adanya proses pelindian dengan cairan senyawa tertentu terhadap butir ataupun matriks penyusun zat radioaktif [8].

Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah masih sangat terbatas dan tidak banyak dipergunakan di lapangan. Meskipun kriteria ketentuan desain zat radioaktif ini sudah diberikan oleh IAEA, namun hanya sedikit sekali negara yang memproduksi maupun mempergunakannya. Dengan demikian contoh ataupun seperti apakah wujud Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah tidak diketahui secara luas. Ketentuan mengenai sertifikat persetujuan desain sebagaimana Zat Radioaktif Bentuk Khusus juga diberlakukan untuk Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah.

Parameter yang sangat penting berkaitan dengan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah (merupakan bagian dari zat radioaktif bukan bentuk khusus, *non-special form*) untuk penentuan atau pemilihan bungkusan yang akan digunakan dalam pelaksanaan pengangkutan adalah nilai  $A_2$ . Nilai  $A_2$  merupakan nilai batas aktivitas maksimum suatu zat radioaktif bukan bentuk khusus masih dapat diangkut menggunakan bungkusan Tipe A [8]. Dalam hal aktivitas suatu zat radioaktif bukan bentuk khusus melampaui nilai  $A_2$ -nya, maka zat radioaktif bukan bentuk khusus tersebut harus diangkut menggunakan bungkusan Tipe B, atau Tipe C, atau bungkusan dengan suatu pengaturan khusus (*special arrangement*).

**Tabel 4.1 Nilai Dasar Radionuklida atau Campuran Radionuklida yang Tidak Diketahui [5]**

Isi Radioaktif	$A_1$	$A_2$	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Hanya nuklida yang memancarkan beta atau gamma	0,1	0,02	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
Hanya nuklida yang memancarkan alpha	0,2	$9 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$
Tidak terdapat data yang relevan	0,001	$9 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$

Nilai  $A_2$  untuk setiap zat radioaktif bukan bentuk khusus dalam satuan TBq ( $10^{12}$  peluruhan inti atom per detik) disajikan di dalam

tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida sebagaimana tercantum pada Lampiran buku ini.

Di samping besarnya nilai  $A_1$  dan  $A_2$  untuk setiap zat radioaktif, tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida pada bagian Lampiran sebagaimana tersebut di atas juga mencantumkan batasan konsentrasi aktivitas untuk zat radioaktif dikecualikan dan batas aktivitas untuk pengecualian pengiriman [5]. Batasan konsentrasi untuk zat radioaktif dikecualikan merupakan nilai batas maksimum suatu zat radioaktif dikecualikan dari pengawasan dalam pengertian tidak memerlukan persyaratan keselamatan radiasi dan tidak diawasi oleh Badan Pengawas. Adapun nilai batas untuk barang kiriman dikecualikan merupakan nilai aktivitas maksimum suatu zat radioaktif yang pengangkutannya tidak memerlukan persetujuan pengiriman dari Badan Pengawas.

#### 4.1.3 Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah

Besaran aktivitas jenis atau konsentrasi aktivitas merupakan nilai aktivitas suatu radionuklida dibagi dengan massa atau volumenya. Aktivitas merupakan besaran yang menyatakan jumlah inti atom yang mengalami peluruhan setiap detiknya. Besaran aktivitas jenis tersebut ditentukan dengan asumsi atau pendekatan yang menganggap bahwa radionuklida terdistribusi secara merata atau homogen di dalam keseluruhan kontrol massa atau volume yang diamati.

Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (*Low Dispersible Radioactive Material*) dengan demikian memiliki aktivitas jenis rendah. Seberapa batasan aktivitas radionuklida dikatakan rendah tidak dikuantifikasikan secara jelas. Namun demikian suatu radionuklida dikatakan memiliki aktivitas jenis rendah apabila dalam penanganan radionuklida tersebut tidak diperlukan penahan radiasi [8]. Berdasarkan kisaran tingkat aktivitas jenisnya, Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (AJR) dikelompokkan menjadi Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah-I (AJR-I), Aktivitas Jenis Rendah-II (AJR-II), dan Aktivitas Jenis Rendah-III (AJR-III) [9]. Tabel 4.2 memperlihatkan contoh Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah berdasarkan tiga pengelompokan tersebut di atas.

Parameter nilai  $A_2$  sebagaimana dimaksud di dalam Tabel 4.2 merupakan nilai batas aktivitas maksimum suatu zat radioaktif bukan bentuk khusus (*non-special form radioactive*

*material*) masih dapat diangkut menggunakan bungkusan Tipe A mengacu nilai  $A_2$  sebagaimana tercantum di dalam tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida sebagaimana tercantum pada Lampiran. Hal ini menegaskan pula bahwa Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah tergolong sebagai zat radioaktif bukan bentuk khusus.

**Tabel 4.2 Pengelompokan Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (AJR) [8]**

AJR	Contoh AJR
AJR-I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bahan galian atau konsentrat uranium dan thorium, dan bahan galian lain yang mengandung radionuklida alam yang akan diproses untuk penggunaan radionuklidanya;</li> <li>• uranium alam, uranium susut kadar, thorium alam (termasuk dalam bentuk campuran atau senyawa padat ataupun cair yang belum teriradiasi);</li> <li>• zat radioaktif dengan nilai <math>A_2</math> tidak terbatas, kecuali <i>bahan fisil</i> dalam kuantitas yang tidak dikecualikan;</li> <li>• zat radioaktif lain di mana aktivitas didistribusikan secara merata dimana aktivitas jenis rata-rata yang diperkirakan tidak melebihi 30 (tiga puluh) kali nilai aktivitas jenis yang dipersyaratkan, kecuali untuk dalam jumlah yang tidak dikecualikan.</li> </ul>
AJR-II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• air dengan konsentrasi tritium di bawah 0,8 TBq/liter; atau</li> <li>• zat lain dengan aktivitas atau aktivitas jenis tidak melebihi <math>10^{-4} A_2/g</math> untuk zat padat dan gas, atau <math>10^{-5} A_2/g</math> untuk cairan.</li> </ul>
AJR-III	<p>Zat radioaktif berupa padatan bukan dalam bentuk serbuk (limbah kompak, benda teraktivasi) di mana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zat radioaktif terdistribusi dalam material padat yang kompak (seperti beton, aspal, keramik, dll.);</li> <li>• zat radioaktif yang cukup mudah terlarut atau dalam matrik yang mudah terlarut sehingga jika pembungkusan terbuka, aktivitas terlarut akibat pelindian dalam waktu tujuh hari tidak melebihi <math>0,1 A_2</math>;</li> <li>• zat radioaktif padat dengan perkiraan aktivitas jenis tidak melebihi <math>2 \times 10^{-3} A_2/g</math>.</li> </ul>

Uranium alam ditambang untuk bahan bakar nuklir. Bahan bakar nuklir digunakan untuk mengoperasikan reaktor nuklir, baik untuk tujuan penelitian maupun pembangkitan listrik. Bahan galian uranium alam dimurnikan dari mineral lain untuk mendapatkan konsentrat uranium alam yang sering disebut sebagai *yellow cake*. Baik mineral dasar maupun konsentrat uranium masih digolongkan sebagai Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (AJR-I). Gambar 4.2 memperlihatkan wujud *yellow cake* sebagaimana diuraikan di atas.



**Gambar 4.2 Yellow cake sebagai hasil ekstraksi bahan galian nuklir merupakan contoh AJR-I [28]**

Contoh lain Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah adalah *TENORM*. *TENORM* atau *Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material* merupakan mineral sisa (*tailing*) sebagai hasil samping suatu aktivitas penambangan bahan atau galian mineral yang mengandung mineral radioaktif alam. Secara umum, dalam batuan atau mineral terkandung mineral radioaktif alam. Kegiatan penambangan bahan mineral menimbulkan terjadinya akumulasi konsentrasi mineral radioaktif alam. Dalam tingkatan tertentu, akumulasi konsentrasi mineral radioaktif alam tersebut harus mendapatkan perhatian dari sisi proteksi dan keselamatan radiasi.

*Tin slag* merupakan *TENORM* sebagai produk samping penambangan timah yang banyak mengandung monasit. Komposisi monasit antara lain terdiri atas unsur uranium, thorium, dan beberapa unsur tanah jarang. Unsur uranium dan thorium itulah yang mengalami peluruhan dengan membentuk deret peluruhan yang sangat panjang. Tentu saja bersamaan dengan proses peluruhan yang terjadi terpancar pula paparan radiasi.

#### **4.1.4 Benda Terkontaminasi Permukaan**

Penggunaan zat radioaktif berbentuk cairan, serbuk, maupun gas seringkali menyisakan lapisan zat radioaktif pada permukaan peralatan yang dipakai. Gelas ukur, pipet, tabung reaksi, saringan, kertas saring, sarung tangan, maupun benda lain yang terkontaminasi

dengan zat radioaktif disebut sebagai Benda Terkontaminasi Permukaan (BTP). Dengan demikian Benda Terkontaminasi Permukaan (*Surface Contaminated Object*) merupakan benda padat yang tidak radioaktif akan tetapi terdapat zat radioaktif yang mengkontaminasi pada permukaannya [8].



**Gambar 4.3 Jarum suntik dan vials radiofarmaka merupakan contoh benda terkontaminasi permukaan [29]**

Berdasarkan tingkat kontaminasi zat radioaktif, BTP dibedakan menjadi BTP-I dan BTP-II [9]. Tabel 4.3 memperlihatkan contoh BTP berdasarkan tingkat kontaminasi zat radioaktif sebagaimana diuraikan di atas. Istilah kontaminasi lekat sebagaimana dimaksud di dalam Tabel 4.3 merujuk keberadaan kontaminan zat radioaktif pada permukaan BTP yang tidak dapat lagi dikurangi dengan berbagai tindakan dekontaminasi. Sebaliknya, kontaminasi tak lekat memiliki pengertian keberadaan kontaminan zat radioaktif pada permukaan BTP yang masih dimungkinkan berkurang melalui berbagai tindakan dekontaminasi maupun karena sifat-sifat fisika kimia yang lain, seperti sifat mudah terlepas, tergerus, menguap dan lain sebagainya.

#### **4.1.5 Bahan Fisil**

Bahan fisil (*fissile material*) merupakan bahan yang memiliki inti atom yang dapat membelah sehingga berubah menjadi unsur atau atom yang lain. Proses pembelahan inti atom pada bahan fisil disebut sebagai proses reaksi fisi. Bersamaan dengan proses reaksi fisi dilepaskan energi yang sangat besar. Energi inilah yang dapat dikonversi untuk membangkitkan listrik. Contoh dari bahan fisil adalah unsur uranium-233, uranium-235, plutonium-239, dan plutonium-241.

**Tabel 4.3 Benda Terkontaminasi Permukaan berdasarkan tingkat kontaminasi zat radioaktif [8]**

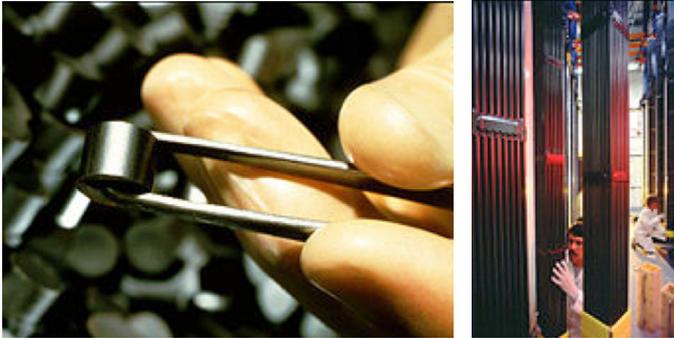
BTP	Contoh BTP
BTP-I	<p>Benda padat dengan luasan permukaan reratanya lebih 300 cm<sup>2</sup> (atau luas keseluruhan permukaan jika luas benda kurang dari 300 cm<sup>2</sup>) dimana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kontaminasi tak lekat tidak melebihi 4 Bq/cm<sup>2</sup> untuk radionuklida pemancar beta atau gamma dan pemancar alpha toksisitas rendah, atau 0,4 Bq/g untuk semua pemancar alpha yang lain;</li> <li>• kontaminasi lekat tidak melebihi 4 x 10<sup>4</sup> Bq/cm<sup>2</sup> untuk radionuklida pemancar beta atau gamma dan pemancar alpha toksisitas rendah, atau 4 x 10<sup>3</sup> Bq/g untuk semua pemancar alpha yang lain; atau</li> <li>• kontaminasi tak lekat ditambah dengan kontaminasi lekat tidak melebihi 4 x 10<sup>4</sup> Bq/cm<sup>2</sup> untuk radionuklida pemancar beta atau gamma dan pemancar alpha toksisitas rendah, atau 4 x 10<sup>3</sup> Bq/g untuk semua pemancar alpha yang lain.</li> </ul>
BTP-II	<p>Benda padat dengan luasan permukaan reratanya lebih 300 cm<sup>2</sup> (atau luas keseluruhan permukaan jika luas benda kurang dari 300 cm<sup>2</sup>) di mana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kontaminasi tak lekat tidak melebihi 400 Bq/cm<sup>2</sup> untuk radionuklida pemancar beta atau gamma dan pemancar alpha toksisitas rendah, atau 40 Bq/cm<sup>2</sup> untuk semua pemancar alpha yang lain;</li> <li>• kontaminasi lekat tidak melebihi 8 x 10<sup>5</sup> Bq/cm<sup>2</sup> untuk radionuklida pemancar beta atau gamma dan pemancar alpha toksisitas rendah, atau 8 x 10<sup>4</sup> Bq/cm<sup>2</sup> untuk semua pemancar alpha yang lain; atau</li> <li>• kontaminasi tak lekat ditambah dengan kontaminasi lekat tidak melebihi 8 x 10<sup>5</sup> Bq/cm<sup>2</sup> untuk radionuklida pemancar beta atau gamma dan pemancar alpha toksisitas rendah, atau 8 x 10<sup>4</sup> Bq/cm<sup>2</sup> untuk semua pemancar alpha yang lain.</li> </ul>

Adapun bahan atau inti atom yang harus diubah terlebih dahulu menjadi bahan fisil untuk dapat melangsungkan reaksi fisi, disebut sebagai bahan fertil (*fertile material*). Dengan demikian, bahan fertil tidak dapat langsung dipergunakan untuk proses reaksi fisi. Thorium-232 dan uranium-238 merupakan contoh bahan fertil. Baik bahan fisil maupun bahan fertil, keduanya disebut sebagai bahan nuklir (*nuclear material*). Gambar 4.4 memperlihatkan bahan nuklir dalam bentuk *pellet* dan perangkat bahan bakar untuk reaktor nuklir.

Khusus untuk keperluan kegiatan pengangkutan zat radioaktif, beberapa unsur atau radionuklida yang sangat terkait dengan bahan nuklir yang telah disebutkan sebelumnya tidak dimasukkan ke dalam lingkup pengertian bahan fisil. Radionuklida dimaksud meliputi [9]:

- a. uranium alam yang belum teriradiasi;
- b. uranium alam yang sudah teriradiasi di dalam reaktor riset;
- c. uranium susut kadar yang belum teriradiasi;

- d. uranium susut kadar yang sudah teriradiasi di dalam reaktor riset.



**Gambar 4.4 Bahan nuklir dalam wujud pelet dan perangkat bahan bakar nuklir [30]**

Uranium alam merupakan gabungan dari tiga radioisotop, yaitu uranium-238, uranium-235, dan uranium-234 dengan komposisi masing-masing sebesar 99,28%, 0,72%, dan 0,00057% [9]. Untuk digunakan sebagai bahan nuklir, kandungan uranium-235 ditingkatkan terlebih dahulu. Proses peningkatan kandungan uranium-235 dikenal sebagai proses pengkayaan uranium (*uranium enrichment*). Proses pengkayaan menghasilkan uranium bahan bakar dengan uranium-235 melebihi 0,72% dan uranium-238 kurang dari 99,28%.

Sisa hasil samping proses pengkayaan uranium adalah uranium dengan kandungan uranium-235 kurang dari 0,72% yang kemudian disebut sebagai uranium susut kadar (*depleted uranium*). Contoh komposisi uranium susut kadar terdiri atas 99,8% uranium-238; 0,2% uranium-235; dan 0,001% uranium-234. Tidak semua bahan bakar nuklir merupakan hasil proses pengkayaan. Jenis reaktor daya Tipe CANDU (*Canadian Deuterium Uranium*) merupakan reaktor nuklir berbahan bakar uranium alam tanpa proses pengkayaan. Bahan bakar nuklir untuk reaktor tipe ini tetap masuk ke dalam lingkup pengertian bahan fisil.

#### **4.1.6 Uranium Heksafluorida**

Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) merupakan salah satu bentuk senyawa kimia uranium yang sangat penting. Senyawa ini sangat berperan dalam proses pengkayaan uranium-235. Secara teknis proses pengkayaan uranium-235 yang saat ini paling banyak

diterapkan berbasis uranium dalam bentuk gas, seperti teknologi difusi gas dan pemusingan gas.  $UF_6$  merupakan senyawa kimia uranium yang paling mudah dikonversi ke dalam wujud padat, cair, maupun gas. Dalam tekanan normal,  $UF_6$  memiliki titik didih  $56,5^\circ C$  [8].

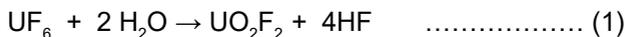


**Gambar 4.5 Tangki pengangkut  $UF_6$  [31]**

Untuk keperluan proteksi dan keselamatan radiasi selama kegiatan pengangkutan dilaksanakan, meskipun  $UF_6$  sebenarnya juga merupakan bahan fisil, namun  $UF_6$  diklasifikasikan secara khusus. Hal ini berkaitan dengan sifat fisika dan kimia  $UF_6$  yang berpotensi menimbulkan bahaya non radiologis sehingga memerlukan perhatian dan penanganan yang lebih spesifik [8].

Senyawa  $UF_6$  berbentuk padat, dan berwarna putih pada tekanan ruang.  $UF_6$  tidak dapat terbakar, tidak eksplosif dan bersifat inert di dalam udara kering.  $UF_6$  sangat reaktif dengan air, walaupun sekadar uap air yang terdapat di udara bebas.  $UF_6$  yang bereaksi dengan air akan membentuk uranil fluorida ( $UO_2F_2$ ) dan asam florida (HF).

Proses reaksi yang terjadi tergambar dalam persamaan reaksi kimia berikut:

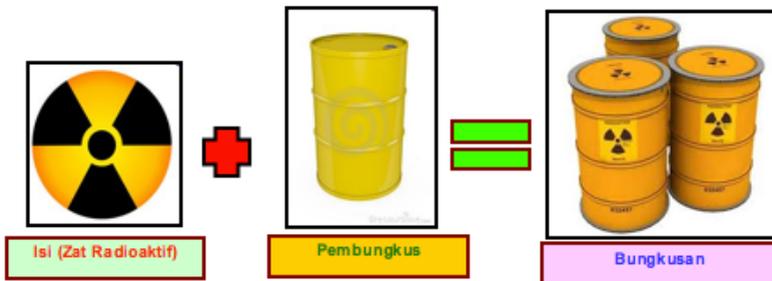


Uranil fluorida merupakan senyawa kimia yang sangat toksik

dan dapat mengakibatkan kematian apabila terhirup ke dalam sistem pernafasan manusia. Sedangkan HF (asam fluorida) merupakan senyawa asam halogen yang sangat kuat sehingga korosif terhadap material. Dengan pertimbangan persyaratan yang tinggi itu, maka  $UF_6$  harus diangkut dalam bentuk padat dan dengan tekanan di dalam bungkus harus lebih rendah daripada tekanan udara luar. Hal-hal inilah yang menjadikan  $UF_6$  diklasifikasikan secara khusus untuk keperluan pengangkutannya.

#### 4.2 Pengaturan Bungkus

Untuk meminimalisasi potensi dan risiko bahaya radiasi yang menyertai zat radioaktif, dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif harus dipergunakan pembungkus. Kesatuan utuh antara zat radioaktif sebagai isi bungkus dengan pembungkusnya sebagai wadah, penahan, sekaligus pengungkung disebut sebagai bungkus zat radioaktif (*radioactive package*). Gambaran mengenai pengertian bungkus zat radioaktif dapat dilihat melalui ilustrasi pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Gambaran pengertian bungkus zat radioaktif [29]

Secara lebih lengkap bungkus harus menunjang beberapa kriteria kegunaan, seperti sebagai bahan penyerap (*absorbent material*), kerangka (*spacing structure*), peralatan perawatan dan perbaikan (*service equipment*), peredam guncangan (*shock absorbent*), penanganan dan pengikat (*handling and tie-down capability*), pengisolasi panas (*thermal insulation*), pengungkung (*containment*), serta penyungkup (*confinement*) [32].

Untuk memastikan keselamatan radiasi dicapai dalam setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, beberapa ketentuan teknis yang berkaitan dengan bungkus zat radioaktif harus dipenuhi.

Ketentuan tersebut meliputi persyaratan penggunaan bungkus, penentuan kategori bungkus, penandaan bungkus, pelabelan bungkus, pemberian plakat, penentuan Indeks Keselamatan Kekritisitas, serta pemeriksaan bungkus untuk keperluan kapabeantasan [5]. Ketentuan di atas sebagian besar harus dilaksanakan oleh pengirim pada saat melakukan persiapan sebelum pengiriman.

#### 4.2.1 Penggunaan Bungkus

Dalam setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, pengirim wajib menggunakan bungkus zat radioaktif sesuai dengan zat radioaktif yang akan diangkut. Bungkus yang dapat digunakan terdiri atas Bungkus Industri, bungkus Tipe A, bungkus Tipe B(U), bungkus Tipe B(M), maupun bungkus Tipe C [5]. Berdasarkan tingkat kompleksitas, Bungkus Industri sebagaimana disebut di atas dibedakan menjadi Bungkus Industri-I, Bungkus Industri-II, dan Bungkus Industri-III.

Untuk jenis bungkus tertentu, Pengirim wajib memastikan bungkus yang akan dipergunakannya memiliki sertifikat persetujuan desain bungkus. Bungkus tertentu yang dimaksud di atas, meliputi [5]:

- a. Bungkus Industri untuk mengangkut bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa melebihi 0,1 kg;
- b. bungkus Tipe A untuk mengangkut bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa melebihi 0,1 kg;
- c. bungkus Tipe B(U);
- d. bungkus Tipe B(M); dan
- e. bungkus Tipe C.

Sebagaimana ketentuan mengenai sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, keberadaan sertifikat persetujuan desain bungkus zat radioaktif juga tergantung di mana bungkus yang bersangkutan diproduksi atau dipabrikasi. Untuk bungkus zat radioaktif yang diproduksi di dalam negeri, sertifikat persetujuan desain bungkus diterbitkan oleh BAPETEN. Adapun untuk bungkus zat radioaktif yang diproduksi di luar negeri, maka sertifikat persetujuan desain bungkus zat radioaktif diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas yang berwenang di negara yang bersangkutan di mana proses produksi dilaksanakan.

### 4.2.1.1 Penggunaan Bungkusan Industri

Pengertian Bungkusan Industri merujuk bungkusan atau wadah yang umum digunakan untuk kegiatan industri, tidak hanya khusus yang didesain untuk mengangkut zat radioaktif saja [8]. Bungkusan Industri dapat berwujud suatu drum, peti kemas atau kontainer, kotak besi, dan lain sebagainya. Ukuran Bungkusan Industri juga sangat beragam sebagaimana kebutuhan di dunia industri pada umumnya. Contoh Bungkusan Industri dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7 Bungkusan Industri [33]**

Secara rancangan desain, Bungkusan Industri digunakan untuk mengangkut zat radioaktif, berupa Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (AJR) atau Benda Terkontaminasi Permukaan (BTP). Penggunaan Bungkusan Industri dapat dilakukan untuk pengangkutan zat radioaktif secara eksklusif maupun noneklusif, baik dengan alat angkut maupun peti kemas besar. Rincian lebih lanjut mengenai penggunaan Bungkusan Industri dapat dilihat dalam Tabel 4.4.

Istilah penggunaan tunggal berasal dari terminologi *exclusive use* [9]. Penggunaan tunggal berkaitan dengan penggunaan suatu alat atau kendaraan angkut secara menyeluruh oleh satu pihak pengirim. Untuk jenis moda angkutan jalan raya, penggunaan tunggal berupa penggunaan satu kendaraan penuh oleh satu pihak pengirim untuk mengangkut zat radioaktif. Untuk jenis moda angkutan kereta api, penggunaan tunggal diterapkan dengan penggunaan satu gerbong khusus hanya untuk mengangkut zat radioaktif. Adapun untuk kapal air, penggunaan tunggal dibatasi pada penggunaan palka atau dek tertentu dengan batasan-batasan yang ketat.

**Tabel 4.4 Ketentuan penggunaan Bungkusan Industri [5]**

Isi zat radioaktif	Bungkusan Industri	
	Penggunaan tunggal <sup>b</sup>	Bukan penggunaan tunggal
<b>AJR-I:</b>		
Padat <sup>a</sup>	BI-1	BI-1
Cair	BI-1	BI-2
<b>AJR-II:</b>		
Padat	BI-2	BI-2
Cair dan gas	BI-2	BI-3
<b>AJR-III</b>	BI-2	BI-3
BTP-I <sup>a</sup>	BI-1	BI-1
BTP-II	BI-2	BI-2

Keterangan:

<sup>a</sup> AJR-I dan BTP-I dapat diangkut tanpa menggunakan bungkusan;

<sup>b</sup> Istilah penggunaan tunggal mengacu pengertian tunggal sebagaimana uraian sebelumnya.

Dalam penggunaan tunggal seluruh keperluan pemuatan dan pembongkaran awal, antara, dan akhir yang dilaksanakan harus sesuai dengan petunjuk pengirim atau penerima. Istilah pengangkutan dengan alat angkut khusus, dengan kendaraan khusus, atau penggunaan eksklusif sering juga dipergunakan untuk mengacu istilah penggunaan tunggal.

Penggunaan tunggal tidak terbatas dilaksanakan untuk pengangkutan menggunakan Bungkusan Industri saja. Pengangkutan zat radioaktif dengan penggunaan tunggal dapat diterapkan untuk jenis atau tipe bungkusan yang lain, mulai bungkusan Tipe A, Tipe B, Tipe C, bahkan pada pengangkutan zat radioaktif tertentu yang tidak menggunakan bungkusan sama sekali.

Di samping memenuhi ketentuan penggunaan Bungkusan Industri sebagaimana Tabel 4.4, dalam pelaksanaan pengangkutan AJR dan BTP, batasan daya angkut maksimum suatu kendaraan angkut juga harus mendapat perhatian. Batasan daya angkut maksimum suatu kendaraan angkut dinyatakan sebagai aktivitas total maksimum. Batasan aktivitas total maksimum AJR dan BTP pada suatu kendaraan angkut harus mengikuti ketentuan sebagaimana tercantum pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Batasan aktivitas total maksimum AJR dan BTP pada kendaraan angkut [5]**

Zat radioaktif	Selain kendaraan angkut perairan darat	Kendaraan angkut perairan darat
AJR-I	Tanpa batas	Tanpa batas
AJR-II dan AJR-III padat tidak dapat terbakar	Tanpa batas	100 A <sub>2</sub>
AJR-II dan AJR-III cair, gas, dan padat dapat terbakar	100 A <sub>2</sub>	10 A <sub>2</sub>
BTP	100 A <sub>2</sub>	10 A <sub>2</sub>

Nilai A<sub>2</sub> yang dimaksudkan mengacu kepada nilai dasar radionuklida sebagaimana tercantum dalam tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida pada bagian Lampiran yang telah dibahas pada bagian sebelumnya.

#### 4.2.1.2 Penggunaan Bungkus Tipe A

Berbeda dengan Bungkus Industri yang secara desain mengikuti standar rancangan sebagaimana desain yang dipergunakan pada dunia industri secara umum, bungkus Tipe A didesain hanya untuk mengangkut zat radioaktif. Bungkus Tipe A didesain untuk dapat mengangkut zat radioaktif dalam kondisi normal [8]. Kondisi normal dimaksud merupakan keadaan di mana tidak terjadi insiden maupun kecelakaan. Gambar 4.8 memperlihatkan bungkus Tipe A yang banyak dipergunakan pada kegiatan *well logging*.



**Gambar 4.8 Bungkus Tipe A pada penggunaan well logging**

Bungkus Tipe A dapat dipergunakan untuk mengangkut berbagai macam zat radioaktif, meliputi Zat Radioaktif Bentuk Khusus, Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah, Bahan fisil, hingga Uranium

Heksafluorida ( $UF_6$ ). Batas maksimum aktivitas zat radioaktif untuk diangkut dengan bungkus Tipe A mengacu kepada nilai  $A_1$  untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus dan nilai  $A_2$  untuk zat radioaktif bukan bentuk khusus. Kedua nilai tersebut merupakan batasan aktivitas maksimum suatu zat radioaktif dapat diangkut dengan bungkus Tipe A. Nilai  $A_1$  dan  $A_2$  mengacu nilai aktivitas yang tercantum di dalam tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida pada bagian Lampiran sebagaimana telah dibahas pada sub bab sebelumnya dengan mempertimbangkan batas konsentrasi aktivitas zat radioaktif yang dikecualikan dan batas aktivitas untuk barang kiriman yang dikecualikan.

#### 4.2.1.3 Penggunaan Bungkus Tipe B

Bungkus Tipe B didesain untuk dapat mengangkut zat radioaktif dan mampu bertahan dalam kondisi insiden maupun kecelakaan parah [8],[9]. Bungkus Tipe B dibedakan atas bungkus Tipe B(U) dan Tipe B(M). Huruf U pada bungkus Tipe B(U) merupakan kependekan dari *unilateral*. Adapun huruf M pada bungkus Tipe B(M) mengacu kepada istilah *multilateral*.

Kamera gamma yang dipergunakan untuk kegiatan radiografi industri dan bungkus berisi sumber radioaktif untuk teleterapi gamma merupakan contoh bungkus Tipe B(U). Adapun salah satu contoh Bungkus Tipe B(M) adalah bungkus yang dipergunakan untuk mengangkut bahan bakar nuklir bekas. Bungkus Tipe B(U) dan Tipe B(M) diperlihatkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

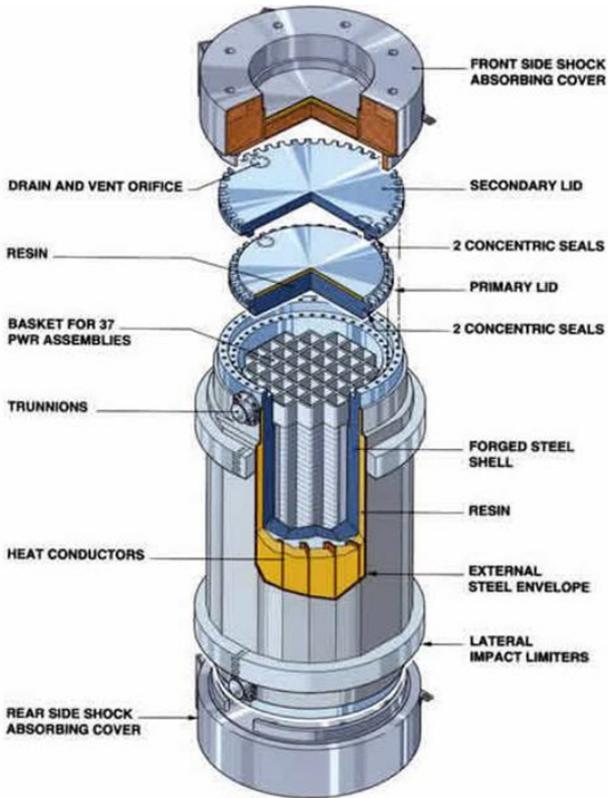


(a) Kamera gamma [34]



(b) Bungkus berisi sumber teleterapi gamma

**Gambar 4.9 Bungkus Tipe B (U)**



**Gambar 4.10 Bungkus Tipe B(M) [35]**

Dalam pelaksanaan pengangkutan bungkus Tipe B(U) lintas batas antar negara, hanya diperlukan persetujuan pengiriman dari Badan Pengawas di negara asal dan Badan Pengawas di negara tujuan akhir. Meskipun dalam perjalanan pengangkutan tersebut diperlukan melintasi atau melewati, baik sekedar melalui, transit maupun singgah banyak negara, tidak diperlukan persetujuan pengiriman dari setiap negara yang dilewati, dilintasi, atau disinggahi tersebut.

Adapun untuk pengangkutan menggunakan bungkus Tipe B(M), di samping memerlukan persetujuan pengiriman dari Badan Pengawas negara asal dan negara tujuan akhir, juga memerlukan persetujuan pengiriman dari Badan Pengawas di setiap negara yang dilintasi atau disinggahi sepanjang perjalanan.

Secara umum Bungkusan Tipe B didesain untuk dipergunakan dalam pengangkutan zat radioaktif di mana aktivitasnya melampaui nilai  $A_1$  untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus maupun melampaui nilai  $A_2$  untuk zat radioaktif bukan bentuk khusus. Namun demikian kapasitas penggunaan bungkusan Tipe B didesain tidak boleh melampaui  $3.000A_1$  untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus dan  $3.000A_2$  untuk zat radioaktif bukan bentuk khusus, maupun aktivitas sebesar 1.000 TBq untuk keduanya [9].

#### 4.2.1.4 Penggunaan Bungkusan Tipe C

Adapun bungkusan Tipe C didesain untuk mengangkut zat radioaktif dan mampu bertahan pada suatu kondisi kecelakaan pesawat udara. Bungkusan Tipe C masih sangat jarang dipergunakan. Pada kebanyakan negara anggota IAEA, bungkusan Tipe C bahkan masih sekadar dianggap sebagai model atau prototipe yang masih perlu dikembangkan dan belum menjadi prioritas untuk dipergunakan [8].

Sebagaimana bungkusan Tipe A dan Tipe B, Bungkusan Tipe C dapat dipergunakan untuk mengangkut berbagai macam zat radioaktif, meliputi Zat Radioaktif Bentuk Khusus, Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah, Bahan Fisil, hingga Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ). Serupa dengan bungkusan Tipe B, bungkusan Tipe C juga dirancang untuk mengangkut zat radioaktif dengan aktivitas yang melampaui nilai  $A_1$  untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus maupun melampaui nilai  $A_2$  untuk zat radioaktif bukan bentuk khusus sebagaimana tercantum di dalam tabel mengenai Nilai Dasar Radionuklida pada bagian Lampiran.

Namun demikian, kapasitas penggunaan bungkusan Tipe C didesain tidak boleh melampaui  $3.000A_1$  untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus dan  $3.000A_2$  untuk zat radioaktif bukan bentuk khusus, ataupun aktivitas sebesar 1.000TBq untuk keduanya [9]. Dalam hal penggunaan bungkusan Tipe C melampaui nilai  $3.000A_1$  atau  $3.000A_2$ , ataupun aktivitas sebesar 1.000 TBq untuk keduanya, maka pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif harus dilakukan dengan pengaturan secara khusus (*special arrangement*) [9].

#### 4.2.1.5 Penggunaan Bungkusan Dikecualikan

Di samping jenis-jenis dan ketentuan penggunaan bungkusan zat radioaktif sebagaimana diterangkan di atas, terdapat ketentuan

penggunaan “bungkus lain” yang dikecualikan dari beberapa persyaratan proteksi dan keselamatan radiasi. Bungkus lain yang dimaksud, terdiri atas [5], [9]:

- bungkus kosong yang sebelumnya digunakan mengangkut zat radioaktif;
- bungkus yang digunakan untuk mengangkut peralatan atau barang terkontaminasi atau teraktivasi dengan nilai batas aktivitas tertentu sebagaimana tercantum di dalam Tabel 4.6;
- bungkus yang digunakan untuk mengangkut peralatan atau barang yang terbuat dari uranium alam, uranium susut kadar, ataupun thorium alam;
- bungkus untuk mengangkut zat radioaktif dengan nilai batas aktivitas tertentu sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.6;
- bungkus untuk mengangkut Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa kurang dari 0,1 kg dengan nilai batas aktivitas tertentu sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Batasan aktivitas untuk Bungkus Dikecualikan [5]**

Bentuk fisik zat radioaktif	Batasan aktivitas maksimum		
	peralatan atau barang		Bahan
	per item	per bungkus	per bungkus
<b>Padat:</b>			
Bentuk khusus	$10^{-2} A_1$	$A_1$	$10^{-3} A_1$
Selain bentuk khusus	$10^{-2} A_2$	$A_2$	$10^{-3} A_2$
<b>Cair</b>	$10^{-3} A_2$	$10^{-1} A_2$	$10^{-4} A_2$
<b>Gas:</b>			
Tritium	$2 \times 10^{-2} A_2$	$2 \times 10^{-1} A_2$	$2 \times 10^{-2} A_2$
Bentuk khusus	$10^{-3} A_1$	$10^{-2} A_1$	$10^{-3} A_1$
Selain bentuk khusus	$10^{-3} A_2$	$10^{-2} A_2$	$10^{-3} A_2$

Gambar 4.11 memperlihatkan contoh bungkus zat radioaktif yang dikategorikan sebagai bungkus lain. Istilah bungkus lain sebenarnya mengadaptasi terminologi *excepted package* yang lebih umum dipergunakan pada berbagai standar maupun publikasi IAEA. Istilah bungkus lain merupakan konsensus atau kesepakatan bersama yang diputuskan melalui rapat harmonisasi di Kementerian Hukum dan HAM.



**Gambar 4.11 Bungkusan dikecualikan [36]**

#### **4.2.1.6 Pengangkutan Tanpa Menggunakan Bungkusan**

Meskipun secara umum untuk setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif harus menggunakan bungkusan zat radioaktif, akan tetapi untuk pengangkutan Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah-I (AJR-I) atau Benda Terkontaminasi Permukaan-I (BTP-I) dapat dilaksanakan tanpa menggunakan bungkusan [5]. Namun demikian beberapa ketentuan terkait pengangkutan zat radioaktif tanpa menggunakan bungkusan harus tetap dipenuhi. Ketentuan tersebut meliputi:

- a. zat radioaktif AJR-I dan BTP-I tidak boleh keluar dari kendaraan angkut selama pengangkutan berlangsung;
- b. pengangkutan harus dilaksanakan secara eksklusif;
- c. zat radioaktif AJR-I dan BTP-I tidak boleh tertinggal di kendaraan angkut atau mengkontaminasi kendaraan angkut.

Adapun pengangkutan yang dilaksanakan secara eksklusif untuk pengangkutan zat radioaktif AJR-I dan BTP-I sebagaimana dimaksud di atas harus memenuhi beberapa ketentuan, meliputi penggunaan alat angkut tunggal atau peti kemas besar untuk zat radioaktif, pengangkutan zat radioaktif dilakukan untuk satu pihak pengirim saja, kendaraan angkut dilengkapi dengan penghalang yang menghambat akses orang yang tidak berwenang, dan tidak ada pemuatan dan pembongkaran selama pengiriman.

Di samping memenuhi ketentuan pelaksanaan pengangkutan secara eksklusif sebagaimana telah diuraikan di atas, pihak pengangkut (baik dilaksanakan sendiri oleh pengirim ataupun oleh pengangkut pihak ke tiga) harus memiliki izin pengangkutan barang berbahaya dari kementerian yang menyelenggarakan urusan

pemerintahan di bidang perhubungan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan (dalam hal ini Kementerian Perhubungan).

#### 4.2.2 Penentuan Kategori Bungkusan

Setelah pemilihan jenis bungkusan dilakukan sesuai dengan kebutuhan pengangkutan zat radioaktif yang akan dilaksanakan, langkah selanjutnya dalam rangka persiapan pengiriman adalah penentuan kategori bungkusan. Pengirim wajib menentukan kategori bungkusan yang dipersiapkannya ke dalam bungkusan kategori I-Putih, II-Kuning, atau III-Kuning [5]. Penentuan kategori bungkusan dimaksud harus didasarkan nilai indeks angkutan dan tingkat radiasi maksimum di setiap titik pada permukaan terluar bungkusan zat radioaktif.

Indeks angkutan merupakan nilai hasil pengukuran tingkat paparan radiasi maksimum pada jarak 1 meter dari permukaan luar bungkusan atau peti kemas dalam satuan mrem/jam. Penentuan kategori bungkusan zat radioaktif berdasarkan nilai indeks angkutan dan tingkat radiasi maksimum pada permukaan terluar bungkusan secara ringkas dapat dilihat dalam Tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Penentuan kategori bungkusan zat radioaktif [5]**

Indeks Angkutan (IA)	Tingkat radiasi maksimum di permukaan (R, mSv/jam)	KATEGORI
0	$R < 0,005$	I – PUTIH
$0 < IA \leq 1$	$0,005 < R \leq 0,5$	II – KUNING
$1 < IA \leq 10$	$0,5 < R \leq 2$	III – KUNING
$IA > 10$	$2 < R \leq 10$	III - KUNING <sup>a</sup>

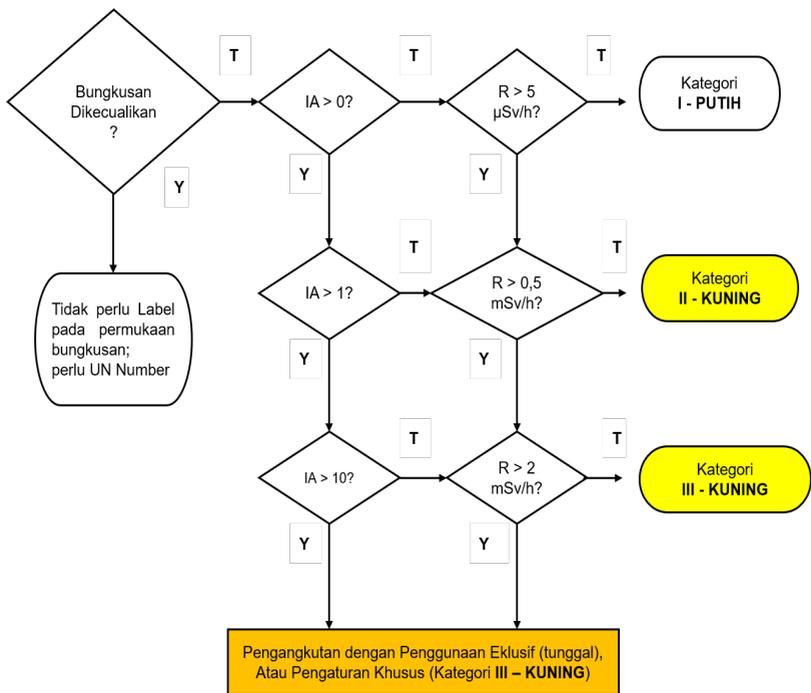
<sup>a</sup> Kategori Bungkusan III-KUNING yang harus diangkut dengan kendaraan angkut secara khusus (*exclusive use*).

Proses pengkombinasian nilai indeks angkutan dan tingkat radiasi maksimum pada permukaan terluar bungkusan dalam penentuan kategori bungkusan zat radioaktif disajikan dalam diagram alir sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.12 [8].

Bungkusan dikategorikan menjadi kategori I-Putih jika memenuhi kriteria di mana nilai indeks angkutan sama dengan 0 (nol)

dan tingkat radiasi maksimum di setiap titik pada permukaan terluar bungkusan tidak melebihi 0,005 mSv/jam. Bungkusan dikategorikan menjadi kategori II-Kuning jika memenuhi kriteria di mana nilai indeks angkutan lebih besar daripada 0 (nol) tetapi lebih kecil dari atau sama dengan 1 (satu) dan tingkat radiasi maksimum di setiap titik pada permukaan terluar bungkusan lebih besar daripada 0,005 mSv/jam tetapi lebih kecil dari atau sama dengan 0,5 mSv/jam.

Adapun bungkusan dikategorikan menjadi kategori III-Kuning jika memenuhi kriteria di mana nilai indeks angkutan lebih besar daripada 1 (satu) tetapi lebih kecil dari atau sama dengan 10 (sepuluh) dan tingkat radiasi maksimum di setiap titik pada permukaan terluar bungkusan lebih besar daripada 0,5 mSv/jam tetapi lebih kecil dari atau sama dengan 2 mSv/jam.



**Gambar 4.12 Alur penentuan kategori bungkusan zat radioaktif [8]**

Untuk bungkusan di mana nilai indeks angkutannya lebih besar daripada 10 (sepuluh) dan tingkat radiasi maksimum di

setiap titik pada permukaan terluar bungkusan lebih besar daripada 2 mSv/jam tetapi lebih kecil dari atau sama dengan 10 mSv/jam, maka bungkusan tersebut dikategorikan III-Kuning yang harus diangkut secara penggunaan eksklusif (*exclusive use*). Dengan batasan tingkat radiasi maksimum yang terakhir, maka bungkusan zat radioaktif dengan tingkat radiasi maksimum pada permukaan terluar bungkusan yang melebihi 10 mSv/jam tidak diperkenankan untuk diangkut, kecuali dengan pengaturan khusus (*special arrangement*) dari Badan Pengawas.

Pengangkutan zat radioaktif dengan kendaraan angkut secara eksklusif, penggunaan tunggal, atau pengangkutan dengan alat angkut khusus, atau pengangkutan dengan kendaraan khusus memiliki pengertian bahwa kendaraan angkut secara utuh atau sebagian hanya dikhususkan mengangkut zat radioaktif, tanpa atau terpisah dengan barang kiriman yang lainnya.

Untuk jenis moda angkutan jalan raya, penggunaan tunggal berupa penggunaan satu kendaraan penuh oleh satu pihak pengirim. Untuk jenis moda angkutan kereta api, penggunaan tunggal diterapkan dengan penggunaan satu gerbong khusus untuk mengangkut zat radioaktif. Adapun untuk kapal air, penggunaan tunggal dibatasi pada penggunaan palka atau dek tertentu dengan batasan-batasan yang ketat.

Untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif secara eksklusif, semua ketentuan pengangkutan secara penggunaan eksklusif sebagaimana telah disinggung pada sub bagian sebelumnya juga harus dipenuhi. Dalam penggunaan tunggal, seluruh keperluan pemuatan dan pembongkaran awal, antara, dan akhir yang dilaksanakan harus sesuai dengan petunjuk pengirim atau penerima.

Selain berlaku untuk setiap bungkusan zat radioaktif, ketentuan mengenai kategorisasi sebagaimana diuraikan di atas juga berlaku untuk pembungkus luar (*overpack*) dan peti kemas (*freight container*). Untuk pembungkus luar atau peti kemas dimana nilai indeks angkutannya lebih besar daripada 10 (sepuluh) dan tingkat radiasi maksimum di setiap titik pada permukaan terluar bungkusan lebih besar daripada 2 mSv/jam tetapi lebih kecil dari atau sama dengan 10 mSv/jam, maka bungkusan tersebut dikategorikan III-Kuning yang dapat diangkut secara penggunaan noneksklusif (*non-exclusive use*).

Pengangkutan noneksklusif untuk pembungkus luar dan peti kemas dapat diterapkan dengan memenuhi ketentuan nilai indeks

angkutan tidak lebih besar daripada [5]:

- a. 50 (lima puluh) untuk peti kemas, kendaraan angkut darat, pesawat penumpang dan pesawat kargo, dan kapal angkutan sungai dan penyeberangan;
- b. 200 (dua ratus) untuk peti kemas kecil di palka, kompartemen, atau daerah dek tertentu di kapal laut;
- c. 200 (dua ratus) untuk peti kemas kecil di kapal laut.

Adapun pengangkutan noneksklusif untuk peti kemas besar menggunakan kapal laut secara utuh, nilai indeks angkutannya tidak dibatasi. Dalam hal ketentuan di atas tidak terpenuhi, atau dengan kata lain nilai indeks angkutannya melampaui batasan nilai yang ditetapkan tersebut, pembungkus luar atau peti kemas harus diangkut secara eksklusif.

#### 4.2.3 Penandaan Bungkus

Setelah memilih dan kemudian menggunakan bungkus yang sesuai, pengirim wajib melakukan penandaan bungkus zat radioaktif [5]. Penandaan dilakukan dengan melekatkan tanda pada sisi luar bungkus. Berbeda dari pemahaman secara umum di mana **tanda** dipahami sebagai gambar atau simbol, tanda yang dimaksudkan di dalam Peraturan Pemerintah ini merupakan data atau informasi mengenai identitas pengirim atau penerima, nomor PBB dan tipe bungkus, serta keterangan massa (untuk bungkus yang melebihi massa 50 kg). Istilah penandaan sendiri diadopsi dari terminologi *marking* [8].

Nomor PBB atau *UN Number* merupakan kode terdiri atas empat digit angka yang telah ditetapkan secara internasional oleh Perserikatan Bangsa Bangsa. Secara spesifik Nomor PBB memberikan informasi mengenai isi ataupun jenis bungkus yang diangkut. Nomor PBB beserta keterangan isi atau jenis suatu bungkus zat radioaktif selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4.8.

Selain mencantumkan informasi sebagaimana telah diuraikan di atas, untuk Bungkus Industri ataupun bungkus Tipe A yang digunakan untuk mengangkut bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa lebih besar daripada 0,1 kg, pada tanda harus ditambahkan informasi mengenai kode identifikasi dan nomor seri bungkus.

**Tabel 4.8 Daftar Nomor PBB beserta deskripsinya [5]**

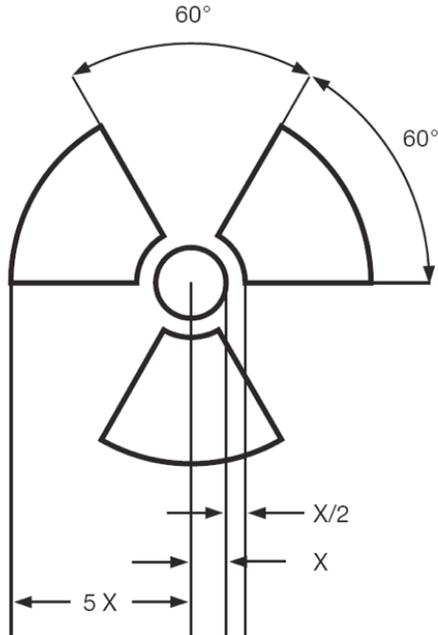
Nomor PBB	Deskripsi Bungkusan
Bungkusan Dikecualikan	
UN 2908	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN DIKECUALIKAN – BUNGKUSAN KOSONG
UN 2909	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN DIKECUALIKAN – PERALATAN TERBUAT DARI URANIUM ALAM atau URANIUM SUSUT KADAR atau THORIUM ALAM
UN 2910	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN DIKECUALIKAN – BAHAN DENGAN JUMLAH TERBATAS
UN 2911	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN DIKECUALIKAN – PERALATAN atau BARANG
UN 3507	URANIUM HEKSAFLUORIDA, ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN DIKECUALIKAN, kurang dari 0,1 kg per bungkusan, non-fisil atau fisil dikecualikan
Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah	
UN 2912	ZAT RADIOAKTIF, AKTIVITAS JENIS RENDAH (AJR-I), non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3321	ZAT RADIOAKTIF, AKTIVITAS JENIS RENDAH (AJR-II), non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3322	ZAT RADIOAKTIF, AKTIVITAS JENIS RENDAH (AJR-III), non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3324	ZAT RADIOAKTIF, AKTIVITAS JENIS RENDAH (AJR-II), FISIL
UN 3325	ZAT RADIOAKTIF, AKTIVITAS JENIS RENDAH (AJR-III), FISIL
Benda Terkontaminasi Permukaan	
UN 2913	ZAT RADIOAKTIF, BENDA TERKONTAMINASI PERMUKAAN (BTP-I atau BTP-II), non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3326	ZAT RADIOAKTIF, BENDA TERKONTAMINASI PERMUKAAN (BTP-I atau BTP-II), FISIL
Bungkusan Tipe A	
UN 2915	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE A, selain bentuk khusus, non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3327	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE A, FISIL, selain bentuk khusus
UN 3332	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE A, BENTUK KHUSUS, non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3333	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE A, BENTUK KHUSUS, FISIL

Nomor PBB	Deskripsi Bungkusan
Bungkusan Tipe B(U)	
UN 2916	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE B(U), non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3328	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE B(U), FISIL
Bungkusan Tipe B(M)	
UN 2917	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE B(M), non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3329	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE B(M), FISIL
Bungkusan Tipe C	
UN 3323	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE C, non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3330	ZAT RADIOAKTIF, BUNGKUSAN TIPE C, FISIL
Pengaturan Khusus	
UN 2919	ZAT RADIOAKTIF, DIANGKUT DENGAN PENGATURAN KHUSUS, non-fisil atau fisil dikecualikan
UN 3331	ZAT RADIOAKTIF, DIANGKUT DENGAN PENGATURAN KHUSUS, FISIL
Uranium heksafluorida	
UN 2977	ZAT RADIOAKTIF, URANIUM HEKSAFLUORIDA, FISIL
UN 2978	ZAT RADIOAKTIF, URANIUM HEKSAFLUORIDA, non-fisil atau fisil dikecualikan

Khusus untuk bungkusan Tipe B(U), Tipe B(M), atau Tipe C, informasi-informasi di atas harus ditambah dengan gambar tanda radiasi. Gambar tanda radiasi yang paling sering digunakan hingga saat ini berupa tanda *three foil*, baling-baling bersayap tiga sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.13 [5].

Untuk pengangkutan zat radioaktif yang mempergunakan pembungkus luar, penandaan dilakukan dengan melekatkan tanda pada sisi luar pembungkus luar. Tanda pada pembungkus luar tersebut paling kurang memuat informasi mengenai nomor PBB dan tulisan “PEMBUNGKUS LUAR” atau “OVERPACK”.

Dalam hal pengangkutan zat radioaktif AJR-I ataupun BTP-I tidak mempergunakan bungkusan, maka tanda harus dilekatkan pada permukaan penutup luar yang digunakan. Tanda yang dimaksudkan berupa tulisan “RADIOAKTIF AJR-I” atau “RADIOACTIVE LSA-I” untuk pengangkutan zat radioaktif AJR-I. Adapun untuk pengangkutan BTP-I tanpa bungkusan, tanda yang harus dipasang berupa tulisan “RADIOAKTIF BTP-I” atau “RADIOACTIVE SCO-I”.



**Gambar 4.13** Tanda radiasi untuk bungkus Tipe B(U), Tipe B(M), dan Tipe C [5]

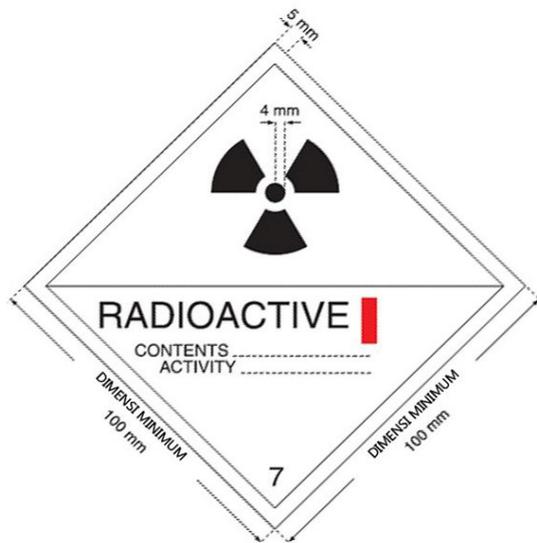
#### 4.2.4 Pelabelan Bungkus

Setelah dilekatkan dengan tanda berupa informasi sebagaimana dibahas pada bagian sebelumnya, pengirim wajib melakukan pelabelan pada bungkus dengan cara melekatkan label pada kedua sisi luar yang berlawanan [5]. Label yang dilekatkan tersebut harus memuat informasi mengenai:

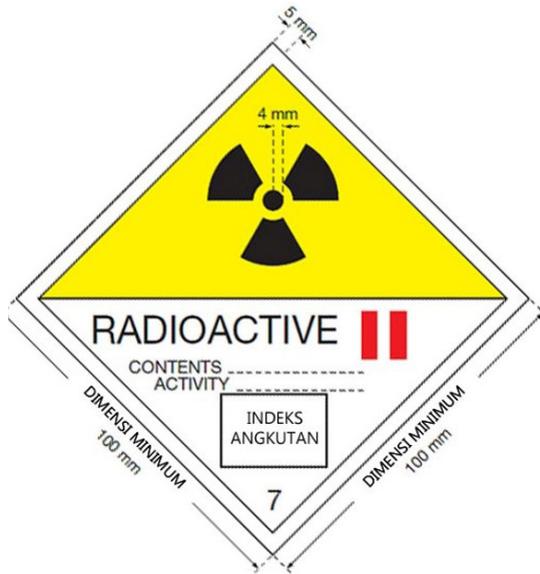
- tanda radiasi;
- tulisan “RADIOAKTIF” atau “RADIOACTIVE”;
- kategori bungkus;
- isi bungkus atau radionuklida yang diangkut;
- aktivitas radionuklida pada saat persiapan;
- indeks angkutan;
- keterangan kelas bahan berbahaya untuk zat radioaktif, berupa angka “7”.

Untuk pengangkutan zat radioaktif yang menggunakan pembungkus luar, pelabelan dilakukan dengan melekatkan label yang memuat informasi sebagaimana label untuk bungkusan, pada kedua sisi luar yang berlawanan pada pembungkus luar. Sedangkan untuk pengangkutan zat radioaktif yang menggunakan peti kemas, pelabelan dilakukan dengan melekatkan label pada keempat sisi luar peti kemas. Gambar label untuk bungkusan, pembungkus luar, ataupun peti kemas kategori I-Putih, II-Kuning, dan III-Kuning dapat dilihat pada Gambar 4.14, Gambar 4.15, dan Gambar 4.16. Adapun Gambar 4.17 menunjukkan tambahan label untuk bungkusan, pembungkus luar ataupun peti kemas yang berisi bahan fisil atau  $UF_6$ .

Dalam hal bungkusan zat radioaktif yang diangkut merupakan bungkusan dengan ataupun tanpa pembungkus luar atau peti kemas kategori I-Putih, informasi mengenai indeks angkutan tidak perlu dicantumkan di dalam label. Khusus untuk bungkusan, atau pembungkus luar, dan/atau peti kemas berisi bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ), selain mencantumkan label sebagaimana sudah dibahas di atas, pada bungkusan, pembungkus luar, atau peti kemas harus ditambahkan label lain yang paling sedikit memuat informasi berupa tulisan “FISIL” atau “FISSILE”, dan indeks keselamatan kekritisan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.17.



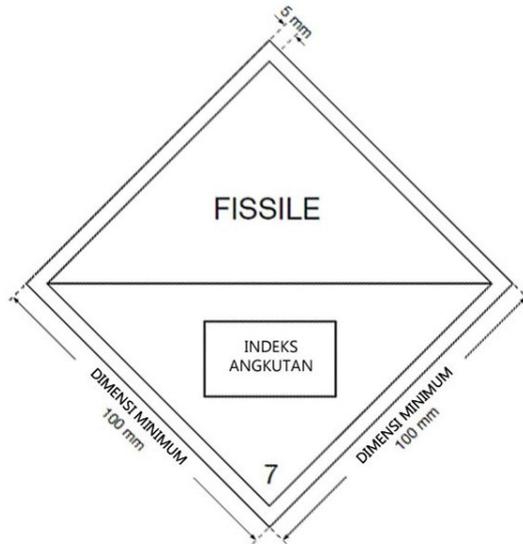
**Gambar 4.14 Label untuk bungkusan kategori I-PUTIH [5]**



**Gambar 4.15** Label untuk bungkus kategori II-KUNING [5]



**Gambar 4.16** Label untuk bungkus kategori III-KUNING [5]

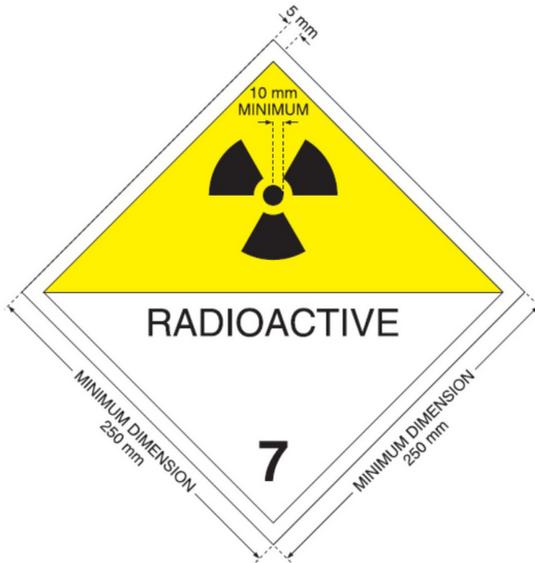


**Gambar 4.17** Label untuk bungkus berisi bahan fisil atau  $UF_6$  [5]

#### 4.2.5 Pemberian Plakat

Pemberian plakat hanya perlu dilakukan untuk pengangkutan zat radioaktif yang menggunakan peti kemas atau tangki. Pengirim wajib melekatkan plakat pada sisi luar peti kemas atau tangki [5]. Plakat tersebut di atas harus memuat informasi berupa tanda radiasi, tulisan “RADIOAKTIF” atau “RADIOACTIVE”, dan keterangan kelas bahan berbahaya berupa angka “7”. Ketentuan informasi yang termuat di dalam plakat dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Untuk pengangkutan zat radioaktif AJR-I atau BTP-I tanpa menggunakan bungkus, maupun pengangkutan zat radioaktif secara eksklusif dengan menggunakan nomor PBB tunggal, maka selain mencantumkan informasi sebagaimana telah diterangkan di atas juga harus mencantumkan nomor PBB. Pencantuman nomor PBB dimaksud dapat disatukan dalam plakat sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.19, atau secara terpisah dalam plakat tersendiri sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.20.



**Gambar 4.18 Plakat untuk peti kemas besar atau tangki [5]**



**Gambar 4.19 Pencatuman Nomor PBB menyatu dengan plakat [5]**



**Gambar 4.20 Pencatuman Nomor PBB pada plakat terpisah [5]**

#### 4.2.6 Penentuan Indeks Keselamatan Kekritisan

Pengirim wajib menentukan indeks keselamatan kekritisan terhadap bungkus, pembungkus luar, peti kemas, ataupun tangki yang digunakan untuk mengangkut bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) [5]. Nilai indeks keselamatan kekritisan merepresentasikan jumlah kelimpahan neutron di dalam suatu bungkus dari waktu ke waktu. Meskipun bungkus berisi bahan fisil dan  $UF_6$ , selama persiapan, pelaksanaan, hingga penerimaan harus dikondisikan subkritis, akan tetapi seberapa nilai subkritis tersebut berpotensi meningkat menjadi kritis juga perlu diketahui. Hal inilah yang direpresentasikan sebagai nilai indeks keselamatan kekritisan.

Perlu diingat kembali bahwa suatu komposisi bahan fisil atau  $UF_6$  dikatakan dalam kondisi kritis apabila di dalam sistem terjadi reaksi pembelahan inti atom secara spontan karena massa kritis ataupun nilai *buckling* geometris ruang yang ditempati bahan tersebut tercapai. Pada kondisi ini jumlah kelimpahan neutron dari waktu ke waktu berada pada keadaan stabil atau konstan. Kondisi ini dapat meningkat menjadi kondisi superkritis dimana dapat terjadi kondisi reaksi berantai yang terus meningkat. Baik kondisi kritis dan superkritis harus dihindari dalam pelaksanaan pengangkutan. Indeks keselamatan kekritisan ditentukan dengan memperhitungkan keberadaan bahan fisil (uranium-235, uranium-233, dan plutonium) serta faktor persentasi pengkayaannya.

#### 4.2.7 Pemeriksaan Bungkus untuk Keperluan Kepabeanan

Kegiatan pengangkutan zat radioaktif sangat berkaitan erat dengan pergerakan lintas batas negara. Proses importasi dan

eksportasi zat radioaktif tidak dapat dipisahkan dengan pengangkutan zat radioaktif. Dengan demikian peranan Direktorat Jenderal (Ditjen) Bea dan Cukai sebagai garda depan dalam mengantisipasi penyelundupan barang yang memiliki potensi memberikan dampak merugikan terhadap kesehatan, keselamatan, maupun keamanan bagi masyarakat secara umum harus memeriksa dengan cermat setiap barang yang masuk, keluar, ataupun sekadar melintasi kawasan kepabeanaan.

Sebagaimana tugas pokok, fungsi, serta wewenang yang diatur di dalam Undang-undang Kepabeanaan, Ditjen Bea dan Cukai dapat memeriksa secara teliti setiap barang kiriman, termasuk barang kiriman berupa zat radioaktif [37]. Pemeriksaan meliputi pemeriksaan kelengkapan administratif berbagai dokumen pendukung, maupun pemeriksaan fisik secara langsung terhadap bungkusan zat radioaktif. Pemeriksaan fisik yang dimaksud tentu saja dapat dilakukan dengan membuka bungkusan untuk dapat melihat secara langsung apakah isi bungkusan benar-benar sesuai dengan berbagai dokumen pendukungnya.

Dalam hal pemeriksaan fisik diperlukan hingga harus membuka bungkusan zat radioaktif, pemeriksaan oleh pihak Ditjen Bea dan Cukai harus dilaksanakan dengan memenuhi beberapa ketentuan sebagai berikut [5]:

- a. dilakukan di tempat yang tidak mudah dijangkau oleh publik atau dilengkapi dengan penghalang;
- b. tersedia perlengkapan proteksi radiasi;
- c. dihadiri oleh Petugas Proteksi Radiasi dari pihak pengirim atau penerima.

Dalam setiap penanganan zat radioaktif, keselamatan radiasi bagi pekerja, anggota masyarakat, maupun lingkungan hidup harus dapat dijamin. Paparan radiasi terhadap pihak yang tidak berkepentingan, seperti pekerja yang tidak terkait dan anggota masyarakat sedapat mungkin harus dihindari. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka pemeriksaan bungkusan zat radioaktif harus dilakukan pada tempat yang dipersiapkan sedemikian rupa dengan pemasangan penghalang ataupun barikade untuk menghindari akses pihak yang tidak berkepentingan mendekati ke lokasi pemeriksaan. Akan lebih baik jika pemeriksaan fisik terhadap bungkusan zat radioaktif dilaksanakan pada ruang tertutup yang dirancang dengan dinding atau penahan radiasi yang memadai.

Paparan radiasi tidak dapat dilihat, diraba, dirasa, maupun diindera oleh panca indera manusia. Radiasi hanya dapat diketahui menggunakan peralatan detektor radiasi. Pelaksanaan kegiatan penanganan zat radioaktif ataupun radiasi memerlukan kelengkapan peralatan proteksi radiasi yang memadai, personel yang memiliki kompetensi, serta dilakukan sesuai dengan prosedur penanganan yang ditetapkan. Peralatan proteksi radiasi yang memadai antara lain meliputi baju apron, pelindung gonad, kaca mata Pb, dan lain sebagainya. Selain perlengkapan proteksi radiasi, perlengkapan peralatan dalam rangka penanganan bungkusan, seperti peralatan angkut, angkat, pembuka, dan lainnya juga harus tersedia memadai.

Di samping peralatan perlengkapan proteksi radiasi, penanganan paparan radiasi juga memerlukan kehadiran Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Personel PPR memiliki kompetensi dan kewenangan untuk bekerja di medan radiasi, selain tentu saja paham prosedur penanganan radiasi. PPR yang dimaksud dapat berasal dari pihak pengirim maupun penerima yang berkaitan secara langsung dengan bungkusan yang tengah diangkut. Dengan demikian untuk pemeriksaan fisik bungkusan zat radioaktif memerlukan koordinasi dan kerja sama yang baik antara petugas Bea dan Cukai, pengirim, maupun penerima.

Dalam tahap akhir proses pemeriksaan fisik dengan membuka bungkusan zat radioaktif di kawasan kepabeanan, bungkusan yang telah dibuka harus dikembalikan sesuai keadaan semula, baik dari sisi kesesuaian zat radioaktif dengan bungkusan yang digunakan, kerapatan penutupan, segel atau kunci yang ada, termasuk tanda, label, ataupun plakat di permukaan luar bungkusan. Hal ini diperlukan untuk memastikan kembali pemenuhan semua ketentuan aspek keselamatan radiasi sebagai prasyarat pengangkutan dapat dilanjutkan dengan mengedepankan jaminan keselamatan radiasi.

### **4.3 Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi**

Komitmen pemenuhan terhadap semua ketentuan aspek keselamatan radiasi oleh pemilik atau pengguna zat radioaktif dituangkan dalam dokumen Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi. Dokumen tersebut menjadi prasyarat utama dalam proses pengajuan izin pemanfaatan atau penggunaan zat radioaktif. Untuk keperluan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari penggunaan zat radioaktif, pengirim harus menyusun Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam

pengangkutan zat radioaktif [5]. Program tersebut harus disusun berdasarkan hasil kajian potensi penerimaan dosis terhadap paparan radiasi akibat kerja oleh keseluruhan personel yang terlibat dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, mulai tahapan penyiapan bungkusan, penanganan bungkusan sepanjang perjalanan, hingga pada saat penerimaan dan pembukaan bungkusan.

Berdasarkan hasil kajian potensi penerimaan dosis sebagaimana dimaksud di atas, langkah-langkah atau tindakan proteksi berupa pemantauan daerah kerja dan/atau pemantauan dosis perorangan harus dilakukan. Potensi penerimaan dosis selama 1 (satu) tahun dan tindakan proteksi radiasi yang harus diterapkan dirangkum di dalam Tabel 4.9.

**Tabel 4.9 Tindakan proteksi radiasi berdasarkan hasil kajian penerimaan dosis**

Penerimaan Dosis (D, mSv/th)	Tindakan Proteksi Radiasi
D < 1	Tidak diperlukan
1 ≤ D ≤ 6	Pemantauan daerah kerja atau pemantauan dosis perorangan
D > 6	Pemantauan daerah kerja dan pemantauan dosis perorangan

Untuk potensi penerimaan dosis kurang dari 1 (satu) mSv/th tidak memerlukan tindakan proteksi radiasi apapun. Nilai dosis tersebut merupakan batasan maksimum penerimaan dosis radiasi oleh anggota masyarakat umum dalam satu tahun. Dalam hal semua personel yang terlibat dalam kegiatan pengangkutan zat radioaktif menerima dosis radiasi kurang dari angka tersebut, maka personel yang bersangkutan tidak dikategorikan sebagai pekerja radiasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa potensi paparan radiasi di tempat penyiapan, kendaraan angkut, maupun tempat penerimaan bungkusan sangat kecil dan tempat-tempat tersebut bukan daerah atau medan radiasi.

Apabila potensi penerimaan dosis oleh personel pengangkutan zat radioaktif antara 1 mSv – 6 mSv per tahun, maka batasan nilai penerimaan dosis oleh anggota masyarakat telah terlampaui dan daerah di mana potensi dosis tersebut diterima dikategorikan sebagai daerah atau medan radiasi. Dengan pertimbangan potensi penerimaan dosis per tahunnya masih relatif rendah, maka tindakan proteksi radiasi yang dilakukan berupa pilihan antara melaksanakan pemantauan daerah kerja atau pemantauan dosis perseorangan.

Dalam hal potensi penerimaan dosis oleh personel pengangkutan zat radioaktif lebih daripada 6 mSv per tahun, maka batasan nilai penerimaan dosis oleh anggota masyarakat juga telah terlampaui dan daerah di mana potensi dosis tersebut diterima dikategorikan sebagai daerah atau medan radiasi. Dengan pertimbangan potensi penerimaan dosis per tahunnya relatif meningkat, maka tindakan proteksi radiasi yang harus dilakukan dengan melaksanakan pemantauan daerah kerja dan sekaligus pemantauan dosis perseorangan.

Pelaksanaan pemantauan dosis perseorangan harus diterapkan terhadap semua personel, meliputi personel pengirim yang melakukan persiapan pengangkutan secara terus menerus, maupun yang hanya sesekali atau sewaktu-waktu saja, termasuk personel pengangkut yang melakukan persiapan di fasilitas pengirim dan yang melakukan pengangkutan zat radioaktif.

Berkaitan dengan Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif, program tersebut dapat disusun secara tersendiri atau menjadi satu kesatuan dengan Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi atau Laporan Analisis Keselamatan dalam pemanfaatan zat radioaktif atau bahan nuklir.

Untuk jenis kegiatan pemanfaatan zat radioaktif yang memiliki tingkat mobilitas yang tinggi, seperti radiografi dan *well logging*, akan lebih baik jika kedua program tersebut menjadi satu kesatuan dokumen yang sudah diajukan kepada BAPETEN pada saat pengajuan izin pemanfaatan zat radioaktif.

Secara garis besar, dokumen Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif paling sedikit memuat [5]:

- a. ruang lingkup;
- b. tanggung jawab pengirim, penerima, dan pengangkut;
- c. hasil kajian penerimaan dosis;
- d. pemantauan daerah kerja dan/atau pemantauan dosis perseorangan;
- e. paparan radiasi dan kontaminasi permukaan bungkusan, indeks angkutan, dan indeks keselamatan kekritisan (jika zat radioaktif yang diangkut berupa bahan fisil atau  $UF_6$ );
- e. pemisahan bungkusan dan tindakan proteksi radiasi lainnya;
- f. prosedur pemuatan, penempatan, pengangkutan, penanganan, dan pembongkaran bungkusan;
- g. prosedur penanggulangan kedaruratan;

- h. pelatihan; serta
- i. sistem manajemen keselamatan radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif.

#### 4.4 Penempatan dan Penyimpanan Bungkusan

Ketentuan mengenai penempatan dan penyimpanan bungkusan, mencakup penempatan bungkusan selama perjalanan pengangkutan zat radioaktif maupun penyimpanan bungkusan selama transit di tengah perjalanan. Dalam penempatan bungkusan selama perjalanan pengangkutan zat radioaktif, pengirim harus mempertimbangkan beberapa hal, meliputi [5]:

- a. jenis moda angkutan yang digunakan;
- b. jenis pengangkutan;
- c. paparan radiasi pada permukaan luar kendaraan angkut;
- d. indeks angkutan; dan
- e. indeks keselamatan kekritisan.

Pertimbangan terhadap jenis moda angkut yang digunakan sangat berkaitan dengan kebutuhan penanganan bungkusan yang tidak sama untuk moda angkutan jalan raya, kereta api, kapal penyeberangan danau atau sungai, kapal laut, maupun pesawat terbang. Hal tersebut juga sangat berkaitan dengan jenis pengangkutan, apakah penggunaan kendaraan angkut secara noneksklusif ataukah eksklusif, apakah diangkut secara khusus ataukah diangkut bersamaan dengan barang kiriman lainnya.

Untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, paparan radiasi maksimum pada permukaan luar kendaraan angkut tidak boleh melebihi 2 mSv/jam dan 0,1 mSv/jam pada jarak 2 meter dari permukaan luar kendaraan angkut. Posisi penempatan bungkusan di atas kendaraan angkut sangat menentukan jarak maupun efek penahan radiasi antara sumber radiasi dengan titik terluar kendaraan angkut. Adalah sangat penting memperhitungkan penempatan bungkusan, apakah diletakkan di bagian tengah-pinggir, kanan-kiri, depan-belakang pada kendaraan angkut atau peti kemas.

Pertimbangan yang sama juga harus dikaitkan dengan besar-kecilnya nilai indeks angkutan dan indeks keselamatan kekritisan. Semakin besar nilai kedua indeks tersebut berarti semakin tinggi potensi risiko bahaya radiasi yang menyertai suatu bungkusan zat radioaktif. Semua ketentuan penempatan bungkusan selama perjalanan pengangkutan zat radioaktif juga harus diterapkan

terhadap pembungkus luar ataupun peti kemas. Dengan demikian peletakan bungkusan di kendaraan angkut menjadi faktor yang sangat penting dalam rangka tetap melindungi personel pengangkut maupun anggota masyarakat umum yang melintas berdekatan dengan barang kiriman maupun kendaraan angkut.

Dalam hal selama pengangkutan zat radioaktif diperlukan transit di tengah perjalanan, maka penempatan bungkusan ataupun kendaraan angkut tidak boleh sembarangan. Penempatan bungkusan atau kendaraan angkut untuk keperluan transit di tengah perjalanan harus memenuhi ketentuan bahwa bungkusan ditempatkan pada tempat yang tidak mudah dijangkau oleh anggota masyarakat dan harus dilengkapi dengan penghalang untuk mengurangi akses orang yang tidak berkepentingan mendekati bungkusan atau kendaraan angkut. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari pihak yang tidak berkepentingan mendapatkan paparan radiasi yang tidak diperlukan. Dua parameter yang sangat penting sebagai pertimbangan utama untuk penempatan bungkusan ataupun kendaraan angkut selama transit adalah indeks angkutan dan indeks keselamatan kekritisan.

Apabila pengirim sekaligus bertindak sebagai pengangkut untuk mengirimkan bungkusan zat radioaktif miliknya sendiri, maka ketentuan dan pertimbangan penempatan bungkusan selama transit menjadi tanggung jawabnya secara penuh. Akan tetapi apabila pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif dilaksanakan oleh pengangkut pihak ketiga, maka pengirim berkewajiban memberikan petunjuk secara jelas dan detail kepada pengangkut. Semua ketentuan, persyaratan, dan pertimbangan dalam penempatan bungkusan selama transit di tengah perjalanan juga harus diterapkan terhadap pengangkutan yang menggunakan pembungkus luar dan/ atau peti kemas. Hal tersebut juga menyangkut mengenai subyek hukum yang bertanggung jawab berkaitan dengan pelaksana pengangkutan, baik oleh pengirim yang sekaligus bertindak sebagai pengangkut maupun oleh pengangkut pihak ke tiga.



# BAB 5

## TEKNIS KEAMANAN PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Pasca kejadian tragedi 11 September 2001 berupa serangan pemboman yang menimpa gedung World Trade Center di New York, Amerika Serikat, perhatian dunia internasional terhadap aspek keamanan lebih meningkat. Demikian halnya dalam kegiatan pengangkutan zat radioaktif, aspek keamanan menjadi hal yang sangat penting dan tidak dapat lagi dikesampingkan.



**Gambar 5.1 Peristiwa pemboman Menara WTC [38]**

Ketentuan mengenai teknis keamanan merupakan persyaratan pengangkutan zat radioaktif dari aspek keamanan sumber radioaktif ataupun proteksi fisik bahan nuklir. Persyaratan tersebut harus dipenuhi, mulai pada saat penyiapan bungkusan, pemuatan dan penempatan bungkusan di kendaraan angkut, termasuk pelaksanaan transit di tengah perjalanan, hingga bungkusan tiba di tangan penerima.

Aspek keamanan sumber radioaktif atau proteksi fisik bahan nuklir pada saat pengangkutan zat radioaktif harus diterapkan

dengan sebaik-baiknya. Penerapan tersebut dilaksanakan dengan segala tindakan atau serangkaian tindakan untuk mencegah terjadinya pencurian, sabotase, teror, maupun tindakan melawan hukum lain yang mengakibatkan jatuhnya zat radioaktif kepada pihak lain yang tidak berwenang dan tidak bertanggung jawab.

Konsep maupun penerapan aspek teknis keamanan memiliki sudut pandang yang berbeda dengan aspek teknis keselamatan radiasi. Konsep dan penerapan aspek teknis keselamatan radiasi lebih memandang zat radioaktif yang diangkut memiliki potensi bahaya radiasi sehingga pekerja, anggota masyarakat dan lingkungan hidup harus dilindungi. Sedangkan aspek teknis keamanan justru memandang yang harus dilindungi adalah zat radioaktif yang diangkut dari potensi ancaman keamanan yang berasal dari manusia yang tidak bertanggung jawab.

Berbeda dengan konteks keselamatan radiasi yang membagi zat radioaktif menjadi 6 (enam) klasifikasi, zat radioaktif sebagai obyek barang kiriman dari sisi keamanan dibedakan menjadi sumber radioaktif dan bahan nuklir. Sumber radioaktif meliputi Zat Radioaktif Bentuk Khusus dan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah. Adapun bahan nuklir terdiri atas bahan fisil, Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ), maupun uranium alam, thorium alam, serta uranium susut kadar yang sebelumnya diklasifikasikan sebagai Zat Radioaktif Aktivitas Jenis Rendah (AJR-I).

Di samping perbedaan pengelompokan zat radioaktif menjadi sumber radioaktif dan bahan nuklir, terdapat perbedaan istilah penyebutan teknis keamanan di antara kedua obyek tersebut. Untuk sumber radioaktif digunakan istilah keamanan sumber radioaktif (*security of radioactive sources*). Adapun untuk bahan nuklir digunakan penyebutan proteksi fisik bahan nuklir (*physical protection of nuclear material*).

Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, ketentuan mengenai aspek teknis keamanan diatur di dalam Pasal 43 sampai dengan Pasal 60, mencakup pengaturan mengenai teknis keamanan untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus dan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah, serta untuk bahan fisil dan Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) yang merupakan bahan nuklir [5].

## 5.1 Keamanan Sumber Radioaktif

Istilah keamanan sumber radioaktif diadopsi dari termonologi *security of radioactive sources*. Sebenarnya istilah sumber radioaktif secara konsisten dipergunakan untuk mengacu kepada sumber

terbungkus (*sealed sources*). Namun demikian dalam konteks kegiatan pengangkutan zat radioaktif, kebijakan nasional yang kita terapkan juga memberlakukan aspek teknis keamanan terhadap Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah. Dengan demikian sumber radioaktif terdiri atas Zat Radioaktif Bentuk Khusus (*special form radioactive material*) dan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah (*low dispersible radioactive material*).

### 5.1.1 Kategori Sumber Radioaktif

Sebelum pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif dilaksanakan, pengirim wajib menentukan Zat Radioaktif Bentuk Khusus atau Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang akan diangkut ke dalam kategori sumber radioaktif. Penentuan kategori sumber radioaktif harus dilakukan berdasarkan parameter ambang batas radioaktivitas dan jenis penggunaannya. Kategori sumber radioaktif, meliputi [5]:

- a. sumber radioaktif kategori 1;
- b. sumber radioaktif kategori 2;
- c. sumber radioaktif kategori 3;
- d. sumber radioaktif kategori 4;
- e. sumber radioaktif kategori 5.

Kategori sumber radioaktif merupakan pemeringkatan potensi ancaman keamanan terhadap sumber radioaktif dengan aktivitas tertentu berkaitan dengan potensi risiko atau tingkat keparahan dampak yang dapat ditimbulkan apabila semua fitur penahan dan pengungkung radiasi mengalami gagal fungsi secara total. Nilai ambang batas radioaktivitas, dinyatakan sebagai  $A/D$ , merupakan rasio aktivitas radionuklida terhadap nilai  $D$ . Nilai  $D$  menunjukkan aktivitas jenis radionuklida dari sumber radioaktif yang dapat menyebabkan efek deterministik yang parah. Kategorisasi sumber radioaktif menurut nilai ambang batas radioaktivitas ( $A/D$ ) dan jenis penggunaannya disajikan di dalam Tabel 5.1.

Dengan mencermati keterangan sebagaimana terdapat di dalam Tabel 5.1 dapat diketahui bahwa sumber radioaktif kategori 1 merupakan sumber radioaktif yang memiliki potensi ancaman keamanan yang paling tinggi. Berturut-turut sumber radioaktif kategori 2, 3, 4, dan 5 memiliki potensi ancaman keamanan yang semakin rendah.

Untuk konteks kegiatan pengangkutan zat radioaktif, istilah

kategori bungkusan zat radioaktif sangat berbeda dengan kategori keamanan sumber radioaktif. Kategori bungkusan zat radioaktif sangat tergantung seberapa besar aktivitas suatu radionuklida dan juga spesifikasi teknis pembungkus atau bungkusan yang digunakan. Kedua parameter tersebut sangat menentukan tingkat paparan radiasi maksimum di permukaan luar bungkusan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan bungkusan.

Adapun penentuan kategori keamanan sumber radioaktif sepenuhnya mengacu kepada parameter aktivitas jenis suatu radionuklida dan besarnya nilai D yang telah ditentukan untuk setiap radionuklida berdasarkan hasil kajian.

**Tabel 5.1 Kategorisasi sumber radioaktif [5]**

Kategori Sumber Radioaktif	Ambang Batas Radioaktivitas (A/D)	Jenis Penggunaan Sumber Radioaktif (sra) untuk:
1	$A/D \geq 1000$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• iradiator</li> <li>• radioterapi</li> </ul>
2	$10 \leq A/D < 1000$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• radiografi industri</li> <li>• brakhiterapi</li> </ul>
3	$1 \leq A/D < 10$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gauging dengan sra aktivitas tinggi</li> <li>• <i>well logging</i></li> <li>• fotofluorografi</li> </ul>
4	$0,01 \leq A/D < 1$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gauging dengan sra aktivitas rendah</li> </ul>
5	$A/D > 0,01$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tujuan pendidikan dan litbang</li> <li>• <i>check sources</i></li> <li>• kalibrasi</li> <li>• standardisasi</li> </ul>

### 5.1.2 Tingkat Keamanan Sumber Radioaktif

Berdasarkan kategori sumber radioaktif yang ditetapkan dengan mengacu ketentuan sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 5.1, pengirim wajib menentukan tingkat keamanan sumber radioaktif. Tingkat keamanan sumber radioaktif merupakan pemeringkatan tindakan-tindakan pengamanan sumber radioaktif yang harus dilaksanakan atau diterapkan dalam pengangkutan zat radioaktif berdasarkan tingkat potensi ancaman keamanan yang menyertai.

Tingkat keamanan sumber radioaktif diklasifikasikan menjadi

tingkat keamanan dasar (*basic security level*), tingkat keamanan lanjut (*enhanced security level*), dan tingkat keamanan lanjutan diperketat (*additional security measure*) [5]. Tingkat keamanan sumber radioaktif sangat berkaitan dengan dan ditentukan oleh kategori sumber radioaktif. Keterkaitan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Kategorisasi dan tingkat keamanan sumber radioaktif**

Kategori Sumber Radioaktif	Tingkat - Tindakan Keamanan Sumber Radioaktif
3	Dasar
2	Lanjutan
1	Lanjutan diperketat

Adapun untuk sumber radioaktif kategori 4 dan 5 tidak diberlakukan tindakan keamanan apapun (*prudent security level*). Dengan menerapkan semua ketentuan dari aspek keselamatan radiasi, untuk sumber radioaktif kategori 4 dan 5 dipandang sekaligus sudah sangat mencukupi perlindungan terhadap potensi ancaman keamanan yang ada. Dengan demikian secara legal maupun teknis, sumber radioaktif kategori 4 dan 5 dikecualikan dari pemenuhan aspek teknis keamanan dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif.

Tindakan keamanan dasar yang diberlakukan terhadap sumber radioaktif kategori 3 yang diangkut, meliputi tindakan berupa [5]:

- a. pemberitahuan pendahuluan kepada penerima;
- b. pemilihan moda pengangkutan;
- c. penentuan tempat pemberhentian dan transit;
- d. identifikasi personel pengangkut;
- e. pemeriksaan kendaraan angkut;
- f. penggunaan kunci dan segel;
- g. tindakan penanggulangan kedaruratan keamanan;
- h. pelaporan dalam kondisi rutin dan kondisi darurat.

Untuk pengangkutan zat radioaktif berupa sumber radioaktif kategori 2, selain menerapkan semua tindakan keamanan dasar sebagaimana terurai sebelumnya, pengirim harus menerapkan tindakan keamanan lanjutan, meliputi tindakan-tindakan berupa [5]:

- a. pemberitahuan pendahuluan kepada BAPETEN;

- b. penggunaan sistem komunikasi pengamanan;
- c. penentuan rute pengangkutan;
- d. pelaksanaan pemindahtanganan atau pengalihan;
- e. penetapan petugas keamanan sumber radioaktif;
- f. penggunaan peralatan pelacak.

Adapun dalam pengangkutan zat radioaktif berupa sumber radioaktif kategori 1, selain menerapkan semua tindakan keamanan dasar dan lanjutan sebagaimana terurai sebelumnya, pengirim harus menerapkan tindakan keamanan lanjutan yang diperketat, berupa tindakan koordinasi dengan satuan perespons dan pengaktifan satuan perespons. Dalam hal ini yang dimaksud satuan perespons adalah pihak Kepolisian Republik Indonesia (Polri) ataupun Tentara Nasional Indonesia (TNI). Gambar 5.2 memperlihatkan rangkuman tindakan keamanan yang dipersyaratkan berdasarkan tingkat keamanan, mulai dari tingkat keamanan dasar, lanjutan, hingga lanjutan diperketat.



**Gambar 5.2 Rangkuman tindakan keamanan sesuai tingkatannya**

### 5.1.3 Rencana Keamanan Sumber Radioaktif

Sebagai acuan penerapan tindakan keamanan dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, pengirim wajib menyusun rencana keamanan sumber radioaktif sebelum pengangkutan dilaksanakan. Rencana keamanan sumber radioaktif yang dimaksud

harus memuat informasi, paling kurang meliputi [5]:

- a. ruang lingkup;
- b. acuan peraturan perundang-undangan, standar, dan/atau kebijakan;
- c. kategori sumber radioaktif, deskripsi zat radioaktif, bungkus, dan moda pengangkutan;
- d. struktur organisasi dan tanggung jawab setiap personel;
- e. pelatihan personel dalam hal pengamanan sumber radioaktif;
- f. pengelolaan keamanan informasi;
- g. tindakan keamanan yang disesuaikan dengan tingkat keamanan;
- h. prosedur pemuatan, transit, penyimpanan sementara, perpindahtanganan, pembongkaran, dan pelaporan dalam kondisi rutin;
- i. rencana penanggulangan kedaruratan keamanan; dan
- j. inventarisasi dan rekaman hasil inventarisasi sumber radioaktif yang diangkut.

Muatan rencana keamanan sebagaimana dimaksud di atas harus disesuaikan dengan kategori sumber radioaktif yang akan diangkut. Dalam hal zat radioaktif yang diangkut memiliki kategori sumber radioaktif yang berbeda-beda, maka rencana keamanan harus didasarkan kepada sumber radioaktif dengan tingkat potensi ancaman keamanan yang paling tinggi. Dari sisi pendokumentasian rencana keamanan untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, dokumen rencana keamanan dapat disusun menjadi dokumen rencana keamanan sumber radioaktif tersendiri, maupun menjadi satu kesatuan dengan dokumen rencana keamanan sumber radioaktif untuk pemanfaatan sumber radiasi pengion yang diajukan kepada BAPETEN pada saat pengajuan izin pemanfaatan.

Untuk mengantisipasi setiap perkembangan atau dinamika situasi keamanan di wilayah penggunaan maupun pada jalur-jalur pengangkutan yang dilewati, maka pengirim diwajibkan untuk senantiasa melakukan pemutakhiran terhadap rencana keamanan yang telah ada. Pemutakhiran rencana keamanan dimaksud harus dilakukan paling kurang satu kali dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun. Ketentuan pengaturan lebih lanjut mengenai keamanan sumber radioaktif untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif telah diatur sebagai bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 6 Tahun 2015 tentang Keamanan Sumber Radioaktif [27].

Secara lebih detail dan teknis, peraturan tersebut harus menjadi acuan pemenuhan keseluruhan aspek teknis keamanan dalam pengangkutan sumber radioaktif.

## 5.2 Proteksi Fisik Bahan Nuklir

Selain memiliki potensi bahaya radiasi karena merupakan radionuklida yang memancarkan paparan radiasi, dari sisi keamanan, bahan nuklir sangat berpotensi untuk disalahgunakan sebagai senjata nuklir. Berdasarkan *Nuclear Proliferation Treaty* yang sudah kita ratifikasi sebagai Undang-undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian Mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata Nuklir [39], negara kita berkomitmen untuk memanfaatkan tenaga nuklir hanya untuk tujuan damai. Indonesia tidak akan mengembangkan nuklir untuk persenjataan.

Konsep yang diterapkan untuk memastikan dan mengawasi setiap gram bahan nuklir benar-benar dipergunakan untuk tujuan damai disebut sebagai sistem *safeguard*. Melalui sistem *safeguard*, setiap pemegang izin penggunaan bahan nuklir harus menyusun akuntansi penggunaan bahan nuklir secara ketat dan diinspeksi secara rutin oleh BAPETEN ataupun *International Atomic Energy Agency*, IAEA (jika diperlukan).

Selain kemungkinan disalahgunakan oleh pemegang izin penggunaan bahan nuklir, bahan nuklir dapat pula jatuh ke tangan pihak lain yang tidak sah melalui tindakan-tindakan melawan hukum, seperti pencurian, perampokan, sabotase, penyanderaan, dan lain sebagainya. Untuk menghindari segala macam ancaman keamanan yang dapat menyebabkan bahan nuklir jatuh ke pihak yang tidak bertanggung jawab atau tidak legal, diterapkanlah proteksi fisik terhadap bahan nuklir.

Sebagaimana konsep keamanan sumber radioaktif, proteksi fisik bahan nuklir pada saat pengangkutan zat radioaktif merupakan segala tindakan atau serangkaian tindakan untuk mencegah terjadinya pencurian, sabotase, teror, maupun tindakan melawan hukum lain yang mengakibatkan jatuhnya bahan nuklir kepada pihak lain yang tidak berwenang dan tidak bertanggung jawab.

### 5.2.1 Golongan Bahan Nuklir

Sebelum pelaksanaan kegiatan pengangkutan bahan nuklir dilaksanakan, pengirim wajib mengklasifikasikan bahan nuklir ke dalam golongan bahan nuklir yang sesuai. Pengklasifikasian bahan nuklir harus didasarkan keberadaan unsur uranium, plutonium,

atau thorium; kondisi teriradiasi atau tidaknya unsur uranium atau plutonium; serta massa bahan nuklir yang bersangkutan. Klasifikasi bahan nuklir sebagaimana dimaksud di atas, meliputi [5],[9]:

- a. Bahan nuklir golongan I;
- b. Bahan nuklir golongan II;
- c. Bahan nuklir golongan III; serta
- d. Bahan nuklir golongan IV.

Ketentuan dan acuan dalam penentuan klasifikasi bahan nuklir secara terperinci dapat dilihat dalam Tabel 5.3.

### **5.2.2 Rencana Proteksi Fisik Bahan Nuklir**

Sebagai acuan penerapan tindakan proteksi fisik dalam pelaksanaan pengangkutan bahan nuklir, pengirim wajib menyusun rencana proteksi fisik bahan nuklir sebelum pengangkutan dilaksanakan. Rencana proteksi fisik bahan nuklir yang dimaksud harus memuat informasi, paling kurang meliputi [5]:

- a. pemberitahuan pendahuluan kepada penerima;
- b. pemilihan moda pengangkutan;
- c. rute pengangkutan;
- d. tempat pemberhentian dan transit;
- e. ketentuan tentang perpindahtanganan;
- f. identifikasi personel pengangkut;
- g. pemeriksaan kendaraan angkut;
- h. sistem komunikasi pengamanan;
- i. penjaga dan petugas keamanan;
- k. peralatan pelacak;
- l. ketentuan penggunaan kunci dan segel;
- m. tindakan setelah pengiriman;
- n. rencana kontijensi pengangkutan;
- o. koordinasi dengan satuan perespons; dan/atau
- p. prosedur pelaporan, baik dalam kondisi rutin maupun kondisi darurat.

Muatan rencana proteksi fisik sebagaimana dimaksud di atas harus disesuaikan dengan golongan bahan nuklir yang akan diangkut. Dalam hal bahan nuklir yang diangkut memiliki golongan yang berbeda-beda, maka rencana proteksi fisik harus didasarkan kepada bahan nuklir dengan tingkat potensi ancaman keamanan yang paling tinggi.

**Tabel 5.3 Klasifikasi Bahan Nuklir [3,14]**

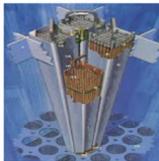
Unsur	Uraian	Golongan Bahan Nuklir			
		I	II	III <sup>c</sup>	IV <sup>c</sup>
Plutonium (Pu-239) <sup>a</sup>	Tidak teriradiasi atau teriradiasi <sup>b</sup>	$m_{pu} \geq 2 \text{ kg}$	$500 \text{ g} < m_{pu} < 2 \text{ kg}$	$15 \text{ g} < m_{pu} \leq 500 \text{ g}$	$m_{pu} \leq 15 \text{ g}$
Uranium-235 (U-235)	Tidak teriradiasi atau teriradiasi <sup>b</sup> , dimana:				
	a. $\eta \geq 20\%$ U-235	$m_{u35} \geq 5 \text{ kg}$	$1 \text{ kg} < m_{u35} < 5 \text{ kg}$	$15 \text{ g} < m_{u35} \leq 1 \text{ kg}$	$m_{u35} \leq 15 \text{ g}$
	b. $10\% \leq \eta < 20\%$ U-235	-	$10 \text{ kg} \geq m_{u35}$	$1 \text{ kg} < m_{u35} < 5 \text{ kg}$	$m_{u35} < 1 \text{ kg}$
	c. $\eta < 10\%$ U-235	-	-	$10 \text{ kg} \geq m_{u35}$	$m_{u35} < 10 \text{ kg}$
Uranium-233	Tidak teriradiasi atau teriradiasi <sup>b</sup>	$10 \text{ kg} \geq m_{u33}$	$500 \text{ g} < m_{u33} < 2 \text{ kg}$	$15 \text{ g} < m_{u33} \leq 500 \text{ g}$	$m_{u33} \leq 15 \text{ g}$
Bahan bakar teriradiasi	-	-	Uranium alam atau uranium susut kadar, thorium, atau bahan bakar pengkayaan rendah (<10%) <sup>d</sup>	-	-

Keterangan tabel:

- a : semua plutonium, kecuali plutonium dengan konsentrasi isotopic dalam Pu-238 melebihi 80%
  - b : tidak teriradiasi atau teriradiasi di dalam reaktor, tetapi dengan tingkat radiasi kurang atau sama dengan 1 Gy/jam (100rad/jam) pada jarak 1 m tanpa perisai
  - c : bahan nuklir tidak memerlukan proteksi fisik, tetapi harus tetap diterapkan *prudent management practice* (cukup penerapan aspek keselamatan radiasi)
  - d : bahan nuklir golongan I atau II yang pada saat sebelum diiradiasi dapat diturunkan golongan satu tingkat lebih rendah, dalam hal tingkat radiasi melebihi 1 Gy/jam (100 rad/jam) pada jarak 1 m tanpa perisai
- $m_{pu-239}$  : massa plutonium-239
- $m_{u-235}$  : massa uranium-235
- $m_{u-233}$  : massa uranium-233
- $\eta$  : persentasi pengkayaan uranium-235

Dari sisi pendokumentasian rencana proteksi fisik untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, dokumen rencana proteksi fisik dapat disusun menjadi dokumen rencana proteksi fisik tersendiri, maupun menjadi satu kesatuan dengan dokumen rencana proteksi fisik untuk pemanfaatan bahan nuklir yang diajukan kepada BAPETEN pada saat pengajuan izin penggunaan bahan nuklir.

Untuk mengantisipasi setiap perkembangan atau dinamika situasi keamanan di wilayah penggunaan maupun pada jalur-jalur pengangkutan yang dilewati, maka pengirim diwajibkan untuk senantiasa melakukan pemutakhiran terhadap rencana proteksi fisik yang telah ada. Pemutakhiran rencana proteksi fisik dimaksud harus dilakukan paling kurang satu kali dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun. Gambar 5.3 memperlihatkan rangkuman persyaratan proteksi fisik yang harus diterapkan terhadap bahan nuklir pada saat pengangkutan dilaksanakan.



**Proteksi Fisik**

- pemberitahuan pendahuluan kepada penerima;
- pemilihan moda Pengangkutan;
- rute pengangkutan;
- tempat pemberhentian dan transit;
- ketentuan tentang perpindahtanganan;
- identifikasi personel pengangkut;
- pemeriksaan kendaraan angkut;
- sistem komunikasi pengamanan;
- penjaga/petugas keamanan;
- peralatan pelacak;
- ketentuan penggunaan kunci dan segel;
- tindakan setelah pengiriman;
- rencana kontinjensi Pengangkutan;
- koordinasi dengan Satuan Perespons; dan/atau
- prosedur pelaporan baik dalam kondisi rutin maupun kondisi darurat

**Gambar 5.3 Rangkuman persyaratan proteksi fisik untuk bahan nuklir**

Ketentuan pengaturan lebih lanjut mengenai proteksi fisik bahan nuklir untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif telah diatur sebagai bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2009 tentang Ketentuan Sistem Proteksi Fisik Instalasi dan Bahan Nuklir [26]. Secara lebih detail dan teknis,

peraturan tersebut harus menjadi acuan pemenuhan keseluruhan aspek teknis keamanan dalam pengangkutan bahan nuklir. Pada saat buku ini disusun, Perka BAPETEN sebagaimana tersebut di atas sedang dalam proses revisi atau amandemen.

# BAB 6

## MANAJEMEN KESELAMATAN RADIASI DAN KEAMANAN

Persiapan, pelaksanaan, dan kegiatan pasca pengangkutan zat radioaktif harus mengacu kepada pemenuhan semua aspek teknis keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif. Di samping itu, secara aspek legal, pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif juga harus dilaksanakan dengan legalitas yang sah. Untuk memastikan kedua aspek tersebut dipenuhi oleh semua pemangku kepentingan yang terlibat, diperlukan adanya pengelolaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif yang terkoordinasi dengan baik.

Setiap pihak yang terlibat langsung sebagai subyek hukum pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, meliputi pengirim, pengangkut, dan penerima harus mengetahui semua kewajiban dan tanggung jawab yang harus dilakukannya. Pengirim dan penerima merupakan dua pihak yang secara langsung memanfaatkan zat radioaktif yang dikirimkan atau diangkut. Konteks pemanfaatan zat radioaktif melingkupi semua kegiatan yang berkaitan dengan produksi, pengalihan, ekspor, impor, pengalihan atau distribusi, penggunaan, litbang, termasuk pengelolaan limbah radioaktif.

Adapun pihak pengangkut, secara umum dimaknai sebagai pihak ketiga yang mengangkut atau mengirimkan bungkusan zat radioaktif. Pengangkut hanya mengangkut zat radioaktif yang telah dipersiapkan oleh pengirim. Kewajiban pengangkut adalah memenuhi semua ketentuan peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan pengangkutan barang berbahaya. Dalam hal pengirim atau penerima sekaligus merangkap atau bertindak sebagai pengangkut, maka semua kewajiban pengangkut harus dilaksanakan secara penuh oleh pengirim atau penerima tersebut.

Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, ketentuan mengenai manajemen keselamatan radiasi dan

keamanan diatur di dalam Pasal 61 sampai dengan Pasal 66, mencakup pengaturan mengenai kewajiban pengirim, penerima, dan pengangkut, serta sistem manajemen [5].

## 6.1 Kewajiban Pengirim

Pengirim merupakan subyek hukum paling utama dalam persiapan, pelaksanaan, maupun kegiatan pasca pengangkutan zat radioaktif. Kewajiban-kewajiban yang harus dipenuhi oleh pengirim, meliputi [5]:

- a. memiliki izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau izin pemanfaatan bahan nuklir sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;
- b. memastikan pengangkut telah memenuhi ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang pengangkutan;
- c. memastikan pengangkut memiliki izin pengangkutan barang berbahaya dari kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perhubungan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan dalam hal pengangkutan zat radioaktif dilakukan secara eksklusif;
- d. melaksanakan ketentuan teknis keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif;
- e. menyusun dokumen pengiriman dan menyerahkan salinannya kepada pengangkut;
- f. memastikan bahwa pengangkut yang digunakan memiliki kompetensi dalam pengangkutan zat radioaktif dan/atau pengangkutan barang berbahaya;
- g. melakukan evaluasi, pemantauan, dan audit secara berkala terhadap hal yang berkaitan dengan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif;
- h. mengganti semua kerugian yang dialami pengangkut dan/atau pihak lain sebagai akibat dari tidak dipenuhinya persyaratan keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif;
- i. mengirim kembali zat radioaktif atau bungkusan yang tidak memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan keamanan kepada pihak yang mengirimkan di negara asal pengangkutan zat radioaktif.

Izin pemanfaatan tenaga nuklir berupa penggunaan zat radioaktif atau bahan nuklir (dalam konteks pengangkutan hanya

disebut sebagai zat radioaktif) merupakan legalitas yang diberikan oleh BAPETEN sebagai pernyataan bahwa subyek hukum yang bersangkutan telah dinyatakan memenuhi semua persyaratan keselamatan (*safety*), keamanan (*security*), dan/atau *safeguard*. Dikarenakan kegiatan pengangkutan zat radioaktif merupakan kegiatan pendukung yang tidak terlepas dari penggunaan zat radioaktif, maka pengangkutan zat radioaktif secara legal hanya dapat melibatkan pihak pengirim maupun penerima yang memiliki legalitas penggunaan zat radioaktif berwujud izin.

Berkenaan dengan ketentuan bahwa pengirim dan penerima wajib memiliki izin pemanfaatan zat radioaktif, ada beberapa tujuan yang ingin dicapai. Pertama, keberadaan pengirim dan penerima sebagai pemegang izin akan memudahkan pelaksanaan pengawasan karena keduanya merupakan subyek hukum yang jelas. Apabila salah satu pihak di antara pengirim ataupun penerima bukan pemegang izin dari BAPETEN, akan muncul peluang pihak ke tiga yang tidak jelas status hukumnya dapat mengakses zat radioaktif secara tidak sah. Hal ini sangat mengundang kerawanan keamanan apabila pihak ketiga tersebut merupakan kelompok teroris atau pihak lain yang tidak bertanggung jawab.

Tujuan ke dua, dari aspek teknis, keberadaan zat radioaktif beserta paparan radiasinya memiliki potensi bahaya radiasi yang dapat menimbulkan kerugian, gangguan, bahkan kematian. Pada saat zat radioaktif belum dimasukkan ke dalam bungkus, ketika persiapan dilakukan oleh pengirim, ataupun ketika penggunaan akan dilakukan oleh penerima, potensi bahaya radiasi ketika zat radioaktif berada di luar bungkus sangat tinggi. Potensi bahaya radiasi yang tinggi hanya dapat ditangani oleh pihak yang memiliki kompetensi, dilengkapi dengan perlengkapan kerja yang memadai, serta dilaksanakan dengan prosedur yang sesuai. Ketiga prasyarat penanganan zat radioaktif tersebut hanya dapat dijamin melalui proses perizinan yang diberikan oleh BAPETEN.

Meskipun tidak ditutup kemungkinan bahwa pihak pengirim maupun penerima dapat bertindak sebagai pengangkut untuk mengangkut zat radioaktif miliknya sendiri, namun secara umum pengertian pengangkut adalah pihak ketiga yang melaksanakan pengangkutan, mulai pada saat pemuatan zat radioaktif ke atas kendaraan angkut, perjalanan, hingga pembongkaran muatan dan serah terima kepada pihak penerima.

Pengangkutan barang berbahaya, termasuk zat radioaktif, harus sepenuhnya tunduk terhadap peraturan perundang-undangan di bidang pengangkutan yang pengaturannya menjadi kewenangan Kementerian Perhubungan. Hal ini menimbulkan konsekuensi bahwa pengirim wajib memastikan bahwa pengangkut yang melayani jasa pengiriman zat radioaktif miliknya memenuhi semua ketentuan peraturan perundang-undangan pengangkutan barang berbahaya yang berlaku.

Lebih khusus untuk zat radioaktif dengan kondisi tertentu yang memerlukan pengangkutan secara eksklusif, maka pengirim harus memastikan bahwa pengangkut memiliki izin pengangkutan barang berbahaya dari Kementerian Perhubungan. Izin tersebut menyangkut kelayakan kendaraan angkut yang digunakan, juga kepastian kompetensi kru angkut, seperti pengemudi dan awak kendaraan, yang memadai.

Sebagai subyek hukum penanggung jawab utama terwujudnya keselamatan dan keamanan, pengirim harus menerapkan semua persyaratan, khususnya pada saat penyiapan bungkusan zat radioaktif secara teknis maupun administratif. Bagaimana pemilihan bungkusan yang sesuai, penentuan indeks angkutan atau indeks keselamatan kekritisan, pencantuman tanda, label, dan plakat menjadi langkah-langkah krusial yang sangat menentukan keselamatan radiasi.

Demikian halnya bagaimana mengklasifikasikan kategori sumber radioaktif atau golongan bahan nuklir, memasang segel atau kunci, merencanakan komunikasi selama perjalanan, menerapkan pengawalan dan lain sebagainya sangat menentukan keberlangsungan pengangkutan zat radioaktif secara aman. Hal tersebut sangat krusial dan berhubungan sangat erat dengan proses persiapan pengangkutan yang menjadi kewajiban pengirim. Secara legal administratif, setiap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif wajib mendapatkan persetujuan pengiriman dari BAPETEN. Pengangkutan zat radioaktif hanya dapat dilaksanakan dalam jangka waktu masa berlakunya persetujuan pengiriman tersebut. Persetujuan pengiriman merupakan bagian dari dokumen pengiriman yang harus diberikan oleh pengirim kepada pihak pengangkut.

Dokumen pengiriman wajib disusun oleh pengirim. Dokumen pengiriman pada intinya berisi data dan informasi berkaitan dengan barang kiriman, meliputi antara lain radionuklida berikut karakteristik dan potensi bahayanya, prosedur penanganan untuk pemuatan

ke atas atau ke dalam kendaraan angkut, penempatan di dalam kendaraan angkut, penempatan kendaraan pada saat transit, maupun pembongkaran pada saat tiba di tempat tujuan. Selain itu, dokumen pengiriman juga harus dilengkapi dengan prosedur penanganan keadaan darurat dalam hal terjadi insiden atau kecelakaan di tengah perjalanan.

Di samping persetujuan pengiriman, dalam hal diperlukan adanya kelengkapan izin dari instansi terkait lainnya, semisal izin pengangkutan barang berbahaya dari Kementerian Perhubungan, maka izin tersebut juga menjadi bagian tidak terpisahkan dari dokumen pengiriman. Dengan demikian, dokumen pengiriman merupakan petunjuk, arahan, panduan, dan prosedur yang diberikan oleh pengirim untuk dilaksanakan pihak pengangkut ataupun pihak lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif. Dokumen tersebut harus diberikan oleh pengirim kepada pengangkut untuk dibawa sepanjang perjalanan.

Sebagai kegiatan pendukung dalam penggunaan zat radioaktif, lebih khusus lagi untuk jenis kegiatan penggunaan dengan mobilitas tinggi, pengangkutan zat radioaktif merupakan kegiatan rutin. Dengan demikian, pengirim wajib senantiasa mengadakan evaluasi, pemantauan, ataupun audit secara berkala terhadap pelaksanaan pengangkutan dalam rangka memperbaiki, mengembangkan, dan meningkatkan pencapaian keselamatan radiasi maupun keamanannya.

Dalam hal terjadi insiden atau kecelakaan yang ditimbulkan akibat tidak dipenuhinya aspek keselamatan radiasi dan keamanan yang semestinya menjadi kewajiban pengirim pada saat persiapan pelaksanaan pengangkutan, maka segala konsekuensi kerugian yang timbul menjadi tanggung jawab sepenuhnya pihak pengirim. Hal ini tentu saja tidak berlaku apabila dalam kontrak perjanjian keperdataan yang dibuat antara pihak pengirim, pengangkut, ataupun penerima menyatakan hal yang berbeda.

Untuk proses importasi zat radioaktif dari luar negeri, sangat dimungkinkan importir sekaligus bertindak sebagai pengirim untuk mengirimkan zat radioaktif kepada pengguna ataupun mendistribusikannya kepada pembeli yang lebih luas. Dalam hal zat radioaktif, berikut bungkusan yang digunakan, tidak memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan keamanan sebagaimana yang berlaku di tanah air sesuai dengan ketentuan peraturan

perundang-undangan, maka pengirim berkewajiban mengirimkan kembali (ekspor balik) zat radioaktif atau bungkusan tersebut kembali ke negara asalnya.

## 6.2 Kewajiban Penerima

Pihak penerima baru terlibat dalam rangkaian pengangkutan zat radioaktif pada saat zat radioaktif tiba di tempat atau fasilitas yang dimilikinya, ataupun di tempat lain yang ditentukan berdasarkan dokumen pengiriman. Di ujung proses pengiriman tersebut harus dilakukan serah terima zat radioaktif dari pihak pengangkut kepada pihak penerima yang dibuktikan dengan berita acara serah terima.

Baik sebelum berita acara serah terima ditandatangani maupun setelah tanggung jawab zat radioaktif sepenuhnya berada di pihaknya, penerima harus melaksanakan kewajiban-kewajiban yang harus dipenuhi, meliputi [5]:

- a. memiliki izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau bahan nuklir sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;
- b. memastikan dan memeriksa bungkusan yang diterima dari pengangkut sesuai dengan dokumen pengiriman;
- c. melakukan pemeriksaan bungkusan dari kemungkinan terjadinya kerusakan atau kebocoran;
- d. mengukur tingkat paparan radiasi dan/atau kontaminasi bungkusan dalam hal hasil pemeriksaan yang dilakukan menunjukkan terjadinya kerusakan atau kebocoran pada bungkusan;
- e. melakukan tindakan pengamanan bungkusan sesuai dengan tata cara yang tercantum dalam dokumen pengiriman dalam hal hasil pengukuran tingkat paparan radiasi atau kontaminasi dapat menyebabkan bahaya;
- f. melaporkan hasil pengukuran tingkat paparan radiasi dan tindakan pengamanan yang dilakukan terhadap bungkusan kepada BAPETEN selambat-lambatnya lima hari setelah pengukuran dilaksanakan;
- g. mengembalikan zat radioaktif atau bungkusan yang tidak memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif kepada pengirim.

Di samping ketentuan bahwa penerima wajib memiliki izin pemanfaatan tenaga nuklir, kewajiban penerima lebih banyak

berkaitan dengan penerimaan bungkusan pada saat tiba di tempat tujuan.

Pada saat bungkusan tiba, penerima harus memastikan bungkusan zat radioaktif yang diterima berkesesuaian dengan data dan informasi yang tercantum di dalam dokumen pengiriman, termasuk spesifikasi teknis zat radioaktif dan bungkusan, ketentuan tanda, label, serta plakat; kondisi kendaraan angkut dan personel; hingga keutuhan barang kiriman. Setelah memastikan kesesuaian bungkusan yang diterima, pihak penerima wajib melakukan pemeriksaan secara visual maupun mempergunakan alat ukur radiasi. Pemeriksaan tersebut bertujuan untuk memastikan ada atau tidaknya kerusakan bungkusan secara fisik maupun kemungkinan adanya kebocoran radiasi, bahkan kontaminasi zat radioaktif di permukaan luar bungkusan.

Dalam hal dari hasil pemeriksaan dan pengukuran yang dilakukan ketika bungkusan tiba mengindikasikan adanya kebocoran paparan radiasi maupun kontaminasi zat radioaktif, maka penerima wajib mengukur secara teliti tingkat kebocoran maupun kontaminasi yang terjadi. Hasil pengukuran tersebut harus dicatat dan direkam.

Apabila hasil pengukuran tingkat kebocoran radiasi dan kontaminasi menunjukkan terlampauinya batasan aman yang berlaku dan memungkinkan timbulnya bahaya radiasi, maka pengirim harus segera melakukan tindakan pengamanan terhadap bungkusan zat radioaktif. Tindakan pengamanan dapat dilakukan dengan menempatkan bungkusan pada tempat atau ruangan yang tidak terakses personel ataupun masyarakat yang tidak berkepentingan, atau setidaknya memasang penghalang disertai informasi yang memadai untuk menghindari orang mendekat.

Setelah tindakan pengukuran secara terperinci mendapatkan data yang meyakinkan dan tindakan pengamanan terhadap bungkusan zat radioaktif yang bocor atau terkontaminasi tadi dilakukan, penerima berkewajiban untuk melaporkan hasil pengukuran maupun tindakan pengamanan yang dilaksanakan kepada BAPETEN. Pelaporan tersebut harus dilakukan selambat-lambatnya 5 (lima) hari kerja semenjak pengukuran dan penanganan bungkusan dilaksanakan. Dengan demikian BAPETEN dapat turut mengetahui ataupun memantau, dan dalam hal diperlukan dapat melakukan verifikasi ke lapangan untuk memastikan keselamatan radiasi dan keamanan sehingga kondisi yang terjadi tidak mengganggu masyarakat umum maupun mengancam kelestarian lingkungan hidup.

Hal yang sangat penting menjadi perhatian bagi pihak penerima setelah menerima bungkusan zat radioaktif adalah pembuatan berita acara serah terima antara pengirim atau pengangkut dengan pihak penerima. Berita acara tersebut merupakan dokumen bukti legal serah terima barang kiriman sekaligus pemindahtanganan tanggung jawab bungkusan kepada pihak penerima. Penandatanganan berita acara serah terima sekaligus menjadi titik akhir rangkaian kegiatan pengangkutan zat radioaktif secara keseluruhan. Salinan berita acara serah terima bungkusan zat radioaktif sebagaimana tersebut di atas harus dilampirkan dalam laporan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif yang harus disampaikan kepada BAPETEN dalam jangka waktu selambat-lambatnya 5 (lima) hari setelah pelaksanaan pengangkutan selesai.

### 6.3 Kewajiban Pengangkut

Selaku pihak ketiga yang melaksanakan pengiriman barang pengiriman berupa zat radioaktif, pengangkut harus memahami setiap kewajibannya untuk menangani zat radioaktif sebagaimana barang berbahaya lainnya. Kewajiban-kewajiban yang harus dipenuhi oleh pengangkut, meliputi [5]:

- a. memenuhi ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang pengangkutan;
- b. memiliki izin pengangkutan barang berbahaya dari kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perhubungan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan dalam hal pengangkutan zat radioaktif dilakukan secara eksklusif;
- c. membawa dokumen pengiriman;
- d. memastikan barang kiriman diterima oleh penerima;
- e. melaksanakan petunjuk pengirim;
- f. melaksanakan pengangkutan zat radioaktif sesuai prosedur yang terdapat dalam dokumen pengiriman.

Dalam konteks kegiatan pengangkutan zat radioaktif, kewenangan pengawasan BAPETEN hanya sampai pada tahap penyiapan bungkusan zat radioaktif oleh pengirim dan penerimaan bungkusan oleh penerima pada saat tiba di tempat tujuan. Hal ini juga berkesesuaian dengan izin pemanfaatan tenaga nuklir untuk penggunaan zat radioaktif yang diberikan kepada pengirim dan penerima, maupun persetujuan pengiriman untuk pengirim.

Ketentuan berkaitan dengan pengangkut, mencakup kendaraan angkut dan personel terkait, menjadi kewenangan pengaturan Kementerian Perhubungan melalui perangkat peraturan perundang-undangan di bidang pengangkutan barang berbahaya. Dengan demikian kewajiban utama pengangkut dalam pengangkutan zat radioaktif adalah mematuhi semua ketentuan peraturan perundang-undangan bidang pengangkutan tersebut, termasuk ketentuan mengenai izin pengangkutan barang berbahaya untuk pengangkutan zat radioaktif yang dilakukan secara eksklusif.

Di samping kewajiban pokok di atas, pengangkut wajib membawa dokumen pengiriman yang diberikan oleh pengirim sebelum kendaraan angkut diberangkatkan. Pengangkut harus mengetahui dan memahami semua isi dokumen tersebut. Spesifikasi teknis dan potensi bahaya radiasi berkaitan dengan barang kiriman berupa zat radioaktif atau bungkusan harus dipahami oleh pengangkut. Pengangkut harus memiliki kesadaran mengenai potensi bahaya yang menyertai perjalanannya. Demikian halnya dengan cara-cara penanganan barang kiriman, baik untuk kondisi normal pengangkutan ataupun jika terjadi insiden dan kecelakaan radiasi, sesuai dengan prosedur-prosedur yang dilampirkan di dalam dokumen pengiriman tadi.

Tujuan pengiriman barang kiriman berupa zat radioaktif adalah sampainya zat radioaktif kepada pihak penerima secara selamat dan aman. Pengangkut, mengacu dokumen pengiriman yang diberikan pengirim, harus mengirimkan bungkusan zat radioaktif kepada penerima sesuai dengan alamat kirim. Setelah tiba di tempat tujuan, pengangkut harus memastikan pihak penerima benar-benar memiliki bukti identitas diri yang sesuai dengan informasi di dalam dokumen pengiriman.

Kesalahan pengiriman bungkusan zat radioaktif kepada pihak maupun alamat yang tidak sesuai akan berakibat jatuhnya zat radioaktif kepada pihak yang tidak berkepentingan. Dari aspek keamanan, kejadian demikian dapat menimbulkan ancaman keamanan yang sangat serius apabila zat radioaktif jatuh kepada pihak kelompok pengganggu keamanan, seperti kelompok teroris. Apabila terbukti kesalahan pengiriman akibat kelalaian pihak pengangkut, maka segala konsekuensi hukum yang timbul harus dipertanggungjawabkan sepenuhnya oleh pengangkut.

Dalam hal karena sebab-sebab tertentu, bungkusan zat radioaktif tidak dapat dikirimkan atau disampaikan kepada penerima, maka pengangkut memiliki kewajiban untuk melakukan tindakan dengan menempatkan bungkusan zat radioaktif di lokasi sementara yang diawasi dan memenuhi ketentuan penempatan selama perjalanan maupun penyimpanan selama transit. Kasus demikian sangat mungkin terjadi karena beberapa sebab, seperti apabila tidak ada kesesuaian informasi di dalam dokumen pengiriman dengan kondisi di lapangan, alamat penerima sudah berpindah, ataupun perusahaan penerima sudah tutup.

Kejadian tersebut di atas harus diinformasikan kepada pihak pengirim, penerima, maupun kepada BAPETEN selambat-lambatnya 2 (dua) hari semenjak diketahui bungkusan tidak dapat dikirimkan atau disampaikan kepada penerima sebagaimana tercantum di dalam dokumen pengiriman.

Pihak pengirim atau penerima dimungkinkan merangkap menjadi pihak pengangkut untuk zat radioaktif miliknya sendiri dalam suatu pengangkutan noneksklusif. Sebagai pemegang izin pemanfaatan zat radioaktif, kedua belah pihak tersebut dipandang memiliki kemampuan untuk melaksanakan pengangkutan berkenaan dengan sarana peralatan yang dimiliki, personel dan prosedur yang memadai. Dalam kasus seperti ini, pengirim atau penerima yang bertindak selaku pengangkut tidak memerlukan izin pengangkutan barang khusus dari Kementerian Perhubungan. Hal ini merupakan konsensus yang mengemuka pada saat pembahasan antarkementerian. Namun dalam hal pengirim atau penerima mengangkut zat radioaktif miliknya sendiri untuk suatu pengangkutan penggunaan tunggal (eksklusif), maka yang bersangkutan diwajibkan memiliki izin pengangkutan barang khusus sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Hal ini sekaligus menekankan bahwa pengirim atau penerima dilarang mengangkut zat radioaktif milik pihak lain (menjadi pihak pengangkut ke tiga) tanpa memiliki izin pengangkutan barang khusus.

Gambar 6.1 merupakan skematik rangkuman mengenai kewajiban para pihak yang terlibat secara langsung dalam pelaksanaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif, meliputi kewajiban bagi pengirim, penerima, dan pengangkut sebagaimana telah diuraikan secara panjang lebar pada ketiga sub pokok bahasan sebelumnya.



### PENGRIM

- memastikan pengangkut memiliki izin pengangkutan barang berbahaya dalam hal pengangkutan eksklusif
- melaksanakan ketentuan teknis Keselamatan Radiasi dan Keamanan;
- menyusun dokumen pengiriman dan menyerahkan salinannya kepada pengangkut;
- memastikan bahwa Pengangkut memiliki kompetensi
- melakukan evaluasi, pemantauan, dan audit secara berkala;
- mengganti semua kerugian yang dialami Pengangkut dan/atau pihak lain
- mengirim kembali zat radioaktif atau Bungkusan yang tidak memenuhi ketentuan teknis



### PENERIMA

- memastikan dan memeriksa Bungkusan yang diterima sesuai dokumen pengiriman;
- melakukan pemeriksaan Bungkusan dari kemungkinan terjadinya kerusakan atau kebocoran;
  - mengukur tingkat paparan radiasi dan/atau kontaminasi;
  - melakukan tindakan pengamanan Bungkusan sesuai dengan tata cara yang tercantum dalam dokumen pengiriman;
  - melaporkan hasil pengukuran tingkat paparan radiasi kepada Kepala BAPETEN dan Pengirim paling lama 5 (lima) hari setelah kejadian; dan
  - mengembalikan zat radioaktif atau Bungkusan yang tidak memenuhi ketentuan teknis



### PENGGANGKUT

- memenuhi ketentuan peraturan bidang pengangkutan;
- memiliki izin pengangkutan barang berbahaya utk pengangkutan secara eksklusif;
- membawa dokumen pengiriman;
- memastikan barang kiriman diterima oleh penerima; dan
- melaksanakan pengangkutan sesuai dengan prosedur dalam dokumen pengiriman

**Gambar 6.1 Rangkuman kewajiban pengirim, penerima, dan pengangkut**

## 6.4 Sistem Manajemen

Kegiatan pengangkutan zat radioaktif sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari penggunaan zat radioaktif pada suatu fasilitas atau instalasi harus dikelola, dalam arti direncanakan, dilaksanakan, dipantau, dan dievaluasi dengan baik. Untuk melakukan hal tersebut, pengirim wajib menetapkan dan menerapkan sistem manajemen dalam pengangkutan zat radioaktif.

Sistem manajemen dalam pengangkutan zat radioaktif sebagaimana tersebut di atas meliputi [5]:

- a. keberadaan organisasi;
- b. pembuatan, pemeliharaan dan kendali rekaman;
- c. penerapan teknis keselamatan radiasi dan keamanan.

Keberadaan zat radioaktif di tengah area publik dengan segala potensi bahaya radiasi yang mungkin ditimbulkan pada saat dilaksanakannya kegiatan pengangkutan zat radioaktif, memerlukan penanganan yang terencana dan terorganisir dengan

baik. Meskipun sebagai kegiatan pendukung, namun pengelolaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif tidak boleh dipandang sebelah mata. Dengan demikian diperlukan adanya satuan organisasi yang diberikan tugas, tanggung jawab, maupun segala kewenangan yang melekat untuk menyelenggarakan keseluruhan tahapan pengangkutan zat radioaktif.

Bentuk, struktur, maupun personel dari organisasi pengelola kegiatan pengangkutan zat radioaktif harus disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan. Dalam hal kegiatan pengangkutan zat radioaktif merupakan kegiatan rutin yang dilaksanakan dengan tingkat mobilitas atau frekuensi tinggi, mungkin sangat perlu dibentuk satuan kerja atau divisi yang khusus. Namun apabila kegiatan penggunaan zat radioaktif hanya memerlukan dukungan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif pada saat pengadaan zat radioaktif baru maupun ketika pelimbahan zat radioaktif bekas, mungkin hanya diperlukan satuan gugus tugas atau tim yang bersifat sementara waktu saja.

Di samping melakukan perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, serta evaluasi terhadap pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, organisasi sebagaimana dimaksud di atas juga memiliki tanggung jawab untuk membuat, memelihara, dan melakukan pengendalian rekaman setiap tahapan kegiatan yang berkaitan dengan pengangkutan.

Secara keseluruhan, tentu saja organisasi yang bertanggung jawab terhadap pengangkutan zat radioaktif berkewajiban untuk menerapkan semua aspek teknis keselamatan radiasi dan keamanan untuk memastikan kegiatan pengangkutan zat radioaktif berlangsung secara selamat dan aman.

Pengirim, selaku pemegang izin penggunaan zat radioaktif, wajib melakukan evaluasi terhadap penerapan sistem manajemen untuk mendukung pelaksanaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif pada fasilitas atau instalasinya secara berkala paling kurang 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) tahun.

## **6.5 Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir**

Pengaturan mengenai pertanggungjawaban kerugian nuklir pada saat pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif tidak menjadi ruang lingkup Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan

dalam Pengangkutan Zat Radioaktif. Ketentuan tersebut telah diatur dan menjadi ruang lingkup Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 tentang Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir [40]. Namun karena memiliki keterkaitan yang sangat erat, maka ketentuan mengenai pertanggungjawaban kerugian nuklir pada saat pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif perlu diuraikan pada sub bab ini.

Yang dimaksud dengan kerugian nuklir adalah setiap kerugian yang dapat berupa kematian, cacat, cedera, atau sakit, kerusakan harta benda, pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup yang ditimbulkan oleh radiasi atau gabungan radiasi dengan sifat racun, sifat mudah meledak, atau sifat bahaya lainnya sebagai akibat kekritisan bahan bakar nuklir dalam instalasi nuklir atau selama pengangkutan, termasuk kerugian sebagai akibat tindakan preventif dan kerugian sebagai akibat atau tindakan untuk pemulihan lingkungan hidup.

Berdasarkan potensi bahaya radiasi serta dampak kerugian yang ditimbulkan kepada pihak ketiga, maka pertanggungjawaban kerugian nuklir pada saat pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif yang diatur hanya menyangkut obyek angkut berupa bahan bakar nuklir dan bahan bakar nuklir bekas. Pertanggungjawaban kerugian nuklir akibat kecelakaan nuklir yang terjadi pada saat pengangkutan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas ditetapkan paling banyak Rp. 4.000.000.000.000,00 (empat triliun rupiah) untuk setiap kecelakaan nuklir.

Dalam hal terjadi kecelakaan nuklir selama pengangkutan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas, tanggung jawab atas kerugian nuklir dibebankan kepada pengusaha instalasi nuklir pengirim. Pertanggungjawaban kerugian nuklir tersebut dapat dialihkan oleh pengusaha instalasi nuklir pengirim kepada pengusaha instalasi nuklir penerima atau pengusaha pengangkutan, jika secara tertulis telah diperjanjikan.

Pertanggungjawaban kerugian nuklir untuk pengangkutan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas dilakukan melalui mekanisme asuransi atau jaminan keuangan lainnya. Asuransi atau jaminan keuangan lainnya tersebut harus dibuktikan dalam bentuk polis asuransi atau dokumen jaminan keuangan lainnya yang berlaku sejak pengangkutan dari lokasi pengirim sampai dengan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas dinyatakan diterima oleh pengusaha instalasi nuklir penerima.

Pada saat pengajuan pengiriman bahan bakar nuklir atau

bahan bakar nuklir bekas, salinan asli polis asuransi atau dokumen jaminan keuangan lainnya wajib disampaikan oleh pengusaha instalasi nuklir pengirim, pengusaha instalasi nuklir penerima atau pengusaha pengangkutan kepada Kepala BAPETEN disertai dengan dokumen pendukung sebagai bukti jaminan keuangan untuk pertanggungjawaban kerugian nuklir.

Dalam hal terjadi kecelakaan nuklir selama pengangkutan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas yang dimiliki oleh instansi pemerintah yang bukan merupakan Badan Usaha Milik Negara, pembayaran ganti rugi kepada pihak ketiga ditanggung oleh Pemerintah. Dana untuk pembayaran ganti rugi kepada pihak ketiga dimaksud dialokasikan oleh Pemerintah dalam bentuk dana kontinjensi. Tata cara pembayaran ganti rugi kepada pihak ketiga dan pengalokasian dana kontinjensi diatur dengan Peraturan Menteri Keuangan.

Mempertimbangkan keberadaan pengangkutan zat radioaktif selain berupa bahan bakar nuklir maupun bahan bakar nuklir bekas namun memiliki potensi bahaya radiasi yang tinggi, ke depan perlu ditinjau ulang mengenai ketentuan pertanggungjawabannya. Zat radioaktif yang perlu dipertimbangkan antara lain sumber radioaktif kategori 1 untuk penggunaan irradiator dan radioterapi, maupun untuk sumber radioaktif kategori 2 terkait penggunaan radiografi industri.

# BAB 7

## KESIAPSIAGAAN DAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN

Dengan menerapkan semua ketentuan aspek teknis keselamatan radiasi dan keamanan selama persiapan, pengiriman, dan penerimaan bungkusan zat radioaktif, kegiatan pengangkutan zat radioaktif diharapkan dapat berlangsung secara selamat dan aman. Namun demikian, secermat apapun perencanaan dan pelaksanaan yang dilakukan sesuai dengan ketentuan, tetap ada peluang sekecil apapun kemungkinan kegagalan yang dapat menimbulkan insiden atau kecelakaan pengangkutan zat radioaktif. Untuk mengantisipasi dan menangani adanya potensi insiden atau kecelakaan tersebut, pengirim memiliki kewajiban untuk menyusun dan menerapkan sistem kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan dalam pengangkutan zat radioaktif.

Kesiapsiagaan memiliki pengertian penyiapan segala sumber daya, meliputi personel yang kompeten, perlengkapan peralatan yang andal, prosedur atau instruksi kerja yang jelas, serta pelaksanaan pelatihan dan geladi lapangan yang memadai. Dengan demikian kesiapsiagaan lebih bersifat tindakan antisipasi dan penyiapan terhadap segala kemungkinan, meskipun kejadian insiden atau kecelakaan belum terjadi.

Adapun kemampuan penanggulangan dapat dipahami sebagai pengerahan segala sumber daya yang telah dipersiapkan dan senantiasa dalam kondisi siap siaga untuk turun ke lapangan dalam rangka mengatasi keadaan kedaruratan yang benar-benar terjadi, baik berupa insiden maupun kecelakaan dalam skala yang lebih besar.

Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, ketentuan mengenai sistem kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan dalam pengangkutan zat radioaktif diatur di dalam Pasal 67 sampai dengan Pasal 78, mencakup pengaturan mengenai penyusunan dan penetapan prosedur penanggulangan kedaruratan, pelatihan dan geladi kedaruratan, dan tindakan penanggulangan kedaruratan [5].

## 7.1 Prosedur Penanggulangan Kedaruratan

Dengan mempertimbangkan zat radioaktif, bungkusan yang digunakan, kendaraan angkut yang dipakai, rute-rute perjalanan yang akan ditempuh, pengirim harus dapat memperhitungkan kemungkinan-kemungkinan potensi insiden atau kecelakaan yang mungkin dapat terjadi, sekaligus dengan perkiraan skala atau eskalasi dampak yang mungkin muncul. Dari hal tersebut, pengirim kemudian harus mengembangkan kebutuhan penanggulangan terkait dengan personel, perlengkapan dan peralatan pendukung, serta sistem koordinasi dan implementasi yang harus disusun, ditetapkan dan dikembangkan sebagai prosedur penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif.

Prosedur penanggulangan kedaruratan sebagaimana disinggung di atas paling kurang memandu tindakan dalam rangka [5]:

- a. pertolongan pertama dan penyelamatan korban;
- b. pemberitahuan kepada pengirim dan/atau penerima, BAPETEN, Kementerian Perhubungan, maupun instansi lain yang terkait dalam penanggulangan kedaruratan;
- c. identifikasi bahaya dari zat radioaktif yang diangkut;
- d. penanganan bahaya radiasi dan mencegah penyebaran kontaminasi zat radioaktif;
- e. dekontaminasi personel, sarana, dan prasarana yang terkontaminasi;
- f. pemulihan; dan/atau
- g. pelaporan.

Prosedur penanggulangan kedaruratan sebagai akibat terjadinya insiden atau kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari dokumen pengiriman yang harus senantiasa dibawa di kendaraan angkut. Pengirim memiliki kewajiban untuk memberitahukan, termasuk memberi arahan dan petunjuk mengenai prosedur penanggulangan kedaruratan, kepada setiap personel yang mengikuti kendaraan angkut. Setiap personel harus memahami semua potensi bahaya radiasi yang menyertai barang kiriman yang akan dibawa beserta segala tindakan untuk mengantisipasinya, khususnya apabila terjadi insiden atau kecelakaan di tengah perjalanan.

Pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif dapat menggunakan berbagai jenis moda atau kendaraan angkut, baik kendaraan angkutan darat, air, maupun udara. Kemungkinan terjadinya

insiden atau kecelakaan dapat terjadi pada saat persiapan di tempat pengirim, saat pengiriman di tengah perjalanan, termasuk pada saat penerimaan zat radioaktif di tempat penerima. Insiden atau kecelakaan yang mungkin terjadi dapat dibedakan sebagai kejadian kecelakaan transportasi biasa dan kecelakaan transportasi yang memicu terjadinya kecelakaan radiasi. Kedua kemungkinan kejadian tersebut harus sama-sama diantisipasi dengan prosedur penanggulangan yang memadai.

Selain terkait secara langsung dengan personel pekerja radiasi, dalam setiap rangkaian pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif juga melibatkan ataupun terkait dengan personel lain yang bukan pekerja radiasi, bahkan masyarakat umum. Sebagai contoh, untuk pengangkutan zat radioaktif melalui jalur darat dengan kendaraan angkutan jalan raya. Selain pekerja radiasi yang mempersiapkan bungkusan di tempat pengirim, ada personel lain yang terlibat pada saat pemuatan bungkusan ke atas kendaraan angkut, ada pengemudi dan kernet kendaraan sepanjang perjalanan, serta personel pembongkar bungkusan dari kendaraan angkut pada saat tiba di tempat penerima.

Di samping personel sebagaimana tersebut di atas, ada jauh lebih banyak anggota masyarakat umum yang tidak terkait langsung dengan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, tetapi berada di sekitar kendaraan angkut. Ada pengemudi atau penumpang dalam kendaraan lain yang beriringan maupun berpapasan, ada petugas kepolisian di pos lalu lintas, ada petugas perlintasan pintu tol, masyarakat di sekitar tempat transit atau pemberhentian pada saat kendaraan angkut beristirahat, dan lain sebagainya.

Dalam hal terjadi insiden ataupun kecelakaan pada saat pengangkutan zat radioaktif, tentu sangat dimungkinkan melibatkan banyak personel dan orang-orang yang terkait langsung maupun tidak langsung dengan proses pengangkutan sebagaimana tersebut di atas. Tergantung kepada eskalasi dampak yang ditimbulkan, potensi terjadinya korban luka maupun meninggal akibat insiden atau kecelakaan harus sudah diantisipasi sedini mungkin.

Sebagaimana prinsip penghargaan yang tinggi terhadap harkat dan hak asasi manusia dibandingkan barang kiriman yang sedang diangkut, tentu saja dalam tindakan penanggulangan insiden atau kecelakaan pengangkutan zat radioaktif, pertolongan pertama dan penyelamatan jiwa manusia harus menjadi prioritas utama. Prosedur pertolongan dan penyelamatan manusia harus memperhitungkan

keberadaan potensi bahaya radiasi yang menyertai, semisal secepat dan sedapat mungkin membawa korban menjauhi bungkusan zat radioaktif, ataupun sedapat mungkin membawa atau menempatkan korban ditempat yang terlindung sehingga tidak terkena paparan radiasi secara langsung. Konsep tentang minimalisasi waktu berada di medan radiasi, memperbesar jarak dari sumber radiasi, dan optimalisasi penggunaan benda-benda di sekitar tempat kejadian sebagai perisai atau penahan radiasi, harus diterapkan di dalam prosedur tersebut.

Dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, kendaraan angkut dapat disertai dengan personel yang memahami proteksi radiasi, yaitu Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Hal ini khususnya diterapkan untuk pengiriman zat radioaktif yang memiliki aktivitas cukup tinggi yang disertai potensi bahaya radiasi yang tinggi pula. Dalam hal terjadi insiden atau kecelakaan, PPR dapat bertindak secara langsung memimpin pelaksanaan penanggulangan kedaruratan sesuai petunjuk dan prosedur yang tercantum di dalam dokumen pengiriman. Namun demikian, sebelum melakukan tindakan penanggulangan, PPR tersebut harus secepat mungkin mengirim pemberitahuan kepada pengirim dan/atau penerima, BAPETEN, dan instansi lain untuk membantu penanggulangan, seperti kepada kepolisian, pemadam kebakaran, ambulans atau petugas medis, dan sebagainya.

Dalam hal pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif tidak disertai dengan personel yang memahami proteksi radiasi, berdasarkan petunjuk yang terdapat di dalam dokumen pengiriman, personel yang ada harus mengirimkan pemberitahuan adanya insiden atau kecelakaan sebagaimana yang dilakukan oleh PPR di atas. Personel yang ada di lapangan hanya diperkenankan melakukan pengamanan bungkusan zat radioaktif, kendaraan angkut, maupun lokasi kejadian seperlunya, sebagaimana prosedur yang ada sambil menunggu PPR yang dikirimkan oleh pengirim atau penerima, atau keberadaan satuan tanggap darurat dari BAPETEN untuk melakukan tindakan penanggulangan lebih lanjut.

Pada saat tiba di tempat kejadian insiden atau kecelakaan, PPR, atau satuan tanggap darurat BAPETEN, atau personel lain yang ditunjuk sebagai pelaksana penanggulangan kedaruratan harus mengidentifikasi potensi bahaya radiasi yang ada di lapangan. Data dan informasi mengenai sifat atau karakteristik radionuklida, sifat bahaya, paparan radiasi di berbagai radius, termasuk potensi adanya kontaminasi zat radioaktif harus diketahui sebagai dasar dan

pertimbangan untuk melakukan tindakan-tindakan penanggulangan selanjutnya. Penanganan bahaya radiasi dan pencegahan penyebaran kontaminasi zat radioaktif harus dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

Dalam hal insiden atau kecelakaan yang terjadi menimbulkan adanya kontaminasi zat radioaktif, setelah situasi sepenuhnya dapat dikendalikan dimana bahaya paparan radiasi dapat dilokalisir dan diatasi, personel penanggulangan kedaruratan harus melakukan tindakan dekontaminasi terhadap personel, sarana dan prasarana, maupun lingkungan sekitar yang terkontaminasi zat radioaktif. Tindakan dekontaminasi dilakukan hingga tingkat kontaminasi yang ada berada di bawah nilai ambang batas keselamatan radiasi yang dipersyaratkan.

Sebagai tahap akhir pelaksanaan tindakan penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif akibat adanya insiden atau kecelakaan adalah tindakan pemulihan sesuai dengan prosedur. Selain memastikan lokasi kejadian insiden atau kecelakaan telah steril dari kontaminasi zat radioaktif, tindakan pemulihan harus mencakup semua tindakan lain termasuk pemulihan arus lalu lintas, ataupun akses publik secara umum guna melintasi atau berada di tempat kejadian kedaruratan sebelumnya.

Setiap perkembangan keadaan, proses penanggulangan, hingga keadaan pulih sebagaimana sebelum terjadi kedaruratan, harus senantiasa dikomunikasikan atau dilaporkan kepada pihak-pihak yang berkepentingan. Siapa yang dilapori, bagaimana mekanisme pelaporannya, peralatan pendukung apa yang digunakan, koordinasi seperti apa yang harus dilakukan, semuanya harus tertuang secara jelas di dalam prosedur sistem pelaporan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif. Untuk mengantisipasi dinamika perkembangan kebutuhan pengangkutan yang dilaksanakan dalam rangka mendukung penggunaan zat radioaktif, pengirim harus melakukan pemutakhiran setiap prosedur yang berkaitan dengan penanggulangan kedaruratan pengangkutan. Pemutakhiran prosedur sebagaimana dimaksud di atas harus dilaksanakan secara berkala paling sedikit setiap 2 (dua) tahun sekali.

Secara dokumen, prosedur penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif dapat disusun menjadi dokumen tersendiri, atau menjadi satu kesatuan yang tidak terpisahkan dengan dokumen Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi

dalam pengangkutan zat radioaktif yang diajukan khusus untuk kebutuhan pengangkutan zat radioaktif, ataupun menjadi bagian tidak terpisahkan dari dokumen Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi ataupun Laporan Analisis Keselamatan yang diajukan kepada BAPETEN pada saat permohonan izin penggunaan zat radioaktif.

## 7.2 Pelatihan dan Geladi Kedaruratan

Kejadian kedaruratan berupa insiden maupun kecelakaan tentu sesuatu yang tidak pernah diharapkan oleh siapapun. Namun demikian, apabila suatu saat benar-benar terjadi suatu kedaruratan dalam pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, diharapkan semua sistem yang sudah dipersiapkan dalam rangka penanggulangannya dapat benar-benar diterapkan. Oleh karena itu, sistem dengan segala perangkat atau sumber daya pendukungnya harus dalam keadaan siap siaga setiap saat.

Dalam rangka memastikan setiap komponen sistem penanggulangan kedaruratan senantiasa berada dalam kondisi siap siaga dan setiap prosedur pendukung yang telah disusun dapat benar-benar diterapkan di lapangan, maka pengirim memiliki kewajiban untuk menyelenggarakan pelatihan dan geladi kedaruratan dalam pengangkutan zat radioaktif. Pelaksanaan pelatihan dan geladi tersebut harus disesuaikan dengan potensi bahaya radiasi dan kontaminasi zat radioaktif yang diangkut.

Mengingat kendaraan angkut yang sedang membawa zat radioaktif ketika melintasi jaringan lalu lintas umum berada di area publik dan bersinggungan secara langsung maupun tidak langsung dengan berbagai pihak, maka dalam penyelenggaraan pelatihan dan geladi kedaruratan sedapat mungkin melibatkan setiap pemangku kepentingan yang terkait. Beberapa pihak yang dapat diikutsertakan dalam kegiatan pelatihan dan geladi kedaruratan, di antaranya [5]:

- a. Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN);
- b. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN);
- c. Kementerian Perhubungan;
- d. Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT);
- e. otoritas pengelola bandara atau pelabuhan;
- f. penerima;
- g. pemerintah daerah; dan
- h. satuan perespons.

BAPETEN merupakan instansi pemerintah yang memiliki tugas, fungsi, dan kewenangan untuk melaksanakan pengawasan terhadap semua kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir di tanah air, termasuk penggunaan dan pengangkutan zat radioaktif. Sebagai pihak yang berwenang memberikan persetujuan pengiriman dalam rangka pengangkutan zat radioaktif, BAPETEN berperan untuk melakukan supervisi dan evaluasi terhadap penyusunan maupun penerapan sistem kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan pengangkutan. Tugas dan kewenangan tersebut juga melingkupi supervisi dan evaluasi terhadap pelaksanaan pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif.

Sebagai instansi pemerintah yang memiliki tugas, fungsi, dan kewenangan untuk melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan serta rekayasa teknologi nuklir, BATAN memiliki kapabilitas berupa sumber daya manusia, fasilitas dan peralatan, prosedur atau instruksi kerja, serta sistem yang memadai dalam penanganan zat radioaktif, termasuk dalam hal terjadi kedaruratan. Dalam kegiatan pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif, BATAN dapat memberikan pendampingan teknis yang diperlukan dalam rangka pengembangan dan peningkatan kapabilitas semua pihak yang terkait.

Zat radioaktif merupakan bagian dari barang berbahaya dan beracun, atau disebut juga sebagai barang khusus. Pengawasan pengangkutan barang khusus, meliputi pengawasan terhadap kendaraan angkut, personel pengangkut, dan penanganan pendukungnya menjadi ranah kewenangan Kementerian Perhubungan. Dengan demikian instansi tersebut sangat berkepentingan terhadap pengembangan dan peningkatan kapabilitas pihak-pihak yang terkait dalam rangka kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan pada saat pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif.

Sebagai bagian dari institusi Kementerian Perhubungan yang mengurus keselamatan, Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) tidak hanya turun tangan untuk melakukan penyelidikan sebab-musabab suatu kecelakaan transportasi namun juga turut berperan aktif dalam rangka mencegah dan melakukan penanganan terhadap kecelakaan transportasi. Oleh karena itu keterlibatannya dalam suatu pelatihan dan geladi kedaruratan dalam rangka pengangkutan zat radioaktif menjadi sangat penting.

Pergerakan zat radioaktif pada saat pelaksanaan pengangkutan tidak dapat dilepaskan dari penanganannya di

bandar udara maupun pelabuhan laut, terlebih jika pengangkutannya sudah lintas batas antarnegara. Dengan demikian kemampuan dan kapasitas pihak otoritas bandar udara maupun pelabuhan dalam penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif juga harus senantiasa ditingkatkan.

Selanjutnya, penerima. Penerima merupakan subyek hukum yang paling berkepentingan langsung dalam penggunaan zat radioaktif setelah menerima dari pengirim. Tidak hanya berperan pasif dengan hanya menerima beres semua urusan pada tahap persiapan dan pelaksanaan pengiriman, penerima juga dimungkinkan dihubungi atau diberi tahu terjadi insiden atau kecelakaan pada saat berlangsungnya pengangkutan zat radioaktif. PPR atau personel lain dari pihak penerima diharapkan dapat turut menanggulangi keadaan darurat di tempat kejadian.

Sebagai sebuah konsekuensi penggunaan zat radioaktif di berbagai wilayah tanah air, tentu saja menjadi suatu hal yang lumrah jika pengangkutan zat radioaktif yang dilakukan melintasi berbagai daerah atau kawasan. Seiring dengan semangat otonomi dan kemandirian daerah dalam suatu sistem pemerintahan yang tidak lagi tersentralisasi, beberapa kewenangan pemerintah pusat telah dilimpahkan kepada pemerintah daerah, meliputi pemerintah tingkat provinsi maupun kabupaten/kota.

Limpahan kewenangan di atas harus ditunaikan untuk terus meningkatkan kesejahteraan rakyat dengan antara lain memastikan keselamatan dan keamanan, termasuk dari kemungkinan terjadinya insiden atau kecelakaan pada saat pengangkutan zat radioaktif melintasi wilayah pemerintahannya. Satuan Kerja Perangkat Daerah/Organisasi Perangkat Daerah (SKPD, OPD) yang berkaitan dengan transportasi atau pengangkutan, seperti dinas perhubungan, dinas kesehatan, badan penanggulangan bencana daerah, badan lingkungan hidup daerah, dan lain sebagainya harus memiliki kesiapan untuk melakukan penanggulangan kedaruratan apabila pada saat zat radioaktif melintas di daerahnya mengalami insiden atau kecelakaan.

Pihak lain yang tidak kalah perannya dalam rangka pelaksanaan penanggulangan kedaruratan selama pengangkutan zat radioaktif adalah pihak kepolisian maupun tentara, yang diistilahkan sebagai satuan perespons. Kepolisian Republik Indonesia (Polri) memiliki tugas utama untuk melaksanakan pengamanan di seluruh wilayah negara kita, termasuk pengamanan lalu lintas dan jalan raya. Pada

setiap kejadian insiden atau kecelakaan bahkan petugas kepolisian seringkali menjadi aparaturnegara yang hadir pertama kali di lokasi kejadian. Terlebih lagi jika personel polisi bertindak selaku pengawal yang menyertai kendaraan angkut sepanjang perjalanan.

Sebelum personel yang berkompeten dalam penanganan radiasi hadir di tempat insiden atau kecelakaan, personel kepolisian harus berperan selaku perespons pertama (*first responder*) untuk melakukan tindakan-tindakan seperlunya dalam rangka melokalisir dampak kejadian maupun memelihara ketertiban, keamanan, termasuk kelancaran arus lalu lintas.

Dalam kondisi tertentu, personel tentara dapat dikerahkan untuk membantu tugas personel kepolisian baik untuk tugas pengawalan maupun melakukan penanggulangan kedaruratan. Kondisi tertentu yang dimaksudkan di antaranya adanya situasi keamanan yang sangat gawat pada suatu daerah konflik, ataupun keadaan darurat perang. Di sisi lain, berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku, Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (TNI AL) di samping tugas utama di bidang pertahanan juga memiliki tugas untuk melakukan pengamanan perairan di tengah laut [41]. Dengan uraian sebagaimana dijelaskan di atas, satuan perespons yang terdiri atas personel kepolisian dan tentara harus dilibatkan dalam kegiatan pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif.

Untuk mengantisipasi segala dinamika perubahan potensi risiko keselamatan radiasi ataupun perkembangan keamanan, pelatihan dan geladi penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif harus dilaksanakan secara rutin sekurang-kurangnya setiap 4 (empat) tahun sekali di tingkat fasilitas. Gambar 7.1 memperlihatkan kegiatan geladi penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif di atas sebuah geladak kapal laut pada suatu geladi gabungan tingkat nasional.

Pengirim selaku pihak utama yang paling bertanggung jawab terhadap keselamatan maupun keamanan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif memiliki kewajiban untuk merencanakan dan menyelenggarakan kegiatan pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif di tingkat fasilitasnya. Tentu saja pengirim dapat bekerja sama dan berkoordinasi dengan pengirim-pengirim dari badan hukum lain dalam pelaksanaan geladi di tingkat daerah maupun nasional. Hal tersebut perlu dilakukan agar pelatihan dan geladi dapat berlangsung secara lebih efektif dan efisien.



**Gambar 7.1** Geladi penanggulangan kedaruratan pengangkutan di atas kapal laut [42]

Dalam hal pihak BAPETEN atau BATAN, ataupun pihak lain menyelenggarakan kegiatan pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif, pengirim, penerima, serta pihak lain yang berkepentingan dapat turut terlibat dalam suatu pelatihan dan geladi gabungan. Strategi terakhir ini tentu saja akan lebih menghemat pembiayaan dan semakin meningkatkan koordinasi di antara para pihak yang terlibat. Untuk setiap penyelenggaraan pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif harus disusun menjadi sebuah laporan untuk disampaikan kepada BAPETEN. Penyampaian laporan tersebut harus diterima oleh pihak BAPETEN selambat-lambatnya 1 (satu) bulan sejak pelatihan dan geladi kedaruratan pengangkutan zat radioaktif dilaksanakan [5].

### 7.3 Penanggulangan Kedaruratan

Dalam hal insiden atau kecelakaan benar-benar terjadi di tengah perjalanan pada suatu pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, maka setiap sumber daya yang telah disiagakan dalam rangka tindakan penanggulangan harus diturunkan. Tindakan penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif meliputi pelaksanaan [5]:

- a. pertolongan pertama dan penyelamatan korban;
- b. pemberitahuan kepada pengirim dan/atau penerima, BAPETEN, Kementerian Perhubungan, maupun instansi lain yang terkait dalam penanggulangan kedaruratan;
- c. identifikasi keadaan darurat;

- d. penanggulangan kebocoran atau kerusakan bungkusan zat radioaktif;
- e. penanggulangan dampak radiologi dan nonradiologi akibat pencemaran dan/atau kontaminasi zat radioaktif dalam pengangkutan terhadap lingkungan hidup;
- f. pemulihan bungkusan zat radioaktif; dan/atau
- g. pemulihan fungsi lingkungan hidup.

Setiap tahap ataupun rangkaian tahapan tindakan penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif sebagaimana terurai di atas harus dilaksanakan dengan mengacu prosedur penanggulangan keadaan darurat sebagaimana telah diuraikan sebelumnya. Dalam hal terjadi kedaruratan pada saat pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif, pengangkut memiliki kewajiban untuk memberitahukan kepada beberapa pihak, meliputi pengirim dan/atau penerima, Kepala BAPETEN, Kementerian Perhubungan, dan instansi lain yang terkait.

Berdasarkan pemberitahuan yang disampaikan oleh pengangkut, pengirim dan/atau penerima harus menugaskan PPR-nya turun ke lapangan di mana insiden atau kecelakaan pengangkutan zat radioaktif terjadi. PPR itulah yang selanjutnya menjadi ujung tombak pelaksanaan penanggulangan kedaruratan sesuai dengan prosedur yang sudah ditetapkan. Seiring dengan tindakan penanggulangan kedaruratan yang tengah dilaksanakan di tempat kejadian insiden atau kecelakaan pengangkutan zat radioaktif, pengirim dan/atau penerima memiliki kewajiban untuk memberitahukan kepada BAPETEN mengenai setiap langkah tindakan penanggulangan yang diterapkan, termasuk setiap perkembangan keadaan yang berlangsung di lapangan.

Berdasarkan data dan informasi lapangan yang diberitahukan oleh pengirim dan/atau penerima sebagaimana terurai di atas, BAPETEN selanjutnya melakukan tindakan-tindakan, meliputi identifikasi kedaruratan, penentuan status kedaruratan, tingkat penanggulangan, bahkan jika diperlukan mengaktifkan satuan tanggap darurat yang dimilikinya.

Bagaimanapun juga isu zat radioaktif merupakan isu yang cukup sensitif bagi masyarakat di negara kita. Adanya insiden atau kecelakaan yang berkaitan dengan zat radioaktif dapat menimbulkan keresahan bahkan kepanikan bagi masyarakat awam. Dengan demikian diperlukan kehadiran negara untuk terus memantau,

mengamati, bahkan melakukan penilaian terhadap kondisi kedaruratan yang terjadi. Jika diperlukan, setiap perkembangan yang berlangsung harus diinformasikan kepada khalayak secara terbuka, jujur, dan tentu saja *valid*. Peranan inilah yang harus dilaksanakan dengan baik oleh BAPETEN.

Dalam hal tindakan penanggulangan kedaruratan akibat insiden atau kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif telah selesai dilaksanakan secara tuntas, pengirim dan/atau penerima selaku penanggung jawab utama, wajib menyampaikan laporan secara menyeluruh berkaitan dengan tindakan penanggulangan yang telah dilakukan. Laporan tersebut harus disampaikan secara tertulis selambat-lambatnya 1 (satu) bulan sejak tindakan penanggulangan kedaruratan selesai dilaksanakan.

Laporan tertulis mengenai tindakan penanggulangan kedaruratan yang disampaikan kepada BAPETEN harus memuat data atau informasi mengenai penyebab kedaruratan, kronologi kejadian insiden atau kecelakaan, dampak radiologi maupun nonradiologi yang ditimbulkan, serta hasil pengukuran paparan radiasi dan kontaminasi (baik selama penanggulangan maupun pasca pemulihan kondisi lingkungan hidup di sekitar tempat kejadian).

# BAB 8

## TATA LAKSANA PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Persiapan, pelaksanaan, dan kegiatan pasca pengangkutan zat radioaktif harus mengacu kepada pemenuhan semua aspek teknis keselamatan radiasi dan aspek keamanan pengangkutan zat radioaktif. Di samping itu, secara aspek legal, pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif juga harus dilaksanakan dengan legalitas yang sah. Untuk memastikan kedua aspek tersebut dipenuhi oleh semua pemangku kepentingan yang terlibat, diperlukan adanya tata laksana pengelolaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif yang terkoordinasi dengan baik. Tata laksana kegiatan pengangkutan zat radioaktif lebih bersifat kendali dokumen secara administratif dalam rangka memastikan setiap persyaratan teknis keselamatan radiasi dan keamanan terpenuhi serta benar-benar diterapkan di lapangan.

Pengaturan mengenai tata laksana pengangkutan zat radioaktif menjadi acuan administratif bersama bagi setiap pemangku kepentingan yang berkaitan dengan pengangkutan zat radioaktif. Bagi pihak pengirim, penerima, dan/atau pengangkut, pengaturan tata laksana menjadi acuan dalam penyiapan dokumen persyaratan, bagaimana prosedur pengurusan yang harus ditempuh, berapa lama proses pengurusan dilakukan, hingga kondisi-kondisi apa yang harus diterapkan seiring dengan didapatkannya persetujuan pengiriman. Di sisi BAPETEN selaku pelaksana pelayanan perizinan dan penerbitan berbagai persetujuan yang berkaitan untuk memastikan keselamatan dan keamanan pengangkutan zat radioaktif dapat dicapai, tata laksana pengangkutan zat radioaktif menjadi acuan dalam memberikan persyaratan dokumen administratif yang harus dipersiapkan pemohon, standar prosedur pelayanan yang jelas, transparan, efektif, efisien, dan optimal.

Tata laksana kegiatan pengangkutan zat radioaktif meliputi pengelolaan prosedur dan standar pelayanan untuk:

- a. persetujuan pengiriman zat radioaktif;

- b. notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif;
- c. validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif;
- d. validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif;
- e. validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif.

Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, ketentuan mengenai tata laksana pengangkutan zat radioaktif diatur di dalam Pasal 79 sampai dengan Pasal 102, mencakup pengaturan mengenai tata laksana persetujuan pengiriman zat radioaktif, notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas antar negara, validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan, serta validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif [5].

Masing-masing tata kelola sebagaimana tersebut di atas akan diuraikan satu per satu di dalam bagian bab di bawah ini.

## 8.1 Persetujuan Pengiriman

Persetujuan pengiriman zat radioaktif merupakan dokumen Keputusan Tata Usaha Negara (KTUN) sebagai bukti legalitas kegiatan pengangkutan zat radioaktif. Persetujuan pengiriman harus dimiliki oleh pengirim sebelum melaksanakan pengangkutan zat radioaktif. Sistem hukum yang diterapkan di negara kita meletakkan tanggung jawab utama terhadap keselamatan dan keamanan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif berada di tangan pengirim. Dengan demikian pengirimlah yang harus mengajukan dan memiliki persetujuan pengiriman.

Persetujuan pengiriman dikeluarkan oleh Kepala BAPETEN sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Secara prinsip, suatu kegiatan pengangkutan zat radioaktif yang tidak dilengkapi dengan persetujuan pengiriman merupakan kegiatan ilegal yang dapat menimbulkan konsekuensi hukum berupa sanksi.

Untuk memperoleh persetujuan pengiriman zat radioaktif, pengirim harus mengajukan permohonan secara tertulis kepada

Kepala BAPETEN dan melampirkan persyaratan-persyaratan yang meliputi [5]:

- a. identitas pengirim dan penerima;
- b. deskripsi dan spesifikasi teknis zat radioaktif dan bungkusannya;
- c. sertifikat persetujuan desain zat radioaktif;
- d. sertifikat persetujuan desain bungkusannya zat radioaktif;
- e. program proteksi dan keselamatan radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif;
- f. program keamanan sumber radioaktif atau rencana proteksi fisik bahan nuklir;
- g. prosedur penanggulangan kedaruratan;

Zat radioaktif merupakan bahan yang sangat strategis. Sifat dan karakteristik zat radioaktif dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dalam mendukung kebutuhan kehidupan manusia, namun di sisi lain juga berpotensi menimbulkan bahaya radiasi maupun ancaman keamanan apabila berada di tangan pihak-pihak yang tidak berwenang.

Secara hukum maupun teknis, zat radioaktif hanya sah, selamat dan aman untuk digunakan oleh seseorang atau badan yang telah mendapatkan izin pemanfaatan dari BAPETEN. Mengingat dalam pelaksanaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif juga berkaitan erat dengan potensi bahaya radiasi dan ancaman keamanan, maka harus dipastikan bahwa zat radioaktif hanya dikirim dan diterima oleh pihak yang telah memiliki kewenangan berdasarkan izin pemanfaatan yang telah diberikan oleh BAPETEN. Dengan demikian, identitas pihak pengirim dan penerima menjadi persyaratan administrasi yang sangat penting untuk menghindari jatuhnya zat radioaktif kepada pihak yang tidak berwenang.

Berkaitan dengan obyek barang yang akan diangkut, data dan informasi mengenai deskripsi dan spesifikasi teknis zat radioaktif maupun bungkusannya yang digunakan sangat diperlukan. Di samping untuk mengetahui jenis radionuklida, juga untuk mengetahui sifat dan karakteristiknya, potensi bahaya radiasi dan ancaman keamanan yang menyertai, kesesuaian zat radioaktif dengan pembungkusnya, kategorisasi bungkusannya, penerapan tanda, label, maupun plakat, hingga bagaimana pemenuhan ketentuan mengenai kendaraan angkut dan lain sebagainya.

Berbeda dengan jenis zat radioaktif yang lain, khusus untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus (*special form radioactive material*) dan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah (*low dispersible radioactive material*) diperlukan persyaratan sertifikat persetujuan desain zat radioaktif. Sertifikat tersebut merupakan jaminan bahwa zat radioaktif telah didesain dan diproduksi sesuai dengan standar yang berlaku.

Sertifikat persetujuan desain zat radioaktif biasanya diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas di suatu negara di mana zat radioaktif tersebut diproduksi. Apabila kedua jenis zat radioaktif tersebut diproduksi di dalam negeri, tentu saja sertifikat persetujuan desain yang dimaksud diterbitkan oleh BAPETEN. Namun apabila zat radioaktif diproduksi di luar negeri, sertifikat persetujuan desain zat radioaktifnya dikeluarkan oleh otoritas Badan Pengawas di negara tempat produksi berlangsung.

Mirip dengan Zat Radioaktif Bentuk Khusus dan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah, untuk bungkusan zat radioaktif tertentu juga memerlukan pemenuhan persyaratan sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif. Bungkusan dimaksud, meliputi [5]:

- a. Bungkusan Industri yang berisi bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa melebihi 0,1 kg;
- b. bungkusan Tipe A yang berisi bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa melebihi 0,1 kg;
- c. bungkusan Tipe B(U);
- d. bungkusan Tipe B(M); dan
- e. bungkusan Tipe C.

Berkaitan dengan dokumen program proteksi dan keselamatan radiasi, keamanan sumber radioaktif atau proteksi fisik bahan nuklir, serta prosedur penanggulangan kedaruratan pengangkutan zat radioaktif belum terlingkupi dalam satu kesatuan dengan dokumen yang diajukan pada saat permohonan izin pemanfaatan untuk penggunaan zat radioaktif, maka dokumen tersebut harus dilampirkan dalam permohonan persetujuan pengiriman.

Dalam hal zat radioaktif akan diangkut secara eksklusif dengan penggunaan secara utuh satu kendaraan untuk mengangkut zat radioaktif saja tanpa disertai dengan barang kiriman yang lain, maka dalam permohonan persetujuan pengiriman yang disampaikan pengirim juga harus menyertakan salinan izin pengangkutan barang berbahaya yang diterbitkan oleh Kementerian Perhubungan.

Di samping itu, untuk pengangkutan bahan fisil dan Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ), dalam permohonan persetujuan pengiriman juga harus disertai dengan dokumen *safeguards*. Dokumen *safeguards* menerangkan sekaligus menjamin bahwa bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) yang diangkut sebenarnya hanya digunakan untuk tujuan damai sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Setelah menerima permohonan persetujuan pengiriman zat radioaktif, Kepala BAPETEN melakukan penilaian selama paling lama 3 (tiga) hari kerja semenjak permohonan diterima. Dalam hal hasil penilaian menunjukkan bahwa permohonan persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diajukan memenuhi semua persyaratan yang berlaku, maka Kepala BAPETEN akan menerbitkan persetujuan pengiriman selambat-lambatnya 1 (satu) hari kerja sejak hasil penilaian diketahui. Dengan penerapan pelayanan permohonan persetujuan pengiriman secara *online* pada saat ini, untuk pengajuan permohonan persetujuan pengiriman yang lengkap dan memenuhi persyaratan semenjak awal maka persetujuan bahkan dapat diproses hanya dalam 1 (satu) hari kerja.

Apabila dari hasil proses penilaian yang dilaksanakan menunjukkan bahwa permohonan persetujuan pengiriman zat radioaktif tidak memenuhi persyaratan yang berlaku, Kepala BAPETEN menolak permohonan yang disampaikan dengan menyertakan keterangan alasan penolakan.

Dokumen Keputusan Tata Usaha Negara (KTUN) berupa persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh BAPETEN paling sedikit memuat data dan informasi mengenai [5]:

- a. identitas pengirim dan penerima;
- b. spesifikasi teknis zat radioaktif dan bungkusannya;
- c. rute yang dilalui dalam pengangkutan zat radioaktif;
- d. moda pengangkutan yang digunakan, apakah sarana angkutan darat, air, atau udara, termasuk perpindahan antar moda angkutan yang dilakukan;
- e. kendaraan angkut yang digunakan, termasuk apabila diperlukan transit dan perpindahan kendaraan angkut;
- f. masa berlaku persetujuan pengiriman zat radioaktif; dan
- g. identitas petugas dan nomor kontak yang dapat dihubungi.

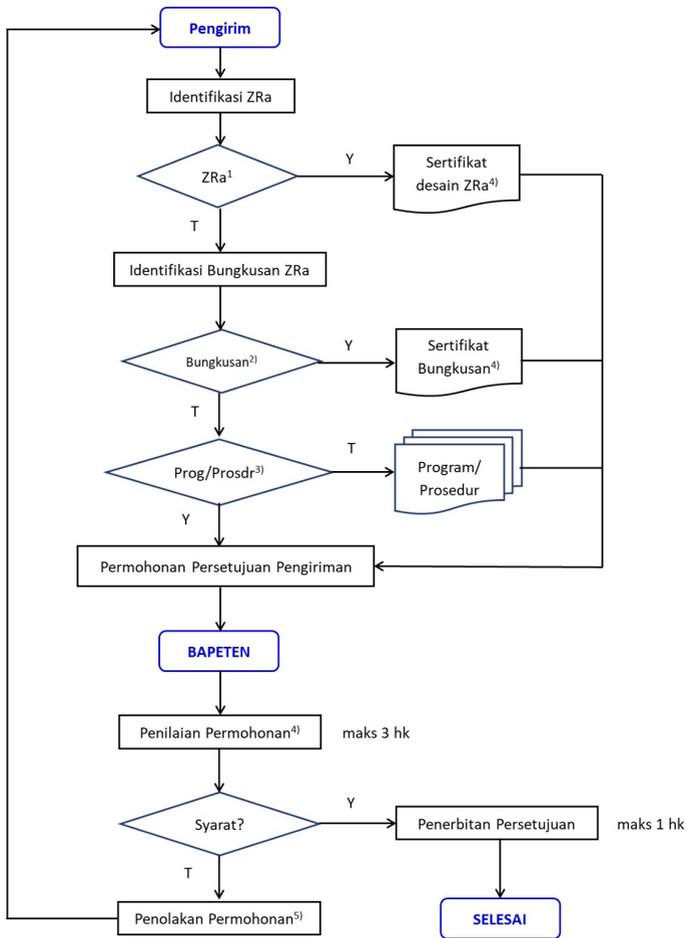
Persetujuan pengiriman zat radioaktif diberikan untuk jangka waktu paling lama 3 (tiga) bulan terhitung sejak tanggal diterbitkannya persetujuan tersebut dan tidak dapat diperpanjang.

Penentuan masa berlaku persetujuan pengiriman zat radioaktif disesuaikan dengan tingkat mobilitas atau frekuensi kebutuhan pemindahan zat radioaktif dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Jangka waktu persetujuan pengiriman zat radioaktif yang paling lama masa berlakunya pada saat ini diterapkan untuk mendukung kegiatan penggunaan zat radioaktif untuk tujuan radiografi industri dan *well logging* yang dikombinasikan dengan pemberlakuan izin multilokasi. Gambar 8.1 memperlihatkan alur proses pengajuan oleh pengirim hingga penerbitan persetujuan pengiriman oleh BAPETEN.

Sesuai pengaturan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015, secara prinsip tidak dikenal istilah perpanjangan masa berlaku persetujuan pengiriman. Masa berlaku persetujuan pengiriman bersifat final dan transaksional untuk suatu pelaksanaan pengangkutan sesuai klausul (kondisi) KTUN yang diterbitkan.

Dalam hal hingga masa berlaku suatu persetujuan pengiriman berakhir namun karena satu dan lain hal pengangkutan belum dilaksanakan atau belum selesai dilaksanakan, maka pengirim yang bersangkutan harus mengajukan kembali persetujuan pengiriman. Dalam kasus-kasus demikian, dikarenakan pengajuan pengiriman diajukan bukan untuk yang pertama kali dan adanya kondisi kemendesakan, persetujuan pengiriman akan diproses cepat dalam 1 (satu) hari kerja. Hal ini dimungkinkan dengan penerapan pengajuan persetujuan pengiriman secara *online* sebagaimana yang diberlakukan pada saat ini.

Setelah memiliki persetujuan pengiriman zat radioaktif, pengirim wajib melakukan kegiatan pengangkutan zat radioaktif sesuai dengan kewajiban atau kondisi yang tercantum di dalam persetujuan pengiriman zat radioaktif serta semua ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Pengirim juga memiliki kewajiban untuk menyampaikan laporan secara tertulis kepada BAPETEN mengenai pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif yang dilakukan. Laporan tertulis tersebut harus disampaikan kepada BAPETEN dalam jangka waktu paling lama 5 (lima) hari kerja setelah kegiatan pengangkutan zat radioaktif selesai dilaksanakan.



hk : hari kerja

**Gambar 8.1 Alur proses permohonan persetujuan pengiriman**

Keterangan Gambar:

- 1 : Apakah zat radioaktif yang akan diangkut merupakan Zat Radioaktif Bentuk Khusus atau Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah?
- 2 : Apakah bungkusan yang akan digunakan merupakan bungkusan yang wajib memiliki sertifikat desain bungkusan?
- 3 : Apakah dokumen program atau prosedur terkait sudah termasuk di dalam dokumen atau prosedur yang diajukan pada saat permohonan izin penggunaan?
- 4 : Dalam hal sertifikat yang dimiliki belum tervalidasi, terlebih dahulu diajukan permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif atau bungkusan.
- 5 : Penolakan harus disertai alasannya.

## 8.2 Notifikasi Pelaksanaan Pengangkutan

Notifikasi, secara harfiah dapat dimaknai sebagai pemberitahuan. Dalam konteks kebijakan nasional terkait pengangkutan zat radioaktif sebagaimana ditetapkan di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif merupakan pemberitahuan rencana pengangkutan zat radioaktif untuk tujuan transit, melalui, dan/atau singgah di daerah pabean Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Dengan mencermati pengertian sebagaimana terurai di atas, notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif hanya berlaku untuk pengangkutan lintas batas negara dari suatu negara menuju ke negara lain melalui negara kita. Pengertian melalui tidak mencakup tindakan melintasi wilayah udara kita tanpa melakukan pendaratan atau singgah di wilayah darat atau laut negara kita.

Mekanisme notifikasi sangat erat kaitannya dengan pengangkutan zat radioaktif yang memerlukan persetujuan *multilateral*. Pengangkutan dengan persetujuan *multilateral* mempersyaratkan pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif harus mendapatkan persetujuan pengiriman dari otoritas atau Badan Pengawas yang berwenang, mulai dari negara asal zat radioaktif, setiap negara yang dilalui atau disinggahi, dan dari negara tujuan akhir.

Adapun perbedaan pengertian transit dan singgah terletak pada seberapa lama kendaraan angkut berhenti di kawasan pelabuhan laut atau bandar udara. Singgah dapat dipahami sebagai tindakan berhenti sebentar di suatu tempat pada suatu perjalanan. Adapun transit lebih mewakili kondisi jika kendaraan angkut berhenti dalam jangka waktu yang lebih lama, bahkan dimungkinkan terjadi penggantian kendaraan maupun moda angkut. Tindakan transit atau singgah yang memerlukan notifikasi melingkupi transit atau singgah dengan ataupun tanpa mengganti moda angkutan ataupun kendaraan angkut.

Perlu dipahami pula bahwa yang dimaksud dengan istilah daerah pabean merupakan keseluruhan wilayah hukum Negara Kesatuan Republik Indonesia, baik darat maupun perairan [37]. Hal ini berbeda dengan istilah kawasan pabean yang dibatasi hanya pada area tertentu di sekitar kawasan pelabuhan laut atau bandar udara. Dengan pengertian tersebut, maka kewajiban notifikasi

melingkupi setiap tindakan transit, melalui, ataupun singgah di setiap wilayah negara kita. Tentu saja permohonan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara kita harus diajukan sebelum pelaksanaan pengangkutan memasuki wilayah hukum negara Indonesia.

Salah satu contoh pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara yang melalui wilayah hukum kita adalah pengangkutan bahan bakar nuklir bekas (*nuclear spent fuel*) milik Jepang yang akan diproses ulang di Perancis dengan kapal laut beberapa dekade silam. Kapal laut pembawa bahan bakar nuklir bekas tersebut melewati Selat Malaka, baik yang menjadi wilayah hukum negara kita, Malaysia, dan Singapura tanpa melakukan singgah. Beberapa tahun ke depan juga sudah ada rencana negara Korea Selatan yang akan mengangkut bahan bakar nuklir baru (*nuclear fresh fuel*) dengan kapal laut, dari Korea Selatan menuju Uni Emirat Arab berkaitan dengan rencana pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) berteknologi Korea Selatan yang kini tengah dikonstruksi di negeri Timur Tengah tersebut. Kemungkinan besar kapal pengangkut bahan bakar nuklir tersebut akan melewati perairan laut Indonesia, dapat melalui Selat Malaka, dapat pula melalui Selat Makassar dan Selat Lombok.

Dengan tujuan untuk melindungi keselamatan dan keamanan terhadap wilayah negara maupun setiap anggota masyarakat dan lingkungan hidup di dalamnya, terhadap rencana pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara tersebut, Pemerintah Republik Indonesia dengan kekuasaan dan kedaulatan penuh atas teritorial negaranya, dapat mengizinkan ataupun menolak rencana pengangkutan yang akan dilaksanakan.

Notifikasi rencana pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara berkaitan dengan penggunaan obyek angkut berupa bungkusan sebagai berikut [5]:

- a. bungkusan Tipe B(M);
- b. bungkusan Tipe B(M) yang tidak berkesesuaian dengan desain bungkusan Tipe B(M) terkait dengan rentang operasionalisasi pada temperatur antara  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $70^{\circ}\text{C}$ , atau desain yang memungkinkan ventilasi bungkusan dapat dibuka sewaktu-waktu secara terkendali; dan
- c. bungkusan Tipe B(U), Tipe B(M), atau Tipe C yang berisi zat radioaktif dengan aktivitas lebih besar dari  $3.000\text{A}_1$ ,  $3.000\text{A}_2$ , atau  $1.000\text{TBq}$ .

Penggunaan bungkusan Tipe B(M), tanpa memandang isi dan kuantitas zat radioaktif di dalamnya, wajib memenuhi ketentuan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif. Hal tersebut berkenaan dengan status *multilateral*-nya. Secara umum, bungkusan Tipe B(U), Tipe B(M), dan Tipe C dirancang untuk mengangkut zat radioaktif dengan aktivitas melebihi nilai  $A_1$  untuk Zat Radioaktif Bentuk Khusus (*special form radioactive material*), atau nilai  $A_2$  untuk zat radioaktif bukan bentuk khusus.

Secara desain, bungkusan-bungkusan tersebut juga dirancang untuk mampu bertahan dalam kondisi kecelakaan parah yang dibuktikan dengan serangkaian pengujian yang telah terstandar. Namun demikian jika secara kuantitas zat radioaktif memiliki aktivitas yang sangat besar (melebihi  $3.000A_1$ , atau  $3.000A_2$ , atau 1.000 TBq), maka harus dilakukan kajian keselamatan yang lebih terperinci untuk memastikan keselamatan dan keamanannya. Salah satu mekanismenya melalui notifikasi rencana pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif kepada setiap Badan Pengawas semenjak di negara asal, negara yang dilalui, maupun negara tujuan akhir.

Gambar 8.2 menunjukkan rangkuman secara utuh mengenai latar belakang peristiwa pengangkutan yang memerlukan notifikasi, jenis bungkusan yang mempersyaratkan pengangkutannya harus dinotifikasi, dan kelengkapan persyaratan administratif dalam rangka pengajuan notifikasi.

Permohonan notifikasi rencana pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara melalui wilayah hukum Negara Kesatuan Republik Indonesia harus dilengkapi dengan persyaratan yang meliputi [5]:

- a. identitas pemohon dan pengangkut;
- b. rute pengangkutan zat radioaktif;
- c. jadwal pengangkutan zat radioaktif;
- d. tujuan pengangkutan zat radioaktif;
- e. deskripsi zat radioaktif dan bungkusan yang diangkut;
- f. persetujuan pengiriman dari otoritas pengawas negara asal;
- g. persetujuan pengiriman dari otoritas pengawas negara tujuan akhir.

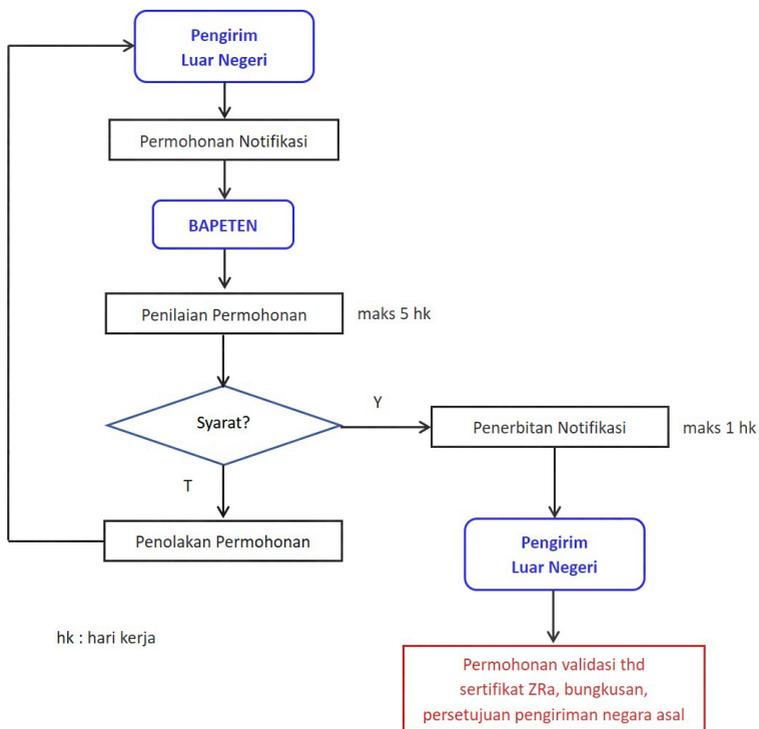
Terhadap permohonan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara tersebut di atas, Kepala BAPETEN melakukan penilaian selama kurun waktu paling lama 5 (lima) hari kerja terhitung semenjak permohonan diterima.



**Gambar 8.2** Peristiwa, jenis bungkusan, dan persyaratan notifikasi pengangkutan zat radioaktif lintas batas antar negara

Berdasarkan hasil penilaian yang dilakukan BAPETEN, terdapat dua kemungkinan keputusan terhadap permohonan notifikasi yang diajukan, yaitu diterima atau ditolak. Dalam hal hasil penilaian menunjukkan permohonan notifikasi yang diajukan memenuhi persyaratan, Kepala BAPETEN akan menerbitkan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif paling lama 3 (tiga) hari kerja sejak hasil penilaian diketahui. Apabila permohonan notifikasi dinilai tidak memenuhi persyaratan, maka Kepala BAPETEN menolak permohonan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif. Penolakan tersebut harus disertai dengan uraian alasan yang mendasari keputusan penolakan.

Notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara yang transit, melalui, dan/atau singgah di daerah pabean Negara Kesatuan Republik Indonesia, baik dengan atau tanpa mengganti sarana pengangkutan berlaku untuk satu kali pelaksanaan pengangkutan, dan tidak dapat diperpanjang. Notifikasi yang diberikan oleh Kepala BAPETEN akan ditembuskan kepada Kementerian Perhubungan sebagai bentuk koordinasi antarinstansi. Gambar 8.3 menunjukkan alur proses pengajuan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara.



**Gambar 8.3 Alur proses pengajuan notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara**

Sebagai tindak lanjut terhadap notifikasi pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas antarnegara yang telah diterbitkan oleh Kepala BAPETEN, pengirim atau pemohon harus mengajukan permohonan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN untuk mendapatkan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, sertifikat persetujuan desain bungkus zat radioaktif, dan/atau persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal. Mekanisme pelaksanaan permohonan validasi dimaksud harus mengikuti tata laksana validasi sebagaimana diuraikan di sub bab selanjutnya.

### 8.3 Validasi Sertifikat Zat Radioaktif

Validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif hanya diberlakukan terhadap Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah

(*low dispersible radioactive material*). Setiap pengirim yang akan memasukkan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah, baik untuk tujuan dipergunakan di dalam negeri, maupun sekedar transit, melalui, dan/atau singgah di wilayah hukum Negara Kesatuan Republik Indonesia dengan atau tanpa mengganti sarana pengangkutan harus dilampiri validasi atas sertifikat persetujuan desainnya.

Gambar 8.4 merangkum peristiwa pengangkutan yang mempersyaratkan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah harus mendapatkan validasi atas sertifikat persetujuan desain zat radioaktifnya.



**Gambar 8.4 Peristiwa, zat radioaktif, dan persyaratan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif**

Untuk mendapatkan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah sebagaimana dimaksud di atas, pengirim harus mengajukan permohonan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN. Untuk pengangkutan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang ditujukan untuk dipergunakan di dalam negeri, pengajuan permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah harus diajukan sebelum memasuki kawasan pabean suatu pelabuhan laut atau bandar udara.

Adapun untuk pengangkutan Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang ditujukan sekedar untuk transit, melalui, dan/atau singgah, pengajuan permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah harus diajukan sebelum memasuki daerah pabean. Dengan kata lain sebelum memasuki wilayah hukum Republik Indonesia.

Permohonan secara tertulis dalam rangka validasi terhadap

sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah sebagaimana diuraikan di atas, harus dilengkapi dengan persyaratan sebagai berikut [5]:

- a. identitas pemohon;
- b. jadwal kedatangan zat radioaktif di kawasan pabean atau daerah pabean;
- c. rute jalur pengangkutan yang akan ditempuh;
- d. sertifikat atau salinan sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal desain zat radioaktif, atau negara yang telah dilalui atau disinggahi dalam pengangkutan sebelumnya; dan
- e. deskripsi zat radioaktif, meliputi gambar teknik, dimensi, massa, komponen dasar, dan spesifikasi bahan, spesifikasi sifat fisika dan kimia, serta aktivitas total atau aktivitas jenis maksimum.

Dalam jangka waktu 5 (lima) hari kerja sejak permohonan validasi diterima, Kepala BAPETEN akan melakukan penilaian terhadap semua dokumen persyaratan yang disampaikan. Dalam hal hasil penilaian menunjukkan permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang disampaikan memenuhi persyaratan, Kepala BAPETEN menerbitkan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif dalam jangka waktu selambat-lambatnya 3 (tiga) hari kerja sejak hasil penilaian diketahui.

Sebaliknya, apabila hasil penilaian menunjukkan permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang disampaikan tidak memenuhi persyaratan, Kepala BAPETEN menolak permohonan validasi. Penolakan tersebut harus disertai dengan alasan yang mendasari keputusan penolakannya.

Dokumen Keputusan Tata Usaha Negara (KTUN) mengenai validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang diterbitkan oleh Kepala BAPETEN, paling kurang harus memuat informasi mengenai [5]:

- a. identitas pemegang validasi;
- b. spesifikasi zat radioaktif;

- c. jadwal kedatangan zat radioaktif;
- d. rute pengangkutan zat radioaktif yang ditempuh;
- e. kewajiban pemegang validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif;
- f. masa berlaku validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif; dan
- g. tanda identifikasi.

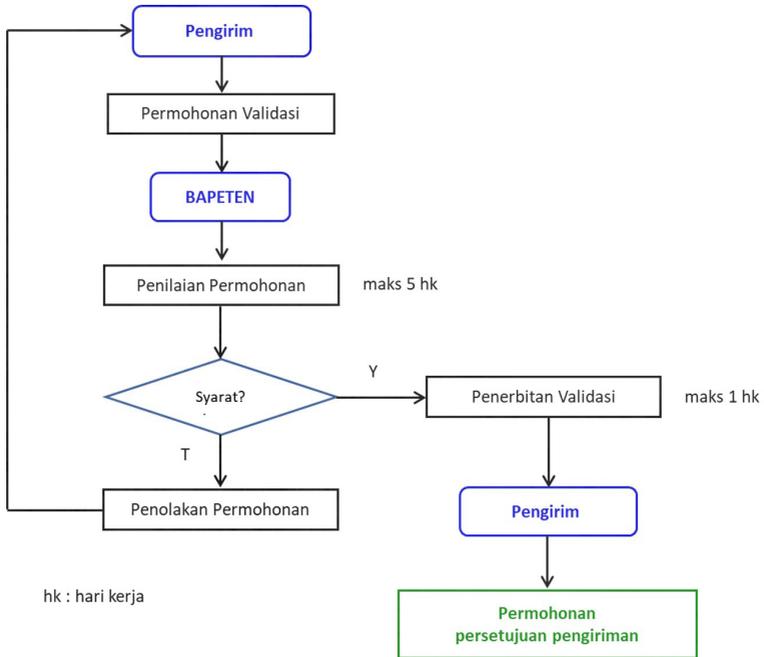
Validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang ditujukan untuk dimasukkan dan dipergunakan di dalam negeri, berlaku untuk jangka waktu paling lama 3 (tiga) tahun semenjak diterbitkan. Validasi tersebut tidak dapat diperpanjang masa berlakunya.

Adapun validasi sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah yang ditujukan untuk transit, melalui, dan/atau singgah di wilayah hukum Republik Indonesia, hanya berlaku untuk satu kali transit, melalui, dan/atau singgah di daerah pabean. Validasi tersebut juga tidak dapat diperpanjang setelah masa berlakunya habis. Gambar 8.5 menunjukkan alur proses permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah.

Pengirim yang telah mendapatkan validasi atas sertifikat persetujuan desain Zat Radioaktif Daya Sebar Rendah sebagaimana telah diuraikan di atas, selanjutnya wajib mengajukan permohonan persetujuan pengiriman zat radioaktif secara tertulis kepada Kepala BAPETEN, sebelum zat radioaktif dikeluarkan dari kawasan pabean. Pengajuan permohonan untuk mendapatkan persetujuan pengiriman juga dapat dilakukan bersamaan dengan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, atau segera setelah memperoleh validasi terhadap persetujuan desain zat radioaktif.

#### **8.4 Validasi Sertifikat Bungkus Zat Radioaktif**

Sebagaimana mekanisme validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkus zat radioaktif juga berlaku untuk pemakaian bungkus zat radioaktif yang ditujukan untuk penggunaan zat radioaktif di dalam negeri, maupun pengangkutan yang sekedar transit, melalui, dan/atau singgah di wilayah hukum Republik Indonesia.



**Gambar 8.5** Alur proses permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif daya sebar rendah

Pengirim yang akan memasukkan bungkusan Tipe B(M), maupun Bungkusan Industri, atau Tipe A, atau bungkusan Tipe B(U), atau bungkusan Tipe C yang berisi Bahan fisil atau Uranium Heksafluorida ( $UF_6$ ) dengan massa lebih dari 0,1 kg ke dalam negeri untuk digunakan di dalam negeri wajib memiliki validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif [5]. Permohonan validasi tersebut harus diajukan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN sebelum bungkusan zat radioaktif memasuki kawasan pabean dan digunakan di dalam negeri.

Untuk setiap jenis bungkusan yang sama sebagaimana diuraikan di atas, tetapi untuk tujuan sekadar transit, melalui, dan/ atau singgah di wilayah hukum Republik Indonesia wajib memiliki validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif. Permohonan validasi tersebut harus diajukan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN sebelum bungkusan zat radioaktif memasuki daerah pabean negara kita.

Gambar 8.6 merangkum peristiwa, jenis bungkusan, dan persyaratan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif pada suatu pengangkutan lintas batas negara.



**Gambar 8.6 Peristiwa, jenis bungkusan, dan persyaratan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif**

Permohonan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN dalam rangka validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif harus dilengkapi dengan persyaratan sebagai berikut [5]:

- identitas pemohon;
- jadwal kedatangan bungkusan zat radioaktif;
- rute pengangkutan zat radioaktif yang akan ditempuh;
- sertifikat atau salinan sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal desain bungkusan, negara asal pengangkutan, atau negara yang telah dilalui atau disinggahi dalam pengangkutan sebelumnya; dan
- deskripsi bungkusan zat radioaktif.

Deskripsi bungkusan zat radioaktif sebagaimana dimaksud pada poin huruf e di atas paling sedikit harus memuat data dan informasi mengenai gambar teknik, dimensi, massa, komponen dasar, dan spesifikasi material bungkusan, zat radioaktif yang dimuat di dalam bungkusan, spesifikasi sifat fisika dan kimia, serta aktivitas atau aktivitas jenis total maksimum yang dapat dimuat bungkusan.

Setelah menerima permohonan secara tertulis dalam rangka validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif, Kepala BAPETEN melakukan penilaian selama jangka waktu paling lama 5 (lima) hari kerja sejak permohonan diterima.

Dalam hal hasil penilaian menunjukkan bahwa permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif yang diajukan memenuhi persyaratan, maka Kepala BAPETEN menerbitkan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif selambat-lambatnya 3 (tiga) hari kerja semenjak hasil penilaian diketahui.

Sebaliknya, apabila hasil penilaian menunjukkan permohonan yang disampaikan tidak memenuhi persyaratan, Kepala BAPETEN menolak permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif. Penolakan tersebut harus disertai dengan alasan yang mendasari keputusan penolakannya.

Dokumen Keputusan Tata Usaha Negara (KTUN) mengenai validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif yang diterbitkan oleh Kepala BAPETEN, paling kurang harus memuat informasi mengenai [5]:

- a. identitas pemegang validasi;
- b. spesifikasi bungkusan zat radioaktif;
- c. jadwal kedatangan bungkusan zat radioaktif;
- d. rute pengangkutan zat radioaktif yang ditempuh;
- e. kewajiban pemegang validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif;
- f. masa berlaku validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif; dan
- g. tanda identifikasi.

Validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif yang ditujukan untuk dimasukkan dan dipergunakan di dalam negeri, berlaku untuk jangka waktu paling lama 3 (tiga) tahun semenjak diterbitkan. Validasi tersebut tidak dapat diperpanjang masa berlakunya.

Adapun validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif yang ditujukan untuk transit, melalui, dan/atau singgah di wilayah hukum Republik Indonesia, hanya berlaku untuk satu kali transit, melalui, dan/atau singgah di daerah pabeaan. Validasi tersebut juga tidak dapat diperpanjang setelah masa berlakunya habis. Alur proses permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif memiliki kesamaan dengan alur proses permohonan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif daya sebar rendah sebagaimana telah ditunjukkan pada Gambar 8.5. Perbedaan yang

ada hanya terkait dengan obyek dari proses validasi.

Pengirim yang telah mendapatkan validasi atas sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif sebagaimana telah diuraikan di atas, selanjutnya wajib mengajukan permohonan persetujuan pengiriman zat radioaktif secara tertulis kepada Kepala BAPETEN, sebelum zat radioaktif dikeluarkan dari kawasan pabean. Pengajuan permohonan untuk mendapatkan persetujuan pengiriman dapat dilakukan bersamaan dengan pengajuan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif, atau segera setelah memperoleh validasi terhadap persetujuan desain bungkusan zat radioaktif.

## 8.5 Validasi Persetujuan Pengiriman

Validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif diperlukan untuk pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara, untuk tujuan transit, melalui, dan/atau singgah di wilayah hukum Negara Kesatuan Republik Indonesia, baik dengan atau tanpa mengganti sarana pengangkutan.

Dilihat dari sisi obyek angkutan berupa bungkusan zat radioaktif, pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara yang harus mendapatkan validasi terhadap persetujuan pengirimannya, mengangkut antara lain [5]:

- a. bungkusan Tipe B(M);
- b. bungkusan Tipe B(M) yang tidak berkesesuaian dengan desain bungkusan Tipe B(M) terkait dengan rentang operasionalisasi pada temperatur antar  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $70^{\circ}\text{C}$ , atau desain yang memungkinkan ventilasi bungkusan dapat dibuka sewaktu-waktu secara terkendali;
- c. bungkusan Tipe B(U), Tipe B(M), atau Tipe C yang berisi zat radioaktif dengan aktivitas lebih besar dari  $3.000\text{A}_1$ ,  $3.000\text{A}_2$ , atau  $1.000\text{TBq}$ ; maupun
- d. setiap bungkusan yang berisi bahan fisil dengan jumlah Indeks Keselamatan Kekritisitas (IKK) pada peti kemas atau kendaraan angkut melebihi 50 (lima puluh).

Uraian penjelasan terkait obyek angkut berupa bungkusan dalam rangka proses validasi terhadap persetujuan pengiriman pada poin a, b, dan c di atas serupa dengan uraian penjelasan obyek

angkut bungkusan zat radioaktif pada ketentuan tentang notifikasi rencana pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas negara. Dengan demikian uraian yang akan dibahas pada bagian ini hanyalah berkaitan dengan bungkusan yang berisi bahan fisil dengan nilai Indeks Keselamatan Kekritisitas (IKK) melebihi 50.

Bahan fisil memiliki sifat dapat melangsungkan reaksi pembelahan inti atom secara berantai. Dalam proses reaksi tersebut disertai dengan pelepasan energi yang sangat besar (200 MeV setiap reaksi fisi yang terjadi). Untuk mengantisipasi reaksi fisi agar tidak berlangsung pada saat pelaksanaan pengangkutan di tengah perjalanan, maka bahan fisil harus dikondisikan dalam keadaan subkritis. Dalam kondisi subkritis tidak terjadi pelipatan jumlah neutron yang bermakna pula tidak terjadi reaksi pembelahan inti atom bahan fisil. Kondisi tersebut direpresentasikan dengan IKK. Semakin besar nilai IKK, semakin besar pula peluang terjadinya reaksi pembelahan inti atom bahan fisil. Dengan kata lain, kemungkinan perubahan kondisi subkritis menjadi kondisi kritis maupun superkritis juga semakin besar.

Alasan inilah yang mengharuskan pengangkutan bahan fisil dengan IKK melebihi 50 (lima puluh) harus mendapatkan perhatian serta pengawasan yang lebih khusus. Gambar 8.7 memperlihatkan peristiwa, jenis bungkusan, dan persyaratan pengajuan validasi terhadap persetujuan pengiriman dari negara asal untuk pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas antar negara yang merupakan bagian dari persetujuan *multilateral*.

Untuk memperoleh validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas dari negara asal pengangkutan, pemohon harus terlebih dahulu memiliki [5]:

- a. notifikasi rencana pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif lintas batas antar negara yang telah mendapatkan persetujuan dari Kepala BAPETEN;
- b. validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif dari Kepala BAPETEN; dan/atau
- c. validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif dari Kepala BAPETEN.

Setelah menerima permohonan tertulis dari pemohon, Kepala BAPETEN melakukan penilaian dalam jangka waktu paling lama 5 (lima) hari kerja sejak menerima permohonan. Dalam

hal hasil penilaian menunjukkan bahwa permohonan validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif yang diajukan memenuhi persyaratan, maka Kepala BAPETEN menerbitkan validasi terhadap sertifikat persetujuan pengiriman zat radioaktif selambat-lambatnya 3 (tiga) hari kerja semenjak hasil penilaian diketahui.



**Gambar 8.7** Peristiwa, jenis bungkusan, dan persyaratan pengajuan validasi terhadap persetujuan pengiriman dari negara asal

Sebaliknya, apabila hasil penilaian menunjukkan permohonan yang disampaikan tidak memenuhi persyaratan, Kepala BAPETEN menolak permohonan validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif. Penolakan tersebut harus disertai dengan alasan yang mendasari keputusan penolakannya.

Dokumen Keputusan Tata Usaha Negara (KTUN) mengenai validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif yang diterbitkan oleh Kepala BAPETEN, paling kurang harus memuat informasi mengenai [5]:

- identitas pemegang validasi;
- spesifikasi zat radioaktif dan bungkusan zat radioaktif;
- jadwal kedatangan zat radioaktif dan bungkusan zat radioaktif;

- d. rute pengangkutan zat radioaktif yang ditempuh;
- e. kewajiban pemegang validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif;
- f. masa berlaku terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif; dan
- g. tanda identifikasi.

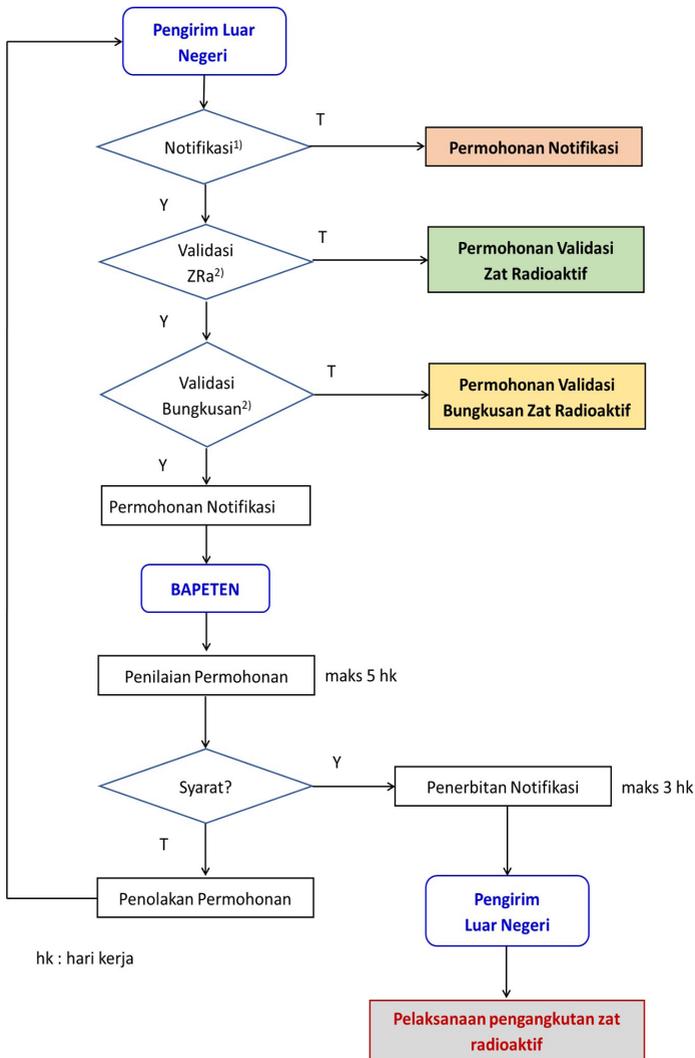
Validasi terhadap sertifikat persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif, hanya berlaku untuk satu kali transit, melalui, dan/atau singgah di daerah pabean Negara Kesatuan Republik Indonesia. Validasi tersebut tidak dapat diperpanjang setelah masa berlakunya habis.

Setiap orang yang telah memiliki validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif yang diterbitkan oleh otoritas Badan Pengawas negara asal pengangkutan zat radioaktif wajib melakukan pengangkutan zat radioaktif yang transit, melalui, dan/atau singgah di daerah pabean, baik dengan atau tanpa mengganti sarana pengangkutan, sesuai dengan kewajiban yang tercantum di dalam validasi dan mematuhi semua peraturan perundang-undangan yang berlaku.

## **8.6 Sertifikasi Persetujuan Desain Zat Radioaktif dan Bungkus**

Berkenaan dengan rencana kegiatan produksi atau pabrikasi zat radioaktif dan bungkus tertentu, diperlukan persetujuan desain zat radioaktif maupun bungkus dimaksud. Pengaturan tata laksana pengajuan persetujuan desain zat radioaktif dan bungkus tidak diatur mendetail di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015. Ketentuan lebih lanjut mengenai tata laksana pengajuan persetujuan desain zat radioaktif dan bungkus akan diatur lebih lanjut di tingkat Peraturan Kepala BAPETEN.

Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 terdapat dua pengamanan lebih lanjut berkaitan dengan sertifikat persetujuan desain zat radioaktif dan bungkus. Ketentuan mengenai tata cara dan permohonan, dan penerbitan sertifikat persetujuan desain zat radioaktif merupakan kesatuan ruang lingkup pengaturan Peraturan Kepala BAPETEN sebagaimana diamanatkan dalam Pasal 6 ayat (6).



**Gambar 8.8 Alur proses permohonan validasi terhadap persetujuan pengiriman zat radioaktif dari negara asal**

Keterangan Gambar:

- 1 : Apakah pengirim sebelumnya sudah memiliki notifikasi?
- 2 : Untuk zat radioaktif daya sebar rendah, apakah zat radioaktif yang akan digunakan sudah memiliki validasi sertifikat desain zat radioaktif?
- 3 : Apakah bungkus zat radioaktif yang akan diangkut sudah memiliki validasi sertifikat desain bungkus?

Adapun Pasal 9 ayat (4) mengamanatkan pengaturan lebih lanjut mengenai persyaratan dan tata cara permohonan dan penerbitan sertifikat persetujuan desain bungkusan. Kedua pengaturan tersebut nantinya juga akan mencakup ketentuan mengenai tata laksana pengajuan sertifikasi ulang (resertifikasi) terhadap sertifikat zat radioaktif maupun bungkusan yang telah habis masa berlakunya.

Dengan demikian, Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 menjadi payung hukum Peraturan Kepala BAPETEN yang berkaitan dengan pengaturan tata cara dan permohonan, dan penerbitan sertifikat persetujuan desain terhadap zat radioaktif maupun bungkusan zat radioaktif tertentu yang nantinya akan diatur.

# BAB 9

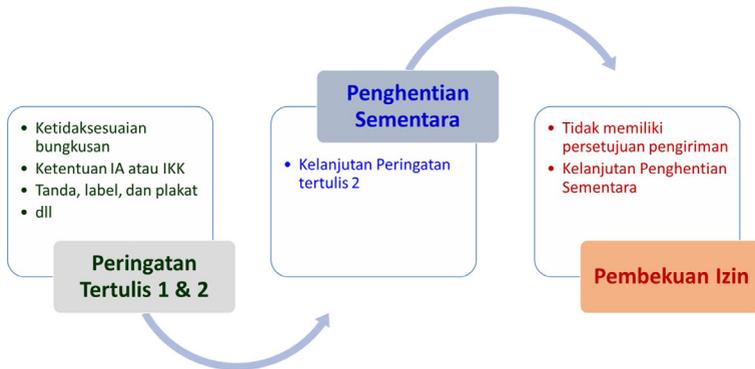
## SANKSI ADMINISTRATIF

Seluruh persyaratan aspek teknis keselamatan radiasi, aspek teknis keamanan, maupun ketentuan mengenai kesiapsiagaan dan tindakan penanggulangan kedaruratan, serta ketentuan sistem manajemen harus ditaati, dipenuhi, diterapkan, dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya oleh setiap pemangku kepentingan yang terkait pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif. Ketentuan atau persyaratan yang ditetapkan di dalam suatu peraturan perundang-undangan bersifat mengikat secara hukum (*legal binding*). Ketidakpatuhan terhadap persyaratan maupun ketentuan tersebut akan berkonsekuensi diberikannya sanksi, baik berupa administratif, denda, maupun pidana.

Sebagaimana diketahui bahwasanya wujud sanksi yang dapat diatur dan dikenakan di peraturan perundang-undangan setingkat peraturan pemerintah sebagaimana Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif adalah berupa sanksi administratif [43]. Namun demikian ketentuan sanksi administratif dapat berkembang menjadi sanksi yang lebih berat (sanksi pidana) dengan mengacu kepada peraturan perundang-undangan yang mengamanatkannya. Dalam hal ini, ketidakpatuhan terhadap sanksi administratif yang dijatuhkan dapat memicu pelanggaran ketentuan atau persyaratan sebagaimana diatur oleh peraturan perundang-undangan pada tingkat yang lebih tinggi, yaitu Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

Dalam kegiatan pengangkutan zat radioaktif, pengirim merupakan subyek hukum yang memikul tanggung jawab paling utama terhadap dipenuhinya semua persyaratan dan ketentuan pengangkutan. Pengirim paling berperan aktif dalam setiap tahapan persiapan, pelaksanaan, hingga tindakan paska pengangkutan zat radioaktif. Dengan demikian pengirim memiliki kewajiban yang paling dominan. Hal tersebut juga berimplikasi terhadap tindakan ketidakpatuhan yang menimbulkan sanksi administratif dapat dikenakan kepada pihak pengirim.

Sanksi administratif sebagaimana diatur di dalam Peraturan Pemerintah ini berwujud sanksi berupa peringatan tertulis, penghentian sementara kegiatan pengangkutan, hingga pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau izin pemanfaatan bahan nuklir [5]. Secara skematis, pemberlakuan ketiga jenis sanksi administratif tersebut dirangkum melalui Gambar 9.1.



**Gambar 9.1 Skematis pemberlakuan sanksi administratif dalam pengangkutan zat radioaktif**

Gambar 9.1 merupakan skema pemberlakuan sanksi administratif dalam pengangkutan zat radioaktif. Sanksi administratif berupa peringatan tertulis pertama dan kedua yang tidak ditindaklanjuti dapat berkonsekuensi timbulnya sanksi penghentian sementara kegiatan pengangkutan zat radioaktif. Dalam hal sanksi penghentian sementara tersebut tidak ditindaklanjuti akan berkonsekuensi timbulnya sanksi pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau pemanfaatan bahan nuklir.

Ketentuan mengenai sanksi administratif di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif ditetapkan dalam Pasal 103 sampai dengan Pasal 106, mencakup sanksi administratif berupa peringatan tertulis, penghentian sementara kegiatan pengangkutan zat radioaktif, hingga pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau bahan nuklir [5].

### 9.1 Sanksi Peringatan Tertulis

Sanksi administratif berupa peringatan tertulis pertama diberikan kepada pengirim berkaitan dengan tindakan ketidakpatuhan atau

pelanggaran ketentuan dan persyaratan sebagaimana tercantum secara lengkap di dalam Tabel 9.1 [5].

**Tabel 9.1 Ketidakpatuhan yang menimbulkan sanksi peringatan tertulis**

No.	Pasal	Ketidakpatuhan/Pelanggaran
1.	Pasal 8 ayat (1)	Tidak menggunakan bungkus
2.	Pasal 14 ayat (2)	Tidak menentukan kategori bungkus yang digunakan secara benar
3.	Pasal 16 ayat (1)	Tidak mengangkut secara eksklusif untuk bungkus kategori III-Kuning dengan nilai indeks angkutan lebih besar dari 10 dan tingkat radiasi maksimum pada permukaan luar bungkus antara 2 mSv/jam sampai dengan 10 mSv/jam
4.	Pasal 17 ayat (1)	Tidak menentukan kategori pembungkus luar dan peti kemas yang digunakan secara benar
5.	Pasal 20 ayat (1)	Tidak melakukan penandaan bungkus
6.	Pasal 21 ayat (2)	Tidak mencantumkan kode identifikasi dan nomor seri bungkus untuk penggunaan bungkus industri atau bungkus tipe A berisi bahan fisil atau $UF_6$ lebih dari 0,1 kg
	Pasal 21 ayat (3)	Tidak mencantumkan kode identifikasi dan nomor seri bungkus, serta tanda radiasi untuk penggunaan bungkus tipe B(U), tipe B(M), dan tipe C
7.	Pasal 26 ayat (1)	Tidak melakukan pelabelan bungkus
8.	Pasal 30 ayat (1)	Tidak memasang plakat pada penggunaan peti kemas atau tanki
9.	Pasal 31	Tidak mencantumkan informasi Nomor PBB dalam pengangkutan AJR-I atau BTP-I tanpa menggunakan bungkus, atau dalam pengangkutan secara eksklusif dengan Nomor PBB tunggal
10.	Pasal 33 ayat (1)	Tidak menentukan Indeks Keselamatan Kekritisitas terhadap bungkus, pembungkus luar, peti kemas, atau tanki untuk mengangkut bahan fisil atau $UF_6$
11.	Pasal 36 ayat (2)	Tidak melakukan kajian dosis terhadap paparan radiasi akibat kerja dalam penyusunan program proteksi dan keselamatan radiasi
12.	Pasal 38 ayat (1)	Tidak melakukan pemantauan daerah kerja dan dosis perorangan dalam hal hasil kajian dosis menunjukkan potensi penerimaan lebih dari 6 mSv dalam 1 tahun

No.	Pasal	Ketidakpatuhan/Pelanggaran
	Pasal 38 ayat (2)	Tidak melakukan pemantauan daerah kerja atau dosis perorangan dalam hal hasil kajian dosis menunjukkan potensi penerimaan antara 1 mSv s.d. 6 mSv dalam 1 tahun
13.	Pasal 40 ayat (1)	Tidak memastikan penempatan bungkus dengan pertimbangan yang dipersyaratkan
	Pasal 40 ayat (2)	Tidak melaksanakan ketentuan penempatan bungkus selama transit
14.	Pasal 41 ayat (1)	Tidak memastikan penempatan pembungkus luar dan/atau peti kemas dengan pertimbangan yang dipersyaratkan
	Pasal 41 ayat (2)	Tidak melaksanakan ketentuan penempatan pembungkus luar dan/atau peti kemas selama transit
15.	Pasal 45 ayat (1)	Tidak menentukan kategori sumber radioaktif sebelum pelaksanaan pengangkutan
16.	Pasal 47 ayat (1)	Tidak menentukan klasifikasi tingkat keamanan sumber radioaktif sebelum pelaksanaan pengangkutan
17.	Pasal 53 ayat (1)	Tidak menyusun rencana keamanan sumber radioaktif sebelum pelaksanaan pengangkutan
18.	Pasal 54	Tidak melakukan pemutakhiran rencana keamanan sumber radioaktif dalam jangka waktu paling kurang 3 tahun sekali
19.	Pasal 57 ayat (1)	Tidak menentukan klasifikasi bahan nuklir sebelum pelaksanaan pengangkutan
20.	Pasal 58 ayat (1)	Tidak menyusun rencana proteksi fisik untuk pengangkutan bahan nuklir sebelum pelaksanaan pengangkutan
21.	Pasal 59	Tidak melakukan pemutakhiran rencana proteksi fisik untuk pengangkutan bahan nuklir dalam jangka waktu paling kurang 3 tahun sekali
22.	Pasal 62 ayat (1)	Tidak memenuhi kewajiban sebagai pengirim
23.	Pasal 65 ayat (1)	Tidak menetapkan dan menerapkan sistem manajemen dalam pengangkutan zat radioaktif
	Pasal 65 ayat (3)	Tidak melakukan evaluasi terhadap sistem manajemen secara berkala paling kurang 3 tahun sekali
24.	Pasal 68 ayat (1)	Tidak menyusun dan menetapkan prosedur penanggulangan kedaruratan dalam pengangkutan zat radioaktif

No.	Pasal	Ketidapatuhan/Pelanggaran
	Pasal 68 ayat (3)	Tidak melakukan pemutakhiran prosedur penanggulangan kedaruratan secara berkala paling kurang 2 tahun sekali
25.	Pasal 69 ayat (1)	Tidak menyelenggarakan pelatihan dan geladi kedaruratan dalam pengangkutan zat radioaktif
26.	Pasal 76 ayat (1)	Tidak memberitahukan pelaksanaan penanggulangan dan perkembangan kedaruratan
27.	Pasal 77 ayat (1)	Tidak menyampaikan laporan tertulis kepada Kepala BAPETEN setelah penanggulangan kedaruratan selesai dilaksanakan
28.	Pasal 82 ayat (1)	Tidak melaksanakan kewajiban yang tercantum di dalam persetujuan pengiriman dan peraturan perundang-undangan yang berlaku
	Pasal 82 ayat (2)	Tidak menyampaikan laporan tertulis kepada Kepala BAPETEN setelah pelaksanaan pengangkutan
29.	Pasal 87 ayat (1)	Tidak memiliki validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif
30.	Pasal 92 ayat (1)	Tidak mengajukan persetujuan pengiriman zat radioaktif sebelum zat radioaktif dikeluarkan dari kawasan pabean
31.	Pasal 93 ayat (1)	Tidak memiliki validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan zat radioaktif
32.	Pasal 98 ayat (1)	Tidak mengajukan persetujuan pengiriman zat radioaktif sebelum bungkusan zat radioaktif dikeluarkan dari kawasan pabean

Dalam hal pengirim tidak memenuhi atau melakukan pelanggaran terhadap ketentuan atau persyaratan sebagaimana tercantum di dalam Tabel 9.1, Kepala BAPETEN memberikan sanksi administratif berupa peringatan tertulis pertama. Pengirim wajib menindaklanjuti peringatan tertulis pertama sebagaimana dimaksud di atas dalam jangka waktu paling lama 10 (sepuluh) hari kerja terhitung sejak tanggal ditetapkannya peringatan tertulis pertama.

Apabila dalam jangka waktu 10 (sepuluh) hari kerja sebagaimana dimaksud di atas pengirim tidak menindaklanjuti peringatan tertulis pertama, Kepala BAPETEN memberikan sanksi peringatan tertulis kedua. Peringatan tertulis kedua wajib ditindaklanjuti oleh pengirim dalam jangka waktu paling lama 10 (sepuluh) hari kerja terhitung semenjak ditetapkannya sanksi peringatan tertulis ke dua tersebut.

Dalam hal pengirim tidak melakukan tindak lanjut terhadap peringatan tertulis ke dua yang diberikan, Kepala BAPETEN memberikan sanksi lanjutan berupa penghentian sementara kegiatan pengangkutan zat radioaktif.

## 9.2 Sanksi Penghentian Sementara Pengangkutan

Sanksi administratif berupa penghentian sementara terhadap kegiatan pengangkutan zat radioaktif merupakan konsekuensi lebih lanjut terhadap tidak dilaksanakannya sanksi administratif berupa peringatan tertulis kedua yang diberikan oleh Kepala BAPETEN kepada pihak pelanggar sebagaimana sudah dibahas pada sub bab sebelumnya.

Penghentian sementara kegiatan pengangkutan zat radioaktif kepada pelanggar dimaksudkan bahwa persetujuan pengiriman yang dimiliki, dalam hal masa berlakunya belum habis, tidak berlaku lagi. Konsekuensinya kegiatan pengangkutan zat radioaktif tidak boleh dilaksanakan. Pengirim wajib menghentikan sementara kegiatan pengangkutan zat radioaktif terhitung sejak ditetapkannya keputusan sanksi tersebut oleh Kepala BAPETEN [5].

Apabila pada saat sanksi ditetapkan pengangkutan sedang dilaksanakan (barang kiriman zat radioaktif berada di tengah perjalanan), BAPETEN memiliki kewenangan untuk menghentikan, menyita, bahkan menahan zat radioaktif yang sedang dikirim. Berdasarkan pertimbangan hukum, teknis, ataupun situasi dan kondisi di lapangan, BAPETEN dapat mempertimbangkan untuk tidak menghentikan, menyita, atau menahan zat radioaktif di tengah perjalanan dan tetap mengizinkan zat radioaktif dikirimkan hingga ke tempat tujuan akhir. Dengan demikian, pengirim dan/atau pengangkut tetap memiliki kewajiban untuk mengirimkan zat radioaktif hingga ke tempat tujuan akhir dengan aman dan selamat.

Pengenaan sanksi administrasi berupa penghentian pelaksanaan pengangkutan zat radioaktif berkonsekuensi bahwasanya dalam pelaksanaan pengangkutan selanjutnya, ataupun pengajuan persetujuan pengiriman selanjutnya tidak akan diperkenankan oleh BAPETEN. Hal tersebut berlangsung sampai dengan dipenuhinya semua ketentuan atau persyaratan aspek keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif, maupun peraturan perundang-undangan lain yang berkaitan.

### 9.3 Sanksi Pembekuan Izin Pemanfaatan

Dalam hal pelaksanaan kegiatan pengangkutan zat radioaktif tidak dilengkapi dengan persetujuan pengiriman dari Kepala BAPETEN sebagaimana diatur di dalam Pasal 80 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015, pengirim dikenai sanksi berupa pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau pemanfaatan bahan nuklir yang dimilikinya [5].

Hal yang sama juga berlaku apabila pengirim yang sedang menerima sanksi administratif berupa penghentian sementara kegiatan pengangkutan zat radioaktif dan sanksi tersebut belum dicabut, tetap melakukan kegiatan pengangkutan zat radioaktif. Pengirim yang dikenai sanksi administratif berupa pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion dan pemanfaatan bahan nuklir wajib menghentikan sementara kegiatan pemanfaatan sumber radiasi pengion dan pemanfaatan bahan nuklir terhitung sejak ditetapkannya keputusan pembekuan izin oleh Kepala BAPETEN.

Dengan kata lain yang bersangkutan dilarang menggunakan zat radioaktif yang dimilikinya. Pembekuan izin berlaku sampai dengan dipenuhinya ketentuan teknis keselamatan radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif dan ketentuan teknis keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif.

Dalam hal pengirim telah memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dalam pengangkutan zat radioaktif dan ketentuan teknis keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif, maka pengirim harus memberitahukan hal tersebut kepada Kepala BAPETEN. Selanjutnya Kepala BAPETEN menindaklanjuti pemberitahuan tersebut dengan mengirimkan Tim Inspektur BAPETEN untuk memeriksa pemenuhan ketentuan teknis keselamatan radiasi dan teknis keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif di lapangan.

Apabila dalam pemeriksaan lapangannya Tim Inspektur BAPETEN menyatakan pengirim telah memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif, maka Kepala BAPETEN menerbitkan keputusan pemberlakuan kembali izin pemanfaatan sumber radiasi pengion dan pemanfaatan bahan nuklir terhadap fasilitas atau instalasi dimaksud.

Dalam rentang waktu diberlakukannya sanksi pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion atau pemanfaatan bahan

nuklir, pengirim atau pemegang izin dilarang menggunakan zat radioaktif yang dimilikinya. Hal ini sama artinya bahwa fasilitas radiasi atau instalasi yang bersangkutan dilarang untuk dioperasikan. Apabila dalam rentang waktu diberlakukannya sanksi pembekuan izin pemanfaatan sumber radiasi penganon atau pemanfaatan bahan nuklir, pengirim atau pemegang izin tetap menggunakan atau mengoperasikan fasilitas atau instalasi yang dimilikinya, maka telah terjadi pelanggaran terhadap ketentuan Pasal 17 Undang-undang Ketenaganukliran yang berkonsekuensi sanksi pidana berupa kurungan penjara dan/ataupun denda [14].

#### **9.4 Sanksi untuk Pengangkut**

Pengangkut zat radioaktif yang diangkut atau dikirim dengan penggunaan tunggal atau penggunaan eksklusif (*exclusive use*) wajib memiliki izin pengangkutan barang khusus atau B3 dari Kementerian Perhubungan. Dalam hal ketentuan tersebut dilanggar, maka kepada pihak pengangkut akan dikenakan sanksi administratif sebagaimana telah diatur dan ditetapkan di dalam peraturan perundang-undangan yang terkait dengan pengangkutan [5].

# BAB 10

## PENUTUP

Penetapan dan pemberlakuan suatu peraturan perundang-undangan dengan pengundangannya di dalam Lembaran Negara ataupun Tambahan Lembaran Negara tentu memerlukan suatu pengaturan transisi atau peralihan dari pemberlakuan peraturan yang lama menuju peraturan yang baru. Hal yang sama juga diterapkan seiring dengan pemberlakuan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif ini.

Kondisi-kondisi ataupun praktik-praktik dari setiap rangkaian kegiatan pengangkutan zat radioaktif, mencakup persiapan, pelaksanaan pengiriman di tengah perjalanan, penyimpanan ataupun transit dalam perjalanan, hingga penerimaan zat radioaktif yang masih dilaksanakan berdasarkan ketentuan dan persyaratan berlandaskan peraturan yang lama perlu secara perlahan diarahkan untuk memenuhi ketentuan dan persyaratan yang baru. Hal ini juga terutama berkaitan dengan dokumen-dokumen administratif pendukung yang masih berlaku untuk jangka waktu tertentu.

Pemberlakuan ketentuan peralihan bertujuan untuk memberikan kesempatan yang memadai kepada setiap pemangku kepentingan yang menjadi subyek hukum suatu peraturan perundang-undangan untuk mempersiapkan diri guna mematuhi ketentuan dan persyaratan yang baru. Peralihan yang harus diikuti seringkali membutuhkan sumber daya tambahan ataupun baru berkaitan dengan dana, personel, prosedur, kelengkapan dokumen administratif dan lain sebagainya. Dengan demikian kondisi masa peralihan yang berlangsung diharapkan tidak menimbulkan suasana kacau, ketidaktertiban hukum, bahkan *chaos*.

Pada saat Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 ini mulai berlaku, tetap diakomodir bahwasanya seluruh sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, sertifikat persetujuan desain bungkusan, persetujuan pengiriman zat radioaktif, validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, dan validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan, yang masa berlakunya belum habis dinyatakan masih tetap berlaku sampai dengan masa berlakunya berakhir [5].

Adapun terkait dengan pengajuan yang baru untuk persetujuan pengiriman, persetujuan sertifikat desain zat radioaktif, persetujuan desain bungkusan, validasi terhadap sertifikat persetujuan desain zat radioaktif, validasi terhadap sertifikat persetujuan desain bungkusan, serta validasi terhadap persetujuan pengiriman dari otoritas Badan Pengawas di negara asal maupun negara yang disinggahi dalam hal pengangkutan lintas batas antar negara yang bersifat *multilateral*, maka segala persyaratan dan proseduralnya harus mengikuti ketentuan baru sebagaimana diatur di dalam Peraturan Pemerintah yang baru.

Pada saat Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2018 diundangkan, kepada setiap pemangku kepentingan, meliputi antara lain pengirim, penerima, dan pengangkut diberikan waktu selama 3 (tiga) bulan untuk melakukan penyesuaian terhadap ketentuan dan persyaratan baru yang diberlakukan. Mengingat Peraturan Pemerintah tersebut diterbitkan pada 10 Agustus 2015, maka tenggang waktu tersebut hanya berlaku hingga 10 November 2015. Dengan demikian untuk kondisi saat ini, seluruh ketentuan dan persyaratan pengangkutan zat radioaktif sepenuhnya harus mengacu kepada Peraturan Pemerintah dimaksud.

Pada saat Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 ini diberlakukan, maka semua Peraturan Perundang-undangan yang merupakan peraturan pelaksanaan dari Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002 Nomor 51, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4201), dinyatakan masih berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan ketentuan dalam Peraturan Pemerintah dimaksud.

Dalam perkembangannya setelah melewati masa lebih dari dua tahun semenjak diundangkannya Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015, maka beberapa peraturan pelaksana di tingkat Peraturan Kepala BAPETEN pada saat ini tengah ditinjau, dievaluasi, sehingga sebagian di antaranya dalam proses perubahan ataupun amandemen. Langkah tersebut merupakan tindakan untuk mewujudkan peraturan perundang-undangan yang selaras, tidak tumpang tindih, dan harmonis pada setiap tingkatannya.

Seiring dengan pemberlakuan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, maka Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif

(Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002 Nomor 51, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4201) yang merupakan peraturan lama dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

Dengan pemberlakuan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif melalui penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia, maka segenap warga negara dan setiap pemangku kepentingan terkait wajib untuk menaati dan mematuhi dengan sebaik-baiknya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## LAMPIRAN

*Nilai Dasar Radionuklida [5]*

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Aktinium (89)				
Ac-225 (a)	8 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Ac-227 (a)	9 x 10 <sup>-1</sup>	9 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228	6 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Perak (47)				
Ag-105	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ag-108m (a)	7 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>6</sup> (b)
Ag-110m (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ag-111	2 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Aluminium (13)				
Al-26	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Amerisium (95)				
Am-241	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Am-242m (a)	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
Am-243 (a)	5 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup> (b)	1 x 10 <sup>3</sup> (b)
Argon (18)				
Ar-37	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Ar-39	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Ar-41	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Arsenik (33)				
As-72	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
As-73	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
As-74	1 x 10 <sup>0</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
As-76	$3 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^5$
As-77	$2 \times 10^1$	$7 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
Astatin (85)				
At-211 (a)	$2 \times 10^1$	$5 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^7$
Emas (79)				
Au-193	$7 \times 10^0$	$2 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^7$
Au-194	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
Au-195	$1 \times 10^1$	$6 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^7$
Au-198	$1 \times 10^0$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Au-199	$1 \times 10^1$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Barium (56)				
Ba-131 (a)	$2 \times 10^0$	$2 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Ba-133	$3 \times 10^0$	$3 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Ba-133m	$2 \times 10^1$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Ba-140 (a)	$5 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$ (b)	$1 \times 10^5$ (b)
Berillium (4)				
Be-7	$2 \times 10^1$	$2 \times 10^1$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^7$
Be-10	$4 \times 10^1$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^6$
Bismut (83)				
Bi-205	$7 \times 10^{-1}$	$7 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
Bi-206	$3 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^5$
Bi-207	$7 \times 10^{-1}$	$7 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
Bi-210	$1 \times 10^0$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
Bi-210m (a)	$6 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^5$
Bi-212 (a)	$7 \times 10^{-1}$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$ (b)	$1 \times 10^5$ (b)
Berkelium (97)				
Bk-247	$8 \times 10^0$	$8 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^4$
Bk-249 (a)	$4 \times 10^1$	$3 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
Bromin (35)				
Br-76	$4 \times 10^{-1}$	$4 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^5$
Br-77	$3 \times 10^0$	$3 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Br-82	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Karbon (6)				
C-11	1 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
C-14	4 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Kalsium (20)				
Ca-41	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Ca-45	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Ca-47 (a)	3 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Kadmium (48)				
Cd-109	3 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cd-113m	4 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cd-115 (a)	3 x 10 <sup>0</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cd-115m	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Serium (58)				
Ce-139	7 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ce-141	2 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Ce-143	9 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ce-144 (a)	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup> (b)	1 x 10 <sup>5</sup> (b)
Kalifornium (98)				
Cf-248	4 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cf-249	3 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Cf-250	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cf-251	7 x 10 <sup>0</sup>	7 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Cf-252	5 x 10 <sup>-2</sup>	3 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cf-253 (a)	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Cf-254	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Klorin (17)				
Cl-36	1 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cl-38	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Kurium (96)				
Cm-240	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Cm-241	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cm-242	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Cm-243	9 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cm-244	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cm-245	9 x 10 <sup>0</sup>	9 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Cm-246	9 x 10 <sup>0</sup>	9 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Cm-247 (a)	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cm-248	2 x 10 <sup>-2</sup>	3 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Kobal (27)				
Co-55	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Co-56	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Co-57	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Co-58	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Co-58m	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Co-60	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Kromium (24)				
Cr-51	3 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Cesium (55)				
Cs-129	4 x 10 <sup>0</sup>	4 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Cs-131	3 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cs-132	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Cs-134	7 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Cs-134m	4 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Cs-135	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Cs-136	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Cs-137 (a)	2 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
Tembaga (29)				
Cu-64	6x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Cu-67	1 x 10 <sup>1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Disprosium (66)				
Dy-159	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Dy-165	9 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Dy-166 (a)	9 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Erbium (68)				
Er-169	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Er-171	8 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Europium (63)				
Eu-147	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-148	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-149	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Eu-150 (waktu paruh pendek)	2 x 10 <sup>0</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-150 (waktu paruh panjang)	7 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-152	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-152m	8 x 10 <sup>-1</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-154	9 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Eu-155	2 x 10 <sup>1</sup>	3 x 100	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Eu-156	7 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Fluorin (9)				
F-18	1 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Besi (26)				
Fe-52 (a)	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Fe-55	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Fe-59	9 x 10 <sup>-1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Fe-60 (a)	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Galium (31)				
Ga-67	7 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ga-68	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Ga-72	4 X 10 <sup>-1</sup>	4 X 10 <sup>-1</sup>	1 X 10 <sup>1</sup>	1 X 10 <sup>5</sup>
Gadolinium (64)				
Gd-146 (a)	5 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Gd-148	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Gd-153	1 x 10 <sup>1</sup>	9 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Gd-159	3 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Germanium (32)				
Ge-68	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Ge-71	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Ge-77	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Hafnium (72)				
Hf-172 (a)	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Hf-175	3 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Hf-181	2 x 10 <sup>0</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Hf-182	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Merkuri (80)				
Hg-194 (a)	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Hg-195m (a)	3 x 10 <sup>0</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Hg-197	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Hg-197m	1 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Hg-203	5 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Holmium (67)				
Ho-166	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Ho-166m	6 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Iodin (53)				
I-123	6 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
I-124	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
I-125	2 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
I-126	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
I-129	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
I-131	3 x 10 <sup>0</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
I-132	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
I-133	7 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
I-134	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
I-135 (a)	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Indium (49)				
In-111	3 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
In-113m	4 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
In-114m (a)	1 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
In-115m	7 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Iridium (77)				
Ir-189 (a)	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Ir-190	7 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ir-192	1 x 10 <sup>0</sup> (c)	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Ir-194	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Potassium (19)				
K-40	9 x 10 <sup>-1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
K-42	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
K-43	7 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Kripton (36)				
Kr-79	4 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Kr-81	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Kr-85	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Kr-85m	8 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>10</sup>
Kr-87	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Lantanum (57)				
La-137	3 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
La-140	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Lutesium (71)				
Lu-172	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Lu-173	8 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Lu-174	9 x 10 <sup>0</sup>	9 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Lu-174m	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Lu-177	3 x 10 <sup>1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Magnesium (12)				
Mg-28 (a)	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>
Mangan (25)				
Mn-52	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Mn-53	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Mn-54	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Mn-56	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Molibdenum (42)				
Mo-93	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Mo-99 (a)	1 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Nitrogen (7)				
N-13	9 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Sodium (11)				
Na-22	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Na-24	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Niobium (41)				
Nb-93m	4 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Nb-94	7 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Nb-95	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Nb-97	9 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Neodimium (60)				
Nd-147	6 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Nd-149	6 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Nikel (28)				
Ni-59	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Ni-63	4 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Ni-65	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Neptunium (93)				
Np-235	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Np-236 (waktu paruh pendek)	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Np-236 (waktu paruh panjang)	$9 \times 10^0$	$2 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^5$
Np-237	$2 \times 10^1$	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^0$ (b)	$2 \times 10^3$ (b)
Np-239	$7 \times 10^0$	$4 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^7$
Osmium (76)				
Os-185	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
Os-191	$1 \times 10^1$	$2 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^7$
Os-191m	$4 \times 10^1$	$3 \times 10^1$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^7$
Os-193	$2 \times 10^0$	$6 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Os-194 (a)	$3 \times 10^{-1}$	$3 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^5$
Fosfor (15)				
P-32	$5 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^5$
P-33	$4 \times 10^1$	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^8$
Protaksinium (91)				
Pa-230 (a)	$2 \times 10^0$	$7 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
Pa-231	$4 \times 10^0$	$4 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^3$
Pa-233	$5 \times 10^0$	$7 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^7$
Timbal (82)				
Pb-201	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^0$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
Pb-202	$4 \times 10^1$	$2 \times 10^1$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
Pb-203	$4 \times 10^0$	$3 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Pb-205	Tak terbatas	Tak terbatas	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^7$
Pb-201 (a)	$1 \times 10^0$	$5 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^1$ (b)	$1 \times 10^4$ (b)
Pb-212 (a)	$7 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$ (b)	$1 \times 10^5$ (b)
Paladium (46)				
Pd-103 (a)	$4 \times 10^1$	$4 \times 10^1$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^8$
Pd-107	Tak terbatas	Tak terbatas	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^8$
Pd-109	$2 \times 10^0$	$5 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^6$
Prometium (61)				
Pm-143	$3 \times 10^0$	$3 \times 10^0$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^6$
Pm-144	$7 \times 10^{-1}$	$7 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^6$

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Pm-145	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Pm-147	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Pm-148m (a)	8 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Pm-149	2 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Pm-151	2 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Polonium (84)				
Po-210	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Praseodimium (59)				
Pr-142	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Pr-143	3 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Platina (78)				
Pt-188 (a)	1 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Pt-191	4 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Pt-193	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Pt-193m	4 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Pt-195m	1 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Pt-197	2 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Pt-197m	1 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Plutonium (94)				
Pu-236	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Pu-237	2 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Pu-238	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Pu-239	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Pu-240	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Pu-241 (a)	4 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Pu-242	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Pu-244 (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Radium (88)				
Ra-233 (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>2</sup> (b)	1 x 10 <sup>5</sup> (b)
Ra-224 (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>5</sup> (b)
Ra-225 (a)	2 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Ra-226 (a)	2 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
Ra-228 (a)	6 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>5</sup> (b)
Rubidium (37)				
Rb-81	2 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Rb-83 (a)	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Rb-84	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Rb-86	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Rb-87	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Rb (alam)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Rhenium (75)				
Re-184	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Re-184m	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Re-186	2 x 10 <sup>0</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Re-187	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>6</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Re-188	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Re-189 (a)	3 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Re (alam)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>6</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Rhodium (45)				
Rh-99	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Rh-101	5 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Rh-102	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Rh-102m	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Rh-103m	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Rh-105	1 x 10 <sup>-1</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Radon (26)				
Rn-222 (a)	3 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>3</sup> (b)
Ruthenium (44)				
Ru-97	5 x 10 <sup>0</sup>	5 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Ru-103 (a)	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ru-105	1 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ru-106 (a)	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup> (b)	1 x 10 <sup>5</sup> (b)

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Belerang (16)				
S-35	4 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Antimon (51)				
Sb-122	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Sb-124	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sb-125	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sb-126	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Skandium (21)				
Sc-44	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Sc-46	5 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sc-47	1 x 10 <sup>1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sc-48	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Selenium (34)				
Se-75	3 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Se-79	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Silikon (14)				
Si-31	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Si-32	4 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Samarium (62)				
Sm-145	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Sm-147	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Sm-151	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Sm-153	9 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Timah (50)				
Sn-113 (a)	4 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Sn-117m	7 x 10 <sup>0</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sn-119m	4 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Sn-121m (a)	4 x 10 <sup>1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Sn-123	8 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sn-125	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Sn-126 (a)	6 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Stronsium (38)				
Sr-82 (a)	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Sr-85	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sr-85m	5 x 10 <sup>0</sup>	5 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Sr-87m	3 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sr-89	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Sr-90 (a)	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
Sr-91 (a)	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Sr-92 (a)	1 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tritium (1)				
T(H-3)	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>
Tantalum (73)				
Ta-178 (waktu paruh panjang)	1 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Ta-179	3 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1x 10 <sup>7</sup>
Ta-182	9 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Terbium (65)				
Tb-157	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Tb-158	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tb-160	1 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Teknisium (43)				
Tc-95m (a)	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tc-96	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tc-96m (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Tc-97	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>
Tc-97m	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Tc-98	8 x 10 <sup>-1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tc-99	4 x 10 <sup>1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Tc-99m	1 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Telurium (52)				
Te-121	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Te-121m	5 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Te-123m	8 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Te-125m	2 x 10 <sup>1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Te-127	2 x 10 <sup>1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Te-127m (a)	2 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Te-129	7 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Te-129m (a)	8 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Te-131m (a)	7 x 10 <sup>-1</sup>	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Te-132 (a)	5 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Thorium (90)				
Th-227	1 x 10 <sup>1</sup>	5 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Th-228 (a)	5 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
Th-229	5 x 10 <sup>0</sup>	5 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>0</sup> (b)	1 x 10 <sup>3</sup> (b)
Th-230	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Th-231	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Th-232	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Th (alam)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>0</sup> (b)	1 x 10 <sup>3</sup> (b)
Titanium (22)				
Ti-44 (a)	5 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Talium (81)				
Tl-200	9 x 10 <sup>-1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tl-201	1 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tl-202	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tl-204	1 x 10 <sup>1</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Tulium (69)				
Tm-167	7 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tm-170	3 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Tm-171	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>

<b>Radionuklida (nomor atom)</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan</b>	<b>Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan</b>
	<b>(TBq)</b>	<b>(TBq)</b>	<b>(Bq/g)</b>	<b>(Bq)</b>
Uranium (72)				
U-230 (absorpsi paru-paru cepat) (a) (d)	$4 \times 10^1$	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$ (b)	$1 \times 10^5$ (b)
U-230 (absorpsi paru-paru sedang) (a) (e)	$4 \times 10^1$	$4 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
U-230 (absorpsi paru-paru lambat) (a) (f)	$3 \times 10^1$	$3 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
U-232 (absorpsi paru-paru cepat) (d)	$4 \times 10^1$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^0$ (b)	$1 \times 10^3$ (b)
U-232 (absorpsi paru-paru sedang) (e)	$4 \times 10^1$	$7 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
U-232 (absorpsi paru-paru lambat) (f)	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
U-233 (absorpsi paru-paru cepat) (d)	$4 \times 10^1$	$9 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
U-233 (absorpsi paru-paru sedang) (e)	$4 \times 10^1$	$2 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^5$
U-233 (absorpsi paru-paru lambat) (f)	$4 \times 10^1$	$6 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^5$
U-234 (absorpsi paru-paru cepat) (d)	$4 \times 10^1$	$9 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^1$	$1 \times 10^4$
U-234 (absorpsi paru-paru sedang) (e)	$4 \times 10^1$	$2 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^5$

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
U-234 (absorpsi paru-paru lambat) (f)	4 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
U-235 (absorpsi paru-paru seluruh tipe) (a), (d), (e), (f)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
U-236 (absorpsi paru-paru cepat) (d)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
U-236 (absorpsi paru-paru sedang) (e)	4 x 10 <sup>1</sup>	2 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
U-236 (absorpsi paru-paru lambat) (f)	4 x 10 <sup>1</sup>	6 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
U-238 (absorpsi paru-paru seluruh tipe) (a), (d), (e), (f)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>4</sup> (b)
U (alam)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>0</sup> (b)	1 x 10 <sup>3</sup> (b)
U (diperkaya sampai 20% atau kurang) (g)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
U (terdepleksi/susut kadar)	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Vanadium (23)				
V-48	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
V-49	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Tungsten (74)				
W-178 (a)	9 x 10 <sup>0</sup>	5 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
W-181	3 x 10 <sup>1</sup>	3 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
W-185	4 x 10 <sup>1</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
W-187	2 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
W-188 (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>

Radionuklida (nomor atom)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Konsentrasi Aktivitas untuk Bahan Dikecualikan	Nilai Batas Aktivitas untuk Barang Kiriman Dikecualikan
	(TBq)	(TBq)	(Bq/g)	(Bq)
Xenon (54)				
Xe-122 (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>
Xe-123	2 x 10 <sup>0</sup>	7 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Xe-127	4 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Xe-131m	4 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Xe-133	2 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
Xe-135	3 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>10</sup>
Itrium (39)				
Y-87 (a)	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Y-88	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Y-90	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Y-91	6 x 10 <sup>-1</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Y-91m	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Y-92	2 x 10 <sup>-1</sup>	2 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Y-93	3 x 10 <sup>-1</sup>	3 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Iterbium (70)				
Yb-169	4 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Yb-175	3 x 10 <sup>1</sup>	9 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>
Seng (30)				
Zn-65	2 x 10 <sup>0</sup>	2 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Zn-69	3 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Zn-69m (a)	3 x 10 <sup>0</sup>	6 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Zirkonium (40)				
Zr-88	3 x 10 <sup>0</sup>	3 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Zr-93	Tak terbatas	Tak terbatas	1 x 10 <sup>3</sup> (b)	1 x 10 <sup>7</sup> (b)
Zr-95 (a)	2 x 10 <sup>0</sup>	8 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Zr-97 (a)	4 x 10 <sup>-1</sup>	4 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>1</sup> (b)	1 x 10 <sup>5</sup> (b)

Beberapa catatan penting yang harus diperhatikan dalam penggunaan Nilai Dasar Radionuklida di atas, diantaranya sebagai berikut:

- (a). Nilai  $A_1$  dan  $A_2$  meliputi kontribusi dari nuklida turunan dengan waktu paruh kurang dari 10 (sepuluh hari), sebagaimana tercantum di bawah ini:

Mg-28	Al-28
Ar-42	K-42
Ca-47	Sc-47
Ti-44	Sc-44
Fe-52	Mn-52m
Fe-60	Co-60m
Zn-69m	Zn-69
Ge-68	Ga-68
Rb-83	Kr-83m
Sr-82	Rb-82
Sr-90	Y-90
Sr-91	Y-91m
Sr-92	Y-92
Y-87	Sr-87m
Zr-95	Nb-95m
Zr-97	Nb-97m, Nb-97
Mo-99	Tc-99m
Tc-95m	Tc-95
Tc-96m	Tc-96
Ru-103	Rh-103m
Ru-106	Rh-106
Pd-103	Rh-103m
Ag-108m	Ag-108
Ag-110m	Ag-110
Cd-115	In-115m
In-114m	In-114
Sn-113	In-113m
Sn-121m	Sn-121
Sn-126	Sb-126m
Te-118	Sb-118
Te-127m	Te-127

Te-129m	Te-129
Te-131m	Te-131
Te-132	I-132
I-135	Xe-135m
Xe-122	I-122
Cs-137	Ba-137m
Ba-131	Cs-131
Ba-140	La-140
Ce-144	Pr-144m, Pr-144
Pm-148m	Pm-148
Gd-146	Eu-146
Dy-166	Ho-166
Hf-172	Lu-172
W-178	Ta-178
W-188	Re-188
Re-189	Os-189m
Os-194	Ir-194
Ir-189	Os-189m
Pt-188	Ir-188
Hg-194	Au-194
Hg-195m	Hg-195
Pb-210	Bi-210
Pb-212	Bi-212, Tl-208, Po-212
Bi-210m	Tl-206
Bi-212	Tl-208, Po-212
At-211	Po-211
Rn-222	Po-218, Pb-214, At-218, Bi-214, Po-214
Ra-223	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207
Ra-224	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Ra-225	Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Tl-209, Po-213, Pb-209
Ra-226	Rn-222, Po-218, Pb-214, At-218, Bi-214, Po-214
Ra-228	Ac-228
Ac-225	Fr-221, At-217, Bi-213, Tl-209, Po-213, Pb-209
Ac-227	Fr-223
Th-228	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212

Th-234	Pa-234m, Pa-234
Pa-230	Ac-226, Th-226, Fr-222, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-230	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-235	Th-231
Pu-241	U-237
Pu-244	U-240, Np-240m
Am-242m	Am-242, Np-238
Am-243	Np-239
Cm-247	Pu-243
Bk-249	Am-245
Cf-253	Cm-249

(b). Nuklida induk dan turunannya yang termasuk dalam kesetimbangan sekular adalah sebagaimana tercantum di bawah ini :

Sr-90	Y-90
Zr-93	Nb-93m
Zr-97	Nb-97
Ru-106	Rh-106
Ag-108m	Ag-108
Cs-137	Ba-137m
Ce-144	Pr-144
Ba-140	La-140
Bi-212	Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Pb-210	Bi-210, Po-210
Pb-212	Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Rn-222	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Ra-226	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
Ra-228	Ac-228
Th-228	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Th-229	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209
Th-alam	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)

Th-234	Pa-234m
U-230	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-232	Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
U-235	Th-231
U-238	Th-234, Pa-234m
U-alam	Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
Np-237	Pa-233
Am-242m	Am-242
Am-243	Np-239

- (c). Kuantitasnya dapat ditentukan dari perkiraan laju peluruhan atau perkiraan tingkat radiasi pada jarak yang ditentukan dari sumber.
- (d). Nilai ini hanya berlaku untuk senyawa uranium yang berumus kimia  $UF_6$ ,  $UO_2F_2$  dan  $UO_2(NO_3)_2$  dalam kondisi normal dan kecelakaan pengangkutan.
- (e). Nilai ini hanya berlaku untuk senyawa uranium yang berumus kimia  $UO_3$ ,  $UF_4$ ,  $UCl_4$  dan senyawa heksavalen dalam kondisi normal dan kecelakaan pengangkutan.
- (f). Nilai ini berlaku untuk seluruh senyawa uranium selain yang ditetapkan dalam huruf (d) dan (e).
- (g). Nilai ini hanya berlaku untuk uranium tak terirradiasi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Alatas *et al.*, *Buku Pintar Nuklir*, 1st ed. Batan Press, 2015.
- [2] "<https://en.wikipedia.org/wiki/Americium> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [3] M. Anwar *et al.*, *Batan Terus Berkarya: Persembahan untuk Negeri*, 3rd ed. Batan Press, 2015.
- [4] "BAPETEN. 2014. B@LI's (BAPETEN Licensing and Inspection System)(diakses, diolah dan di-update pada 7 September 2018)."
- [5] Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif*. 2015, pp. 1–35.
- [6] Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif*. 2013, pp. 1–26.
- [7] United Nation, *Transport of Dangerous Goods*, vol. I. 2009, pp. 1–436.
- [8] N. T. E. Hermawan, *Dasar-dasar Keselamatan Radiasi Pengangkutan Zat Radioaktif*, 1st ed. Yogyakarta: Teknosain, 2015.
- [9] IAEA, *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*. 2012, pp. 1–191.
- [10] HERCA, "Information Paper on Lamps Contain Small Ampunt of Radioactive Substances," 2014, no. June, pp. 1–6.
- [11] "<https://www.tokopedia.com/merpatistore/kaos-lampu-petromax-butterfly> (diakses: 25 November 2017)." .
- [12] "<https://ngeteh.wordpress.com/2009/08/21/sejarah-lampu-petromax/> (diakses: 25 November 2017)." .
- [13] "[http://www.at-minerals.com/en/artikel/at\\_2012-09\\_NORM\\_TENORM\\_1478558.html](http://www.at-minerals.com/en/artikel/at_2012-09_NORM_TENORM_1478558.html) (diakses: 25 November 2017)." .
- [14] Republik Indonesia, "Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran," pp. 1–54, 1997.

- [15] Republik Indonesia, *Undang-undang Nomor 31 Tahun 1964 Ketentuan-Ketentuan Pokok Tenaga Atom*. 1964, pp. 1–13.
- [16] Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 1975 tentang Pengangkutan Zat Radioaktif*. 1975, pp. 1–11.
- [17] Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif*. 2002, pp. 1–29.
- [18] IAEA, *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 1996 Edition (Revised)*. 1996.
- [19] IAEA, *Security of Nuclear Material in Transport*. 2013, pp. 1–101.
- [20] IAEA, *Security of Radioactive Sources*. 2009, pp. 1–77.
- [21] IAEA, *Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIR/225/Revision 5)*. 2011, pp. 1–76.
- [22] Republik Indonesia, *Perturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 1999 tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengangkutan Zat Radioaktif*. 1999, pp. 1–108.
- [23] Republik Indonesia, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 05P Tahun 2000 tentang Pedoman Persyaratan untuk Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif*. 2000, pp. 1–102.
- [24] Republik Indonesia, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 03P Tahun 2003 tentang Persyaratan Laboratorium Uji Bungkusan Zat Radioaktif Tipe A dan Tipe B*. 2003, pp. 1–70.
- [25] Republik Indonesia, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2010 tentang Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir*. 2010, pp. 1–56.
- [26] Republik Indonesia, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2009 tentang Ketentuan Sistem Proteksi Fisik Instalasi dan Bahan Nuklir*. 2009, pp. 1–55.
- [27] Republik Indonesia, *Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 6 Tahun 2015 tentang Keamanan Sumber Radioaktif*. 2015, pp. 1–34.
- [28] "<http://nypost.com/2013/08/23/man-arrested-at-jfk-for-plotting-to-sell-uranium-to-be-shipped-to-iran/> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [29] N. T. E. Hermawan, "Pengantar Pusat Teknologi Limbar Radioaktif - BATAN (Bahan Ajar Basic Professional Training Course)," Jakarta: BAPETEN, 2014.
- [30] "[https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_fuel](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fuel) (diakses: 16 Januari 2018)." .

- [31] "<http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Assurance-of-Supply/iaea-leu-bank.html> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [32] WNTI, "Package Types used for Transporting Radioactive Materials," 2010.
- [33] "<http://www.croftltd.com/products/> (diakses: 17 Januari 2018)," pp. 2949–2951.
- [34] "<http://www.qsa-global.com/product/880-series-source-projectors/> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [35] "<http://www.world-nuclear.org/info/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/appendices/radioactive-waste-management-appendix-2-storage-and-disposal-options/> (diakses: 14 Januari 2018)." .
- [36] "<http://www.airseacontainers.com/blog/category/hazmat-packaging/> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [37] Republik Indonesia, *Undang-undang Nomor 17 Tahun 2006 tentang Perubahan Atas Undang-undang Nomor 10 Tahun 1995 tentang Kepabeanan*. 2006, pp. 1–109.
- [38] "<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2031325/One-seven-believe-American-Government-staged-9-11-attacks-conspiracy.html> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [39] Republik Indonesia, *Undang-undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian Mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata Nuklir*. 1978, pp. 1–3.
- [40] Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 tentang Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir*. 2012, pp. 1–8.
- [41] Republik Indonesia, *Undang-undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia*, no. 1. 2004, pp. 1–42.
- [42] "<https://bisnis.tempo.co/read/695379/indonesia-siap-kembangkan-pembangkit-listrik-nuklir-tapi> (diakses: 17 Januari 2018)." .
- [43] Republik Indonesia, *Undang-undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan*. 2011, pp. 1–201.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## INDEKS

### A

AJR, 33-35, 42-44, 49, 54-55, 59, 70, 133

Aktivitas, 3, 16, 18-19, 25, 30-35, 42, 44-45, 47-49, 54, 56, 70-72, 98, 115-116, 120, 123, 125

Aktivitas maksimum, 18, 31-33, 45, 48

Aktivitas jenis, 30, 33-35, 42, 49, 54, 70-72, 120, 123

Aktivitas jenis rendah, 30, 33-35, 42, 49, 54, 70

Angkutan air, 7

Angkutan darat, 7, 96, 111

Angkutan jalan raya, 7, 42, 55, 66, 97

Angkutan udara, 7

Asam fluorida, 39

Atom, 1-3, 15, 18, 21, 25, 31-33, 36-37, 61, 123

Atom radioaktif, 1

### B

B3, 6, 11-13, 138

Badan pengawas, 30, 33, 42, 46, 52, 108, 110, 113, 115, 116, 118, 120, 123, 1227-128, 140

Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 4, 27, 31, 100

Badan Tenaga Nuklir Nasional, 9, 98

Bahan berbahaya, 12, 56, 59

Bahan fertil, 37

Bahan fisil, 27, 30, 34, 36-39, 41, 45, 47, 53, 57, 59, 61, 65, 70, 110, 111, 123, 125/126, 133

Bahan nuklir, 10, 14-15, 20, 27-28, 37-38, 65, 69-70, 76-80, 82, 84, 86, 109-110, 132, 134, 137-138

Barang berbahaya, 6, 12-14, 49, 81-82, 84-85, 88-89, 101, 110

Barang khusus, 12, 90, 101, 138

Barang konsumen, 16, 18-19

BAPETEN, 4-5, 11, 25, 27-28, 31, 41, 65, 74-76, 79-80, 83-84, 86-88, 90, 94, 96, 98, 100-101, 104-112, 117-120, 122-128, 135-137, 140

BATAN, 9, 11, 25, 100-101, 104

Benda terkontaminasi permukaan, 30, 35-37, 49, 54

Brakhiterapi, 18, 72

BTP, 36-37, 42-44, 49, 54-55, 59, 133

Bungkusan, 14-15, 25, 28-29, 31-32, 34, 39-59, 61-67, 69, 72, 75, 81-90, 95-98, 105, 108-111, 114-118, 122-129, 133-135, 139-140

Bungkusan Dikecualikan, 47-49, 54

Bungkusan Industri, 41-44, 53, 110, 122, 133

Bungkusan Tipe A, 31-32, 34, 41, 43-45, 47, 53-54, 110, 133

Bungkusan Tipe B, 31-32, 41, 45-47, 55-56, 110, 115, 122, 125, 133

Bungkusan Tipe C, 41, 47, 55, 110, 122

Bungkusan zat radioaktif, 13, 25, 39-41, 47-52, 56-57, 61-62, 65-66, 69, 79, 82, 84-87, 93, 95, 102, 106, 108, 115, 119-127, 133

## C

Candu, 20, 38

## D

*Dangerous goods*, 12, 13

Dekontaminasi, 36, 96, 99

Detektor asap, 2, 19

Diagnosis, 16

Dokumen pengiriman, 82, 84-90, 96, 98

Dosis radiasi, 18, 64

## E

*Exclusive use*, 42, 50, 52, 138

## G

Gauging, 72

## E

*Hazardous material*, 12

## I

IAEA, 25-28, 32, 47-48, 76

*International Atomic Energy Agency*, 25, 76

Indeks angkutan, 50-53, 56-57, 65-

67, 84, 133

Indeks keselamatan kekritisan, 41, 57, 61, 65-67, 84, 125, 133

Inspeksi, 76

Iradiator, 3, 10, 30, 72

Izin, 25, 49, 65, 75-76, 79, 82-86, 88-90, 92, 100, 107, 109-110, 112, 114-115, 132, 136-138

## J

Jaringan lalu lintas umum, 7, 16-17, 100

## K

Kategori bungkusan, 41, 50-51, 56, 72, 133

Kecelakaan parah, 45, 116

Kedokteran nuklir, 10, 18

Kementerian Perhubungan, 24, 50, 84-85, 89, 90, 96, 100-101, 104-105, 110, 117, 138

Kendaraan angkut, 14, 17, 29, 41-43, 48-50, 52, 63, 65, 66-67, 71, 76-77, 81-82, 84, 86, 94-96, 98-100, 107-109, 112, 123

Kereta api, 7, 42, 52, 66

Ketenganukliran, 23-25, 131, 138

Keamanan, 5-7, 13, 15-16, 19, 21-24, 26-29, 62, 69-79, 81-87, 89, 91-92, 95, 102-103, 107-110, 113, 115-116, 131-132, 134, 137, 139, 140

Keamanan sumber radioaktif, 27-28, 69-70, 72-76, 109-110, 134

Keselamatan radiasi, 5-7, 11, 13, 14-19, 21-22, 24-29, 33, 35, 39, 41, 48, 62-63, 65-66, 70, 73, 78, 81-82, 84-87, 91-92, 95, 99, 103, 107-109, 131-133, 136-137, 139-141

Klasifikasi, 12-13, 27, 29-30, 39, 70, 73, 76-78, 84, 134

Konsentrasi aktivitas, 16, 18-19, 33, 45

Kontaminasi lekat, 36-37

## L

Label, 41, 56-59, 63, 84, 87, 109, 133

Lalu lintas umum, 7, 16-17, 100

Laju paparan radiasi, 3, 14-15, 19

## M

*Multilateral*, 45, 113, 115, 126, 140

## N

Neutron, 61, 126

Nilai  $A_1$ , 31, 33, 45, 47, 116

Nilai  $A_2$ , 32-34, 44-45, 47, 116

Nomor PBB, 53-55, 59-61, 133

Nuklir, 1, 4, 7-11, 14-15, 17-18, 20-25, 27-28, 31, 34-35, 37-38, 45, 65, 69-70, 76-80, 82, 84, 86, 88, 92-94, 100-101, 109-110, 115, 131, 132, 134, 137-138

## P

PBB, 12-13, 53-55, 59-61, 133

Paparan radiasi, 3, 12, 14-15, 18-19, 35, 50, 62-67, 72, 76, 83, 86-87, 98-99, 106

Pedoman, 26, 28

Pemanfaatan tenaga nuklir, 1, 4, 7, 23-25, 82, 86, 88, 101

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir, 25, 115

Pembelahan inti atom, 36, 61, 126

Pembungkus, 25, 34, 39, 52, 53, 55-57, 61, 67, 72, 109, 133-134

Pembungkus luar, 52-53, 55-57, 61, 67, 133-134

Pemegang izin, 76, 83, 90, 92, 138

Pemindahan, 4, 7-8, 16-17, 21, 112

Penahan radiasi, 3, 33, 62, 66, 98

Penerima, 6, 15, 24-25, 29, 43, 52-53, 61-65, 69, 73, 77, 81-83, 85-91, 93-98, 100, 102, 104-107, 109, 111, 134, 139, 140

Pengangkut, 11, 24-25, 40, 49, 65, 67, 73, 77, 81-86, 88-90, 101, 105, 107, 115, 136, 138, 140,

Pengangkutan, 4-12, 14-17, 19-33, 37, 39, 41-43, 46-50, 52-53, 55-59, 61-67, 69-77, 79-86, 88-113, 115-120, 122-128, 131-141

Pengangkutan barang berbahaya, 49, 81-82, 84-85, 88-89, 110

Pengangkutan zat radioaktif, 4-12, 14-16, 21-30, 37, 39, 41-43, 47, 49-50, 52, 55-57, 59, 61-67, 69-76, 79-86, 88-113, 115-120, 123-128, 131-132, 134-137, 139-141

Pengawasan, 4-5, 33, 83, 88, 101, 126

Pengecualian, 16, 18, 21, 33

Pengirim, 6, 24, 25, 41-42, 43, 49-50, 52-53, 56, 59, 61-63, 65-67, 71-77, 79, 81-82, 83-100, 102-110, 112, 117-119, 122, 124, 131-132, 134-138, 140

Pengiriman, 4-5, 8-9, 17, 31, 33, 41, 46, 49-50, 77, 82, 84, 85, 86-90, 93-98, 101-102, 107-108, 110-114, 117-118, 122, 125-129, 135-137, 139-140

Penggunaan tunggal, 42-43, 52, 90, 138  
Pengkayaan uranium, 20, 38-39, 78  
Pengkungkung, 40, 71  
Peraturan, 5-7, 16, 23-25, 27-29, 50, 53, 70, 75-76, 79-86, 88-90, 92-95, 103, 108, 112, 128, 131-132, 135, 137-141  
Peraturan pemerintah, 5-6, 7, 16, 23-25, 27-29, 53, 70, 81, 92, 95, 108, 112, 128, 131, 137, 139-141  
Perizinan, 25, 83, 107  
Perserikatan Bangsa-Bangsa, 12  
Persetujuan desain, 30-32, 41-42, 108-110, 114, 118, 119-126, 128, 135, 140  
Persetujuan desain bungkusan, 41-42, 108-110, 118, 122-126, 128, 135, 139-140  
Persetujuan desain zat radioaktif, 41, 108-110, 114, 118-122, 124, 126, 128, 135, 139-140  
PLTN, 25, 115  
Persetujuan pengiriman, 4-5, 17, 31, 33, 46, 84-85, 88, 101, 107-114, 117-118, 122, 125-129, 135-137, 139-140  
Persyaratan administratif, 116  
Persyaratan teknis, 107  
Pesawat udara, 47  
Peti kemas, 42, 49-50, 52-53, 57, 59-61, 66-67, 125, 133-134  
Petugas Proteksi Radiasi, 6, 24, 62-63, 98  
Plakat, 41, 59-61, 63, 84, 87, 109, 133  
Plutonium, 15, 36, 61, 77-78  
Proteksi fisik, 27-28, 69-70, 76-79,

109-110, 134

Proteksi radiasi, 6, 24-25, 29, 62-65, 98

## R

Radiasi, 1-8, 10-29, 33-35, 37-39, 41, 48, 50-52, 55-56, 59, 62-67, 70-73, 75-78, 81-87, 89, 91-100, 103, 106-110, 113, 131-133, 136-141

Radiasi pengion, 4, 12, 21, 75, 82, 86, 132, 137-138

Radioaktif, 1-37, 39-45, 47-50, 52-57, 59, 61-67, 69-76, 79, 81-129, 131-132, 134-141

Radionuklida, 1-3, 19, 31-34, 37, 44-45, 47, 56, 71-72, 76, 84, 98-109

Radioterapi, 72, 94

Reaksi fisi, 36-37, 126

Reaktor nuklir, 10, 17, 20, 34, 37, 38

Reaktor non daya, 21

Reaktor penelitian, 17

Risiko, 12, 19, 23, 29, 39, 66, 71, 103

## S

*Sealed source*, 71

Sinar alpha, 1-4, 12

Sinar beta, 1-4, 12

Sinar gamma, 1, 3-4, 12

Sinar-X, 1, 21

*Smoke detector*, 2, 19

*Special arrangement*, 31-32, 47, 52

*Special form*, 30, 32-33, 71, 110, 116

Subkritis, 14-15, 61, 126

Sumber radiasi, 12, 21, 66, 75, 82, 86, 98, 132, 137-138

Sumber radioaktif, 7, 11, 27-28, 30,

45, 69-76, 84, 94, 109-110, 134  
Sumber terbungkus, 11, 18, 27, 30

## T

Tanda, 53, 55-56, 59, 63, 84, 87,  
109, 121, 124, 127, 133  
*Technologically Enhanced Naturally  
Occuring Radioactive Material*,  
16, 19, 35  
TENORM, 16, 19-20, 35  
Teleterapi, 10, 30, 45  
Tenaga atom, 25  
Tenaga nuklir, 1, 4, 7, 9, 23-25, 27,  
31, 76, 82, 86, 88, 100-101, 115  
Thorium, 15, 19, 34-35, 37, 48, 54,  
70, 77-78  
Tingkat intervensi, 16  
Tritium, 2, 34, 48

## U

Undang-undang, 23-25, 27, 50, 62,  
75-76, 81-82, 84, 86, 88-90,  
103, 108, 112, 128, 131, 135,  
137-140  
Unilateral, 45  
*UN Number*, 53  
Uranil fluorida, 39  
Uranium, 3, 15, 16-21, 27, 30, 34-  
39, 41, 45, 47-48, 53-55, 57, 61,  
70, 77-78, 110-111  
Uranium alam, 16, 19-20, 33-34, 37-  
38, 47, 53, 68, 75  
Uranium susut kadar, 3, 16-18, 20,  
34, 37-38, 48, 54, 70, 78  
Uranium heksafluorida, 30, 38, 41,  
45, 47-48, 53-55, 57, 61, 70,  
110-111, 122

## W

*Well logging*, 9-10, 17, 44, 65, 112

## Z

Zat radioaktif, 1-2, 4-12, 14-37, 39-  
45, 47-57, 59, 61-67, 69-76, 79,  
81-129, 131-132, 134-141  
Zat radioaktif aktivitas jenis rendah,  
30, 33-35, 42, 49, 54, 70  
Zat radioaktif bentuk khusus, 27, 30-  
32, 45, 47, 70-71, 110, 116  
Zat radioaktif daya sebar rendah,  
30-32, 45, 47, 70-71, 110, 114,  
118-122, 124, 129

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## TENTANG PENULIS

---



Nanang Triagung Edi Hermawan, S.T., M.T., dilahirkan di Magelang, 3 April 1978. Ia menyelesaikan jenjang S1 pada Program Studi Teknik Nuklir, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada pada tahun 2002. Selanjutnya meraih gelar master dari Magister Ilmu dan Rekayasa Nuklir, Institut Teknologi Bandung pada tahun 2011.

Ia memulai karier sebagai staf Direktorat Peraturan Keselamatan Nuklir – Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sejak tahun 2003. Kini ia menjabat Fungsional

Pengawas Radiasi Madya pada Direktorat Pengaturan Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif - BAPETEN.

Ia pernah mengikuti IAEA – Regional Training Course on the Safe Transport of Radioactive Material di Malaysia pada tahun 2006. Semenjak itu ia lebih banyak berkecimpung dan fokus terhadap masalah keselamatan dan keamanan pengangkutan zat radioaktif. Ia merupakan salah satu pelaku sejarah yang turut terlibat aktif sebagai anggota Tim Penyusun Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif yang dibahas dalam buku ini.

Buku terkait yang telah Penulis susun berjudul Dasar-dasar Keselamatan Radiasi Pengangkutan Zat Radioaktif (Teknosains, 2015). Beberapa makalah ilmiah yang mendukung pengaturan pengangkutan zat radioaktif telah ia sampaikan pada berbagai forum seminar ilmiah dan workshop. Ia juga turut mengajar pada berbagai pelatihan teknis terkait materi pengangkutan zat radioaktif.

Penulis dapat dihubungi melalui alamat email [n.triagung@bapeten.go.id](mailto:n.triagung@bapeten.go.id) atau [sangnanang@gmail.com](mailto:sangnanang@gmail.com). Alamat kerja Kantor Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Jalan Gadjah Mada No.8 Jakarta Pusat 10120.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Penerbit  
**BATAN Press**

### **Sekilas Penerbit BATAN Press**

BATAN Press merupakan penerbit/*publishing house* yang berada dalam lingkup Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). BATAN Press berfungsi untuk menjembatani peneliti ataupun penulis iptek nuklir dalam menyampaikan hasil gagasan dan pemikiran mereka kepada masyarakat luas dalam bentuk buku ilmiah ataupun populer.

BATAN Press terbentuk pada bulan Juli 2015, berdasarkan SK Kepala PDK No.272/DK/VII/2015. Untuk memperluas wilayah aktivitas, Dasar Hukum BATAN Press kemudian ditingkatkan menjadi SK Kepala BATAN No. 165/KA/VI/2016 pada bulan Juli 2016, yang kemudian diikuti dengan SK Kepala BATAN No. 186/KA/VII/2016 tentang Pembentukan Dewan Editor sebagai salah satu syarat Penerbit Ilmiah. Sejak Oktober 2015, BATAN Press telah menjadi anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI) berdasarkan Keputusan IKAPI Pusat No. 514/DKI/2015.

### **Editor dan Reviewer BATAN Press**

Sejak dibentuk pada tahun 2015, BATAN Press telah menerbitkan 22 judul buku terkait ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, yang telah melalui proses editing dan review secara ketat.

Beberapa nama editor dan reviewer yang bergabung dengan BATAN Press adalah :

Prof. Dr. Anhar Antariksawan  
Prof. Dr. Evvy Kartini  
Prof. Eri Hiswara  
Prof. Ridwan  
Prof. Efrizon  
Ir. Susetyo Hario Putero, M.Eng  
Prof. Dr. Ishak, M. Sc. M.ID  
Drs. Ketut Kamajaya, M.T  
Dr. Iwandini Tribidasari Anggraningrum, S.Si., M.Si (UI)  
Dr. Deendarlianto, S.T., M.Eng  
Prof. Dr. Supriyanto (IPB & Seameo Biotrop)  
Dr. Syahrir, M.Sc (Bapaten)  
Ir. Meniek Rachmawati, M.Phil  
Dr. Ing. Sihana  
Prof. Drs. Sunarhadiyoso, M.Sc

Kehadiran BATAN Press diharapkan dapat meningkatkan jumlah publikasi ilmiah dan populer mengenai iptek nuklir yang dapat diakses masyarakat dan menjadi referensi bagi mereka yang membutuhkan. BATAN Press dapat dikontak melalui:



**Sekretariat BATAN Press**

Pusat Diseminasi dan Kemitraan  
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Gd. Perasten,  
Jakarta Selatan 12440  
Telp. 021 765 9401, Fax. 021 7591 3833  
E-mail: [batanpress@batan.go.id](mailto:batanpress@batan.go.id)

Kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir dalam bentuk penggunaan zat radioaktif di tanah air terus mengalami peningkatan, baik untuk tujuan penelitian dan pengembangan serta rekayasa, maupun penerapan di bidang kesehatan, industri dan pertanian. Penggunaan zat radioaktif tidak terlepas dari dukungan kegiatan pengangkutan zat radioaktif.

Mengingat dan mempertimbangkan potensi risiko bahaya radiasi yang menyertai zat radioaktif pada saat melewati area publik, setiap pemangku kepentingan yang terkait perlu memiliki pemahaman yang mendalam mengenai kebijakan nasional yang menggariskan ketentuan dan persyaratan pengangkutan zat radioaktif dengan mengacu kepada peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif secara langsung maupun tidak langsung merupakan kebijakan nasional yang berlaku di negara kita. Rumusan peraturan perundang-undangan dengan bahasa formal yuridisnya seringkali tidak serta-merta mudah dipahami oleh setiap pemangku kepentingan. Dengan demikian dibutuhkan uraian dan penjelasan yang lebih teknis, terperinci, dan panjang lebar. Untuk itulah buku Kebijakan Nasional Pengangkutan Zat Radioaktif: Telaah Teknis Yuridis Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 ini hadir.

Buku Kebijakan Nasional Pengangkutan Zat Radioaktif: Telaah Teknis Yuridis Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 ini merupakan buku yang pertama dan satu-satunya yang mengupas tuntas klausul-klausul pengaturan dalam bahasa yuridis menjadi penjelasan-penjelasan yang bersifat teknis. Buku ini diharapkan bisa menjadi acuan bagi semua pihak yang terkait, mulai pemegang izin penggunaan zat radioaktif selaku pengirim atau penerima, Petugas Proteksi Radiasi, personel atau perusahaan jasa pengangkutan, termasuk para akademisi, peneliti, dan pemerhati di bidang pengangkutan barang atau bahan berbahaya.

Buku ini memuat materi pengertian pengangkutan zat radioaktif, landasan hukum pelaksanaan pengangkutan, teknis keselamatan radiasi, teknis keamanan, ketentuan manajemen, kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan, tata laksana, serta sanksi yang diberlakukan.

Dengan pemahaman yang baik mengenai ketentuan dan persyaratan yang berlaku, setiap pemangku kepentingan diharapkan dapat melaksanakan kegiatan pengangkutan zat radioaktif secara sah (aspek legal yuridis), maupun secara selamat dan aman (aspek teknis). Dengan demikian potensi bahaya radiasi yang menyertai kegiatan pengangkutan zat radioaktif dapat diminimalisasi guna menjamin keselamatan dan keamanan bagi personel, anggota masyarakat, dan kelestarian lingkungan hidup.



ISBN 978-979-6500-97-6



Buku ini tidak diperjualbelikan.