



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

# 39 TAHUN PTKMR: LITBANG DAN LAYANAN DALAM PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI DI INDONESIA (1981–2020)



Eri Hiswara, Wahyudi, Ismanto Jumadi dkk.

**39 TAHUN PTKMR:  
LITBANG DAN LAYANAN DALAM  
PROTEKSI DAN KESELAMATAN  
RADIASI DI INDONESIA  
(1981–2020)**

Diterbitkan pertama pada 2022 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: [penerbit.brin.go.id](http://penerbit.brin.go.id)



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**39 TAHUN PTKMR:  
LITBANG DAN LAYANAN  
DALAM PROTEKSI DAN KESELAMATAN  
RADIASI DI INDONESIA  
(1981–2020)**

**Eri Hiswara, Wahyudi, Ismanto Jumadi dkk.**

Penerbit BRIN

© 2022 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)  
Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir

Katalog dalam Terbitan (KDT)

39 Tahun PTKMR: Litbang dan Layanan dalam Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Indonesia (1981–2020)/Eri Hiswara, Wahyudi, Ismanto Jumadi, Tuti Budiantari, Asep Setiawan, Heru Prasetyo, Yanti Lusiyanti, Sandya Eko Restadhi, Noor Puspita Putriana, & Toni Prihatna–Jakarta: Penerbit BRIN, 2022.

xx hlm. + 182 hlm.; 17,6 x 25 cm

1. Radiasi
2. Proteksi dan Keselamatan
3. Teknologi

539.2

*Copy editor* : Annisa' Eskahita Azizah  
*Proofreader* : Prapti Sasiwi & Dhevi E.I.R. Mahelingga  
Penata isi : S. Imam Setyawan  
Desainer sampul : S. Imam Setyawan

Cetakan pertama: Oktober 2022



Diterbitkan oleh:

Penerbit BRIN, anggota Ikapi  
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah  
Gedung B.J. Habibie, Jln. M.H. Thamrin No. 8,  
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340

Whatsapp: 0811-8612-369

*E-mail*: penerbit@brin.go.id

*Website*: penerbit.brin.go.id

 PenerbitBRIN  
 @penerbit\_BRIN  
 @penerbit\_brin

# Daftar Isi

Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	vii
Pengantar Penerbit .....	xi
Kata Pengantar Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	xiii
Kata Pengantar Plt. Kepala Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi .....	xv
Prakata .....	xvii
Bab 1 Pendahuluan.....	1
A. Sekilas PTKMR.....	1
B. Tujuan.....	2
C. Ruang Lingkup .....	3
D. Struktur .....	3
Bab 2 Struktur Organisasi dan Pengembangan Kompetensi .....	5
A. Proyek Pendahulu (1974–1981) .....	6
B. Pusat Dosimetri dan Standardisasi (1981–1985) .....	7
C. Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (1986–2000) .....	20
D. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (2000–2007) .....	27
E. Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (2007–sekarang) .....	35
F. Reformasi Birokrasi.....	46
G. Fasilitas dan Peralatan Saat Ini.....	51
H. Sistem Manajemen .....	51

Bab 3 Kegiatan Penelitian dan Pengembangan.....	55
A. Litbang Radioekologi.....	55
B. Litbang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi .....	66
C. Litbang Keselamatan Kerja dan Dosimetri.....	70
D. Litbang Metrologi Radiasi.....	73
E. Publikasi Ilmiah .....	75
Bab 4 Kegiatan Layanan .....	77
A. Layanan radioekologi.....	78
B. Layanan Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi.....	81
C. Layanan Keselamatan Kerja dan Dosimetri .....	81
D. Layanan Metrologi Radiasi.....	86
E. Klinik PTKMR.....	86
F. Rekapitulasi Layanan.....	87
G. Target dan Realisasi PNBPN PTKMR.....	87
H. Temu Pelanggan .....	88
I. Kompetisi Layanan Publik <i>Open Government</i> Indonesia.....	90
J. Tarif Layanan .....	91
Bab 5 Kegiatan Ilmiah.....	99
A. Kegiatan Berskala BATAN dan Nasional.....	99
B. Kegiatan Berskala Regional dan Internasional .....	111
Bab 6 Penutup.....	117
Daftar Pustaka.....	119
Lampiran .....	125
Indeks .....	171
Biografi Penulis .....	177

# Daftar Gambar

<b>Gambar 2.1</b>	Pejabat Struktural PDS Tahun 1981–1985 .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Pencacah Latar Rendah (LBC) Canberra Pertama di PDS pada Tahun 1981 .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Kegiatan di Laboratorium Kimia Lingkungan .....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Spektrometer gamma .....	10
<b>Gambar 2.5</b>	Spektrometer Alfa yang Dimiliki PTKMR .....	10
<b>Gambar 2.6</b>	Calibrator OB-6 dan OB-2 .....	11
<b>Gambar 2.7</b>	Pesawat Teleterapi Sumber <sup>60</sup> Co V4M untuk Kalibrasi Alat Ukur Radiasi Tingkat Terapi yang Dipasang Tahun 1982 .....	12
<b>Gambar 2.8</b>	Pemasangan Roda Filter pada Pesawat Sinar-X MG-420 Tahun 1982 .....	13
<b>Gambar 2.9</b>	Pesawat Sinar-X MG-420, dipasang Tahun 1982 .....	13
<b>Gambar 2.10</b>	Prasasti Peresmian Penggunaan Gedung PDS Pasar Jumat oleh Dirjen BATAN .....	14
<b>Gambar 2.11</b>	Surat BATAN ke IAEA Mengenai Nominasi SSDL Jakarta untuk Menjadi Anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO .....	15
<b>Gambar 2.12</b>	Penerimaan SSDL Jakarta sebagai Anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO .....	16
<b>Gambar 2.13</b>	Uji Coba Gamma Kamera di PDS-BATAN Tahun 1984 .....	19
<b>Gambar 2.14</b>	Pejabat Struktural PSPKR Periode 1985–1990 .....	21
<b>Gambar 2.15</b>	Pejabat Struktural PSPKR Periode 1990–1993 .....	21
<b>Gambar 2.16</b>	Pejabat Struktural PSPKR Periode 1993–1995 .....	22
<b>Gambar 2.17</b>	Pejabat Struktural PSPKR Periode 1995–1999 .....	22
<b>Gambar 2.18</b>	Calibrator OB-85 .....	23
<b>Gambar 2.19</b>	Sumber Beta BSS 1 di Laboratorium PSPKR di Pasar Jumat .....	24
<b>Gambar 2.20</b>	Alat Ukur Kamar Pengionan IG-11 .....	25
<b>Gambar 2.21</b>	Alat Baca TLD Model 8000-C Buatan Harshaw .....	26
<b>Gambar 2.22</b>	Alat Cacah Tubuh Sekujur Accuscan Buatan Canberra .....	27

<b>Gambar 2.23</b>	Pejabat Struktural P3KRBiN periode 1999–2001 .....	28
<b>Gambar 2.24</b>	Hasil Pengukuran TLD untuk Sumber Foton <sup>60</sup> Co pada Audit Mutu Dosis oleh IAEA Tahun 1997 .....	29
<b>Gambar 2.25</b>	Pejabat Struktural P3KRBiN Periode 2001–2005 .....	31
<b>Gambar 2.26</b>	Alat Baca TLD Model 6600 Buatan Harshaw .....	32
<b>Gambar 2.27</b>	Fasilitas Kalibrasi Neutron di Laboratorium P3KRBiN Pasar Jumat .....	32
<b>Gambar 2.28</b>	Fasilitas Uji Bungkusan Zat Radioaktif P3KRBiN.....	33
<b>Gambar 2.29</b>	Pejabat Struktural PTKMR Periode 2005–2007 .....	35
<b>Gambar 2.30</b>	Pejabat Struktural PTKMR Periode 2007–2013 .....	36
<b>Gambar 2.31</b>	TLD Buatan BARC, India .....	37
<b>Gambar 2.32</b>	Alat Baca TLD BARC Model BR 7B .....	37
<b>Gambar 2.33</b>	Alat Cacah Sintilasi Cair (LSC) Quantulus 1220 .....	38
<b>Gambar 2.34</b>	Perangkat Spektrometri Gamma Buatan Ortec.....	38
<b>Gambar 2.35</b>	Alat SAUNA-II untuk Mengukur Xenon dan Gas Mulia Lainnya.....	39
<b>Gambar 2.36</b>	Alat Cacah $4\pi\beta$ (LS)- $\gamma$ <i>Coincidence System</i> .....	40
<b>Gambar 2.37</b>	Pejabat Struktural PTKMR Periode 2014–2017 .....	42
<b>Gambar 2.38</b>	Surat Penerimaan PTKMR Sebagai Anggota APMP .....	43
<b>Gambar 2.39</b>	<i>Memorandum of Understanding</i> (MoU) Sebagai Anggota APMP .....	44
<b>Gambar 2.40</b>	<i>atomic absorption spectrometer</i> (AAS) Model ContrAA 300.....	45
<b>Gambar 2.41</b>	Pejabat Struktural PTKMR Periode 2017–2020 .....	45
<b>Gambar 2.42</b>	Piagam Penghargaan Sebagai Unit Kerja Pelayanan Berpredikat Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK).....	47
<b>Gambar 2.43</b>	Permintaan kepada Pelanggan agar Memasukkan Aduan Jika Ditemukan Praktik Pungutan Liar, Calo, Gratifikasi, dan Aduan atas PTKMR.....	47
<b>Gambar 2.44</b>	Penghargaan kepada Drs. Abarrul Ikram, M.Sc., Ph.D sebagai Pelopor Perubahan Pembangunan Pembangunan Zona Integritas.....	48
<b>Gambar 2.45</b>	Ruang Informasi .....	49
<b>Gambar 2.46</b>	Ruang Penerimaan Pelanggan untuk Layanan Laboratorium PTKMR.....	49
<b>Gambar 2.47</b>	Ruang Pengaduan dan Konsultasi serta Mushola.....	50
<b>Gambar 2.48</b>	Ruang Laktasi .....	50
<b>Gambar 2.49</b>	Ruang Merokok.....	51
<b>Gambar 3.1</b>	Pemasangan Kolektor Air Hujan di Salah Satu Bandara.....	57
<b>Gambar 3.2</b>	Laju Dosis Radiasi Gamma Lingkungan Sumatra Bagian Selatan.....	59

<b>Gambar 3.3</b>	Laju Dosis Radiasi Gamma Lingkungan Sulawesi Bagian Selatan.....	59
<b>Gambar 3.4</b>	Prototipe Sistem <i>Carborne Monitoring</i> .....	60
<b>Gambar 3.5</b>	Susunan ( <i>Layout</i> ) Penempatan Sistem <i>Carborne Monitoring</i> pada Suatu Mobil Minibus.....	60
<b>Gambar 3.6</b>	Mikroskop Pembaca Jejak Nuklir pada Film CR-39.....	62
<b>Gambar 3.7</b>	Alat Ukur RAD7 untuk Mengukur Radon di Lapangan.....	63
<b>Gambar 3.8</b>	Fasilitas Kalibrasi Alat Ukur Radon RAD7 di PTKMR BATAN .....	63
<b>Gambar 3.9</b>	Konsentrasi Radon <i>Indoor</i> di Indonesia.....	64
<b>Gambar 3.10</b>	Konsentrasi Thoron <i>Indoor</i> di Indonesia.....	64
<b>Gambar 3.11</b>	Pengambilan Sampel Air Laut di Jepara Tahun 1996 .....	65
<b>Gambar 3.12</b>	Generator Radionuklida $^{99m}\text{Tc}$ .....	67
<b>Gambar 3.13</b>	SPECT <i>Gamma Camera Dual Head</i> Buatan Mediso .....	68
<b>Gambar 3.14</b>	Buku Aplikasi Kedokteran Nuklir pada Komplikasi Diabetes Mellitus Tipe 2 pada Berbagai Organ Tubuh .....	68
<b>Gambar 4.1</b>	Meja Pelayanan Laboratorium PTKMR BATAN.....	77
<b>Gambar 4.2</b>	Alur Layanan Terpadu PTKMR BATAN.....	78
<b>Gambar 4.3</b>	Dosimeter Film Kodak Tipe 2 (Kanan) dengan Holder Universal Buatan Chiyoda (Kiri).....	82
<b>Gambar 4.4</b>	Proses Pencucian Dosimeter Film .....	83
<b>Gambar 4.5</b>	Densitometer untuk Mengukur Kehitaman Film Dosimeter ....	83
<b>Gambar 4.6</b>	Dosimeter Termoluminesensi (TLD) Buatan Harshaw, USA ....	83
<b>Gambar 4.7</b>	TLD Reader Model 2000A dan 2000B Buatan Harshaw.....	83
<b>Gambar 4.8</b>	Kegiatan Uji Kesesuaian Pesawat CT-Scan.....	85
<b>Gambar 4.9</b>	Kegiatan Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Gigi Panoramik .....	85
<b>Gambar 4.10</b>	Acara Temu Pelanggan Layanan PTKMR Tahun 2016 .....	89
<b>Gambar 4.11</b>	Acara Temu Pelanggan Layanan PTKMR Tahun 2017 .....	89
<b>Gambar 5.1</b>	Lokakarya Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Serpong, 26–28 Februari 1991.....	100
<b>Gambar 5.2</b>	Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, Jakarta, 18–19 Agustus 1993 .....	101
<b>Gambar 5.3</b>	Workshop Petugas Proteksi Radiasi BATAN, Yogyakarta, 16 Juli 2019.....	102
<b>Gambar 5.4</b>	Forum Diskusi Proteksi Radiasi Pada Aplikasi Radiasi di Bidang Medik, RSUP Prof. Dr. R.D. Kandou, 30 Juli 2019.....	102
<b>Gambar 5.5</b>	Seminar AMDAL PLTN, Jakarta, 24 April 1996 .....	103
<b>Gambar 5.6</b>	Lokakarya Standar Keselamatan Radiasi, Jakarta, 11–12 Juni 1996 .....	104

<b>Gambar 5.7</b>	Seminar Pranata Nuklir dan Litkayasa, Jakarta, 1–2 Oktober 1997 .....	104
<b>Gambar 5.8</b>	Semiloka Dosimetri Radioterapi Eksternal, Jakarta, 4 Juni 2002 ...	105
<b>Gambar 5.9</b>	Pertemuan Koordinasi Komisi Pemanfaatan Tenaga Nuklir di Bidang Kesehatan, Bandung, 12–13 Desember 2014.....	106
<b>Gambar 5.10</b>	Peserta <i>Focus Group Discussion</i> Dosimetri Radiofarmaka Medik, Jakarta, 12 November 2019 .....	106
<b>Gambar 5.11</b>	Peserta Workshop Proteksi dan Keselamatan Radiasi Fasilitas Kedokteran Nuklir Terapi, Jakarta, 12 November 2019.....	107
<b>Gambar 5.12</b>	Sampul Depan <i>Buletin ALARA</i> Vol. 17, No. 3, April 2016.....	108
<b>Gambar 5.13</b>	Sampul Depan <i>Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan</i> Vol. 1, No. 2, Desember 2016 .....	109
<b>Gambar 5.14</b>	Diskusi Panel Konferensi SERIR tanggal 10–11 Oktober 2013.....	112
<b>Gambar 5.15</b>	Kepala BATAN Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto dan perwakilan SPERA sedang melakukan jumpa pers. ....	113
<b>Gambar 5.16</b>	Peserta <i>Workshop on Establishment of a Radiodiagnostic Calibration Facility</i> Bersama Narasumber, Prof. Dr. Chul-Young Yi dari KRISS, Korea Selatan.....	114
<b>Gambar 5.17</b>	Peserta <i>Regional Workshop on Occupational Radiation Protection in High Exposure Operations</i> di Yogyakarta, 10–14 April 2017.....	115
<b>Gambar 5.18</b>	Peserta <i>Final Project Review Meeting RAS/6/071</i> di Jakarta, 21–25 Agustus 2017 .....	116

# Pengantar Penerbit

Sebagai penerbit ilmiah, Penerbit BRIN mempunyai tanggung jawab untuk terus berupaya menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas Penerbit BRIN untuk turut serta membangun sumber daya manusia unggul dan mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Buku ini membahas tentang kegiatan Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) di lingkungan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang tahun 2020 genap berusia 39 tahun. Judul-judul bab disusun dengan fokus pada jenis kegiatan yang dilakukan PTKMR selama 39 tahun. Dengan terbitnya buku ini seluruh kegiatan yang telah berlangsung selama 39 tahun berdirinya PTKMR dapat terdokumentasikan dengan baik.

Sebagai catatan dapat disampaikan bahwa saat naskah buku ini selesai disusun, BATAN diintegrasikan ke dalam BRIN. Karena itu, rencana awal bahwa buku akan diterbitkan oleh BATAN Press dialihkan ke Penerbit BRIN. Proses alih penerbit ini ternyata agak memakan waktu sehingga buku baru dapat diterbitkan tahun 2022.

Buku ini diharapkan dapat memberi gambaran mengenai kegiatan dan peran serta PTKMR dalam mewujudkan aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir yang aman dan selamat di Indonesia.

Harapan kami, kegiatan litbang dan layanan dalam proteksi dan keselamatan radiasi akan terus hadir di tengah masyarakat dalam rangka ikut mewujudkan kesejahteraan dan kemakmuran bagi bangsa dan rakyat Indonesia.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

PenerbitBRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# Kata Pengantar

## Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional



Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Salam sejahtera bagi kita semua

Suatu kebanggaan bagi saya sejak beberapa tahun ini telah diterbitkan beberapa buku yang menceritakan sejarah beberapa unit kerja di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Melalui buku tersebut, selain mengetahui perubahan organisasinya, kita juga dapat mempelajari perjalanan untuk membumikan iptek nuklir di berbagai bidang. Kali ini, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) juga menyusun buku sejarah perjalanan kegiatannya selama 39 tahun sejak dibentuk sebagai Pusat Dosimetri dan Standardisasi pada tahun 1981 dan menjelma menjadi PTKMR pada tahun 2005 hingga sekarang.

PTKMR merupakan salah satu unit kerja yang sangat penting bagi BATAN, dan juga barangkali bagi Indonesia secara umum. Tugas dan fungsi yang dijalankannya cukup berat, yaitu melakukan penelitian, pengembangan, dan pelayanan di bidang proteksi dan keselamatan radiasi. Dengan tugas dan fungsi seperti ini, PTKMR bekerja untuk memberikan jaminan bahwa aplikasi ketenaganukliran di Indonesia dapat berlangsung dengan aman dan selamat baik bagi pekerja, pasien, dan masyarakat umum, serta juga memberikan perlindungan yang cukup bagi terpeliharanya lingkungan hidup sebagaimana mestinya.

Saya menyambut baik dan menyampaikan penghargaan atas terbitnya buku yang menguraikan sejarah perjalanan kegiatan PTKMR sejak awal hingga saat ini. Melalui pergantian nama unit kerja yang terjadi beberapa kali, PTKMR telah membuktikan diri sebagai unit kerja yang dibutuhkan semua pihak yang memanfaatkan tenaga nuklir bagi kesejahteraan kemudahan hidup umat manusia.

Sebagai penutup, saya berharap agar buku sejarah PTKMR ini dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya oleh para generasi muda PTKMR BATAN untuk menghasilkan karya yang bermanfaat dan lebih baik lagi dari apa yang telah dicapai oleh para seniornya. Hidup terus melangkah maju dan pencapaian juga harus terus bertambah baik.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Jakarta, Agustus 2020

Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional



Prof. Dr. Ir. Anhar R. Antariksawan

# Kata Pengantar

## Plt. Kepala Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi



Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Salam sejahtera bagi kita semua

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) BATAN merupakan salah satu unit kerja di lingkungan Kedeputusan Bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir (SATN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Tiga puluh sembilan tahun telah berlalu sejak pembentukannya pada tahun 1981 sebagai Pusat Dosmetri dan Standardisasi (PDS) hingga tahun 2020. Agar pengalaman perjalanan unit kerja ini dapat dilestarikan, saya memutuskan untuk membentuk Tim Penyusun Buku Sejarah PTKMR dengan Keputusan Plt. Kepala PTKMR Nomor 49/KMR/VII/2020.

Buku yang ada di tangan pembaca ini adalah buku yang dapat diselesaikan dalam masa tugas saya sebagai Plt. Kepala PTKMR. Saya melihat bahwa tampilan dan isi buku ini telah cukup baik, menguraikan secara kronologis perkembangan struktur organisasi PTKMR dari masa ke masa, dan secara tematik menguraikan kegiatan penelitian dan pengembangan (litbang) yang telah dan sedang dilakukan, kegiatan layanan yang telah dan sedang dilakukan, dan berbagai kegiatan ilmiah yang dilakukan baik dalam tingkat BATAN atau nasional, maupun dalam tingkat regional dan internasional. Jika masih ada kegiatan yang luput ditampilkan pada buku ini, saya menganggapnya sebagai hal yang wajar, karena tim penyusun mengerjakan buku ini dalam waktu yang relatif cukup singkat.

Terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Tim Penyusun Buku Sejarah PTKMR yang telah dengan sekuat tenaga menyajikan berbagai fakta dan peristiwa yang terjadi dalam sejarah perjalanan unit kerja PTKMR yang cukup panjang.

Demikian, terima kasih atas segala perhatiannya.

Jakarta, Agustus 2020

Plt. Kepala Pusat Teknologi Keselamatan  
dan Metrologi Radiasi



Drs. Abarrul Ikram, M.Sc, Ph.D

# Prakata

Berdasarkan Keputusan Plt. Kepala Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) Nomor 49/KMR/VII/2020, sebuah tim telah dibentuk untuk menyusun buku sejarah Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) dari sejak awal berdirinya hingga saat ini (pertengahan tahun 2020). Untuk melaksanakan tugas ini, tim telah bekerja dengan cara mengumpulkan arsip dari berbagai dokumen dan gambar atau foto, termasuk juga melakukan serangkaian wawancara dengan para senior yang masih ada.

Buku ini diberi judul 39 Tahun PTKMR: Litbang dan Layanan dalam Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Indonesia (1981–2020) sesuai dengan kenyataan bahwa PTKMR dibentuk pertama kali pada tahun 1981 sehingga pada tahun 2020, PTKMR tepat berusia 39 tahun. Judul-judul bab disusun dengan fokus pada jenis kegiatan yang dilakukan sehingga diharapkan dapat tertata dalam mendokumentasikan seluruh kegiatan yang telah berlangsung selama 39 tahun berdirinya PTKMR.

Pada kesempatan ini, tim mengucapkan terima kasih kepada para narasumber yang merupakan tokoh-tokoh senior yang penting dalam perjalanan organisasi PTKMR, yaitu Dr. Ir. Mohammad Hasroel Thayeb, Kepala PTKMR yang pertama (saat itu masih bernama Pusat Dosimetri dan Standardisasi); Drs. Suhartono Zahir, Kepala PTKMR tahun 1993–1995 (saat masih bernama Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi); dr. Kunto Wiharto, Sp.KN, Kepala PTKMR tahun 1999–2007 (saat masih bernama Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir); Drs. Sutarman, M.Kom; Ir. Pudjadi; Dra. Iwiq Indrawati; dan Tutik Indiyati.

Tim juga mengucapkan terima kasih kepada Plt. Kepala PTKMR yang telah memberi kepercayaan kepada tim untuk menyusun buku ini. Kepercayaan yang diberikan ini sangat membanggakan bagi kami karena dapat ikut mengambil bagian dalam melestarikan pengetahuan tentang PTKMR.

Seperti yang dialami oleh hampir semua organisasi di lingkungan pemerintah, PTKMR tidak menerima pegawai baru dalam waktu yang cukup lama. Akibatnya, terjadi penuaan pada sumber daya manusia yang ada dan berimbas pada hilangnya kompetensi pegawai PTKMR pada beberapa keahlian tertentu. Meskipun sempat ada penerimaan pegawai pada tahun 2009, jumlahnya sangat terbatas dan hanya untuk satu atau dua bidang tertentu. Dibukanya kembali penerimaan pegawai negeri sipil (PNS) pada tahun 2018–2019 menimbulkan harapan akan tumbuhnya generasi baru pegawai PTKMR yang lebih segar dan memiliki keterampilan milenial yang dibutuhkan saat ini. Namun, serangan virus Covid-19 yang dimulai pada akhir Februari 2020 membuat pemerintah mengambil keputusan untuk menunda pembukaan lowongan calon PNS tahun 2020–2021 sehingga dibutuhkan upaya untuk mempercepat peningkatan kapasitas dan kualitas kompetensi pegawai PTKMR yang baru.

Oleh karena itu, selain untuk memperingati 39 tahun berdirinya PTKMR, buku ini juga diharapkan dapat memberikan motivasi kepada para pegawai PTKMR yang relatif baru untuk bekerja lebih giat untuk dapat menyamai dan bahkan melampaui pencapaian yang telah dibuat oleh para seniornya. Bagi masyarakat umum, buku ini diharapkan dapat memberi gambaran mengenai kegiatan dan peran serta PTKMR dalam mewujudkan aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir yang aman dan selamat di Indonesia.

Rencana awalnya, buku ini akan diterbitkan oleh BATAN Press pada akhir tahun 2021. Namun, dengan bergabungnya BATAN ke dalam BRIN sejak Oktober 2021, penerbitannya dialihkan ke Penerbit BRIN. Meskipun PTKMR saat ini telah berubah nama menjadi Pusat Teknologi Keselamatan, Metrologi, dan Mutu Nuklir (PTKMMN), nama PTKMR masih tetap digunakan pada buku yang mengisahkan secara ringkas kegiatan salah satu unit kerja pemerintah di bidang ketenaganukliran sejak tahun 1981 hingga 2020 ini.

Tim penyusun menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna untuk disebut sebagai buku sejarah. Untuk itu tim penyusun mengharapkan saran, pendapat, dan informasi dari pembaca sekalian untuk dapat terus-menerus memperbaiki dan menyempurnakan isi buku ini sesuai dengan tujuannya.

Sebagai catatan dapat disampaikan bahwa semua gambar yang ada di buku ini merupakan gambar koleksi Subbagian Persuratan, Kepegawaian, dan Dokumentasi Ilmiah, PTKMR BATAN, yang diambil sendiri oleh staf subbagian tersebut.

Akhirulakhir, tim penyusun mengucapkan terima kasih kepada para pembaca sekalian yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk menyimak isi buku ini dan juga kepada Penerbit BRIN yang bersedia menerbitkannya. Semoga kegiatan litbang dan layanan dalam proteksi dan keselamatan radiasi ini akan terus hadir di tengah masyarakat dalam rangka ikut mewujudkan kesejahteraan dan kemakmuran bagi bangsa dan rakyat Indonesia, apa pun nama unit kerja yang akan melaksanakannya.

Terima kasih.

Jakarta, Maret 2022

Tim Penyusun

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# Bab 1

## Pendahuluan

### A. SEKILAS PTKMR

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) adalah unit kerja eselon II yang berada di lingkungan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Berdasarkan Pasal 139 Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013, PTKMR mempunyai tugas perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, dan pembinaan dan bimbingan di bidang penelitian dan pengembangan di bidang radioekologi, teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, keselamatan kerja dan dosimetri, dan metrologi radiasi. Dalam melaksanakan tugas tersebut, PTKMR menyelenggarakan fungsi antara lain pelaksanaan penelitian dan pengembangan dan pelayanan di bidang radioekologi, di bidang teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, di bidang keselamatan kerja dan dosimetri, dan di bidang metrologi radiasi.

Secara historis, PTKMR dibentuk berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981 tertanggal 13 April 1981 tentang Organisasi Badan Tenaga Atom Nasional. Saat itu, unit kerja ini diberi nama Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS). Embrio PDS adalah salah satu proyek di lingkungan BATAN pada tahun 1970-an yang bernama Proyek Standardisasi, Kalibrasi, dan Instrumentasi Nuklir (SKIN). Meskipun pembentukan PDS diawali oleh Proyek SKIN, kelahiran PDS ditetapkan pada tanggal 13 April 1981 sesuai dengan tanggal penetapan pembentukan PDS pada Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981 di atas.

Selama 39 tahun perjalanannya dari tahun 1981 hingga 2020, unit kerja ini beberapa kali berganti nama. Setelah PDS, pada tahun 1985, nama unit kerja ini diubah menjadi Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (PSPKR). Setelah ditetapkannya Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997, nama unit kerja diubah pada tahun 1999 menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBiN). Nama yang berlaku sekarang, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR), ditetapkan berdasar Peraturan Kepala BATAN Nomor 392/KA/XI/2005.

Selama 39 tahun tersebut, tugas dan fungsi PTKMR relatif tidak berubah, yaitu melaksanakan penelitian, pengembangan, dan pelayanan di bidang proteksi dan keselamatan radiasi. Yang kadang berubah hanya 'rumah' bagi pelaksanaan tugas dan fungsi tertentu. Pada suatu saat tertentu, tugas dan fungsi tersebut berada dalam satu bidang teknis tertentu, tetapi di saat yang lain dipisah untuk dilaksanakan oleh dua bidang teknis yang berbeda. Pada saat reorganisasi berikutnya, dua bidang yang tadinya berbeda kemudian disatukan dengan pertimbangan masih dalam satu rumpun kegiatan. Demikian pula nama bidang pernah diubah walau tugas dan fungsi yang dijalankannya tetap sama.

Setelah 39 tahun berlalu, dirasa perlu untuk menyusun suatu buku sejarah perjalanan unit kerja. Staf awal saat terbentuknya PDS hampir semuanya telah menjalani purnabakti, sementara mereka yang bergabung di PSPKR juga satu per satu sudah tidak lagi aktif bekerja. Selagi mereka masih ada dan masih dapat memberikan informasi mengenai perjalanan kegiatan PTKMR maka saat ini merupakan waktu yang tepat untuk menyusun buku sejarah tersebut.

## B. TUJUAN

Tujuan utama penulisan buku sejarah PTKMR ini adalah untuk memperkenalkan kepada masyarakat Indonesia, khususnya mereka yang bekerja di BATAN dan lebih khusus lagi yang bekerja di PTKMR BATAN, mengenai hal-hal yang telah dilaksanakan oleh unit kerja PTKMR dalam penelitian, pengembangan, dan pelayanan di bidang proteksi dan keselamatan radiasi. Bagi para senior yang pernah bekerja di PTKMR, atau unit kerja sebelumnya, buku ini diharapkan dapat membawa kembali kenangan indah dalam hidup mereka saat bekerja di salah satu unit kerja di BATAN ini. Dengan memahami sejarah kegiatan PTKMR ini, diharapkan dapat timbul inspirasi dan niat untuk meneruskan kerja para seniornya dalam menjaga agar aplikasi ketenaganukliran di Indonesia dapat berjalan dengan aman dan selamat.

Selain itu, buku ini juga berfungsi sebagai bagian dari kegiatan pelestarian pengetahuan mengenai kegiatan PTKMR BATAN. Dengan memahami sejarah PTKMR, diharapkan kekurangan yang terjadi di masa lalu dapat diperbaiki di masa mendatang

### C. RUANG LINGKUP

Buku ini menguraikan sejarah perjalanan PTKMR dan unit kerja pendahulunya dalam melakukan penelitian, pengembangan, dan pelayanan di bidang proteksi dan keselamatan radiasi. Selain itu, juga diungkapkan berbagai kegiatan ilmiah terkait yang pernah dilakukan oleh unit kerja ini.

Buku ini tidak membahas masalah teknis tentang proteksi dan keselamatan radiasi, juga tidak membahas masalah pemanfaatan teknik nuklir dalam berbagai bidang kehidupan manusia. Uraian tentang masalah teknis proteksi dan keselamatan radiasi dapat diperoleh dari banyak buku, buklet, tulisan ilmiah di jurnal dan pertemuan ilmiah, dan juga di media sosial yang mudah diakses saat ini.

### D. STRUKTUR

Buku ini menguraikan seluruh aspek dari PTKMR dan dimulai dengan Bab 2 yang menguraikan struktur organisasi PTKMR dari masa ke masa dan pengembangan kompetensi pegawainya. Uraian diawali dengan deskripsi singkat kegiatan Proyek Standardisasi, Kalibrasi, dan Instrumentasi Nuklir (SKIN) yang berkiprah selama tahun 1970-an sebelum menjadi unit kerja Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS) pada tahun 1985.

Sebagai unit kerja baru di BATAN, PDS banyak meletakkan hal-hal yang fundamental yang sangat berguna dalam mengembangkan unit kerja ini di kemudian hari. Selain itu, diuraikan pula berbagai perkembangan terkait peralatan yang dimiliki PTKMR serta perkembangan eksternal BATAN yang turut memengaruhi kinerja PTKMR.

PDS berkantor di kawasan BATAN Mampang Prapatan sebelum sebagian besar kegiatan dipindahkan ke kawasan Pusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat pada pertengahan kedua tahun 1984. Sampai saat ini, PTKMR masih memiliki laboratorium yang berada di kawasan Mampang Prapatan sehingga kantor PTKMR dapat dikatakan berada di dua lokasi. Lampiran 1 memberikan alamat dan lokasi PTKMR, lengkap dengan koordinat lokasi, peta lingkungan, dan citra satelitnya.

Bab 3 menguraikan berbagai kegiatan PTKMR dalam penelitian dan pengembangan. Untuk mempermudah penjelasan, uraian diberikan sesuai dengan urutan nama bidang pada struktur organisasi PTKMR saat ini, yaitu radioekologi, teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, keselamatan kerja dan dosimetri, dan metrologi radiasi.

Berbagai kegiatan pelayanan selanjutnya diuraikan pada Bab 4. Seperti Bab 3, uraian juga diberikan sesuai dengan urutan bidang. Selain itu, Bab 4 juga dilengkapi dengan data rekapitulasi layanan selama tahun 2016–2019, data target dan realisasi Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) PTKMR tahun 2011–2019, dan beberapa informasi lain yang relevan dengan tugas layanan yang dilakukan PTKMR.

Bab 5 menguraikan kegiatan ilmiah yang diselenggarakan oleh PTKMR dan unit kerja pendahulunya. Kegiatan yang diuraikan meliputi kegiatan berskala BATAN dan nasional, juga kegiatan yang berskala regional dan internasional.

Uraian diakhiri dengan Penutup pada Bab 6 yang menekankan pentingnya unit kerja PTKMR, tidak hanya bagi BATAN secara khusus, tetapi juga bagi Indonesia secara umum. PTKMR merupakan salah satu institusi penting dalam menjaga agar aplikasi ketenaganukliran di Indonesia dapat berjalan dengan aman dan selamat. Karena itu, selama iptek nuklir dimanfaatkan untuk kesejahteraan dan kemajuan Indonesia, selama itu pula keberadaan PTKMR mutlak diperlukan.

## Bab 2

# Struktur Organisasi dan Pengembangan Kompetensi

Berdasarkan Pasal 139 Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013, PTKMR BATAN mempunyai tugas perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, dan pembinaan dan bimbingan di bidang penelitian dan pengembangan di bidang radioekologi, teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, keselamatan kerja dan dosimetri, dan metrologi radiasi. Dalam melaksanakan tugas tersebut, PTKMR menyelenggarakan fungsi antara lain pelaksanaan penelitian dan pengembangan dan pelayanan di bidang radioekologi, di bidang teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, di bidang keselamatan kerja dan dosimetri, dan di bidang metrologi radiasi.

Secara historis, PTKMR dibentuk berdasar Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981 tanggal 13 April 1981 yang menetapkan dibentuknya Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS) di lingkungan BATAN. Dalam perkembangannya, nama unit kerja mengalami perubahan beberapa kali hingga saat ini dikenal sebagai Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi.

Sebelum PDS resmi dibentuk pada tahun 1981, sebuah proyek kegiatan di lingkungan BATAN pada tahun 1970-an menjadi cikal bakal PTKMR. Proyek tersebut adalah Proyek Standardisasi, Kalibrasi, dan Instrumentasi Nuklir (SKIN), yang kemudian diubah namanya menjadi Proyek Peningkatan Keselamatan Radiasi untuk Kesehatan Masyarakat (PPKR).

## A. PROYEK PENDAHULUAN (1974–1981)

Proyek Standardisasi, Kalibrasi, dan Instrumentasi Nuklir (SKIN) dibentuk pada tahun 1974 dengan Drs. Suwarno Wiryosimin, seorang dosen Fisika ITB, sebagai kepala proyek. Proyek digagas pada saat kantor pusat BATAN masih berada di Jalan Falatehan I/26, Blok M, Jakarta Selatan. Karena ruangan di Blok M terbatas, sebagian pegawai yang ditugaskan di Proyek SKIN melakukan kegiatannya di rumah tinggal Ir. Sutjipto Wijadi, salah seorang pegawai BATAN saat itu. Rumah tersebut berlokasi di Jalan Lauser, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan (Sutarman, komunikasi pribadi, 13 November 2019).

Tugas pertama Proyek SKIN adalah melanjutkan pekerjaan penyelidikan terhadap tingkat radioaktivitas di wilayah Indonesia dari jatuhnya bahan radioaktif melalui air hujan akibat uji coba senjata nuklir di lautan Pasifik. Uji coba tersebut dilakukan di tempat terbuka sehingga bahan radioaktif sisa terangkat ke atmosfer dan kemungkinan dapat terbawa angin ke segala arah dan jatuh bersama dengan turunnya air hujan, termasuk ke Indonesia. Penyelidikan telah dimulai sejak tahun 1954 ketika Pemerintah Indonesia membentuk Panitia Negara untuk Penyelidikan Radioaktivitet.

Selain itu, Proyek SKIN juga mendapat tugas untuk mempersiapkan pendirian Laboratorium Kalibrasi dan Standardisasi guna melaksanakan kegiatan dalam pengukuran dosis radiasi dan radioaktivitas di Indonesia. Untuk melaksanakan tugas ini, Proyek SKIN mendapat tambahan pegawai yang berasal dari BATAN Bandung dan Yogyakarta.

Pada tahun 1978, nama Proyek SKIN diubah menjadi Proyek Peningkatan Keselamatan Radiasi untuk Kesehatan Masyarakat (PPKR), jabatan kepala proyek dialihkan kepada Ir. Sutjipto Wijadi. Tugas utama proyek ini adalah mempersiapkan berdirinya laboratorium dosimetri standar sekunder yang merupakan pengembangan dari laboratorium kalibrasi dan standardisasi (Suhartono Zahir, komunikasi pribadi, 13 November 2019). Sambil mempersiapkan gedung yang tengah dibangun di daerah Kuningan Barat, tugas operasional PPKR masih dijalankan dari Jalan Lauser.

Pada akhir tahun 1978, gedung PPKR selesai dibangun. Gedung ini berlokasi di Jalan K.H. Abdul Rohim (kini Jalan Kuningan Barat), Mampang Prapatan, Jakarta Selatan. Gedung ini terdiri atas dua bangunan yang masing-masing memiliki empat lantai, yang sekarang disebut sebagai Gedung B dan C. Mengingat gedung tersebut cukup luas, pimpinan BATAN saat itu, Prof. Achmad Baiquni, M.Sc., Ph.D, memutuskan untuk memindahkan kegiatan kantor pusat BATAN yang semula

berada di kawasan Blok M Jakarta Selatan ke gedung PPKR ini. Sebagian kegiatan kantor pusat BATAN untuk sementara waktu masih berlangsung di Blok M, tetapi dua tahun kemudian dipindahkan sepenuhnya ke Mampang Prapatan. Kegiatan PPKR sendiri berlangsung di lantai 1 dan 3, Gedung C. Dapat ditambahkan bahwa yang sekarang disebut sebagai Gedung A belum dibangun hingga pertengahan tahun 1980-an.

## B. PUSAT DOSIMETRI DAN STANDARDISASI (1981–1985)

Menyusul diterbitkannya Keputusan Presiden Nomor 14 Tahun 1980 tentang Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), Direktur Jenderal BATAN saat itu, Prof. Achmad Baiquni, M.Sc., Ph.D, mengeluarkan Keputusan Dirjen BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981 tertanggal 13 April 1981 tentang Organisasi Badan Tenaga Atom Nasional. Dalam Keputusan Dirjen BATAN ini ditetapkan antara lain mengenai dibentuknya Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS) yang berada di bawah Deputy Bidang Aplikasi dan Jasa Ilmiah. Tanggal 13 April 1981 ini selanjutnya diabadikan sebagai hari lahir PDS.

PDS merupakan pengembangan dari Proyek PPKR yang telah ada. Karena itu, semua pegawai PPKR dialihkan sepenuhnya ke PDS, demikian pula dengan program dan peralatan menjadi program dan peralatan PDS. Tugas PDS ditetapkan pada Pasal 74 dari Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981 tersebut, yaitu membina dan mengembangkan pelaksanaan program penelitian, pengembangan, dan pelayanan dosimetri, standardisasi, dan kaji efek radiasi dalam rangka keselamatan dan perlindungan terhadap radiasi berdasarkan kebijaksanaan yang ditetapkan oleh Dirjen BATAN. Gambar 2.1 memperlihatkan nama para pejabat struktural PDS pada kurun waktu 1981–1985.

Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS) (1981–1985)		
Kepala Pusat: Dr. Ir. Mohammad Hasroel Thayeb 	Bagian Tata Usaha	: Moh. Isnaeni, B.Sc.
	Bidang Proteksi Radiasi	: Drs. Arifin Samsul Kustiono, M.Sc.
	Bidang Dosimetri dan Kalibrasi	: Drs. Abubakar Romain
	Bidang Efek Radiasi	: Moh. Isnaeni, B.Sc.
	Bidang Radiomedis	: Dr. Untung Iskandar

**Gambar 2.1** Pejabat Struktural PDS Tahun 1981–1985

Bidang Proteksi Radiasi merupakan unit kerja teknis tingkat eselon III yang melaksanakan kegiatan terkait pelayanan pemantauan dosis radiasi perorangan, pengukuran tingkat radioaktivitas lingkungan, dan pengembangan teknologi serta peralatan proteksi radiasi. Sementara itu, Bidang Dosimetri dan Kalibrasi mendapat tugas melaksanakan kegiatan pengembangan dosimetri, penentuan tingkat aktivitas radionuklida, melaksanakan kalibrasi alat ukur radiasi, dan penelitian data nuklir secara spektrometri.

Dua bidang lain melaksanakan tugas yang berkaitan dengan kesehatan manusia, yaitu Bidang Efek Radiasi dan Bidang Radiomedis. Bidang Efek Radiasi secara khusus mempelajari kaitan efek radiasi dengan materi biologi, sedangkan Bidang Radiomedis melakukan kegiatan pemanfaatan teknik nuklir untuk kedokteran, baik untuk tujuan diagnostik maupun terapi.

Selain unit kerja teknis tingkat eselon III, PDS juga memiliki unit kerja teknis eselon IV, yang terdiri atas Balai Makmal Dasar yang bertugas mengembangkan dan memelihara sistem peralatan penelitian unit kerja; Fasilitas Kalibrasi yang memberikan layanan kalibrasi alat ukur radiasi; Fasilitas Kaji Efek Radiasi yang menyediakan dan memelihara peralatan untuk kegiatan Bidang Efek Radiasi; Fasilitas Kedokteran Nuklir yang menyediakan dan memelihara peralatan untuk kegiatan Bidang Radiomedis; dan Fasilitas Perbengkelan yang bertugas membuat peralatan dan perlengkapan yang dibutuhkan bidang teknis dalam melaksanakan tugasnya.

Pada saat awal kegiatan, peralatan utama yang dimiliki oleh PDS, yang sebenarnya telah dipasang sejak Proyek PPKR, adalah pencacah radiasi berlatar rendah (*low background counter*, LBC) (Gambar 2.2) dan perangkat spektrometer gamma. Keduanya merupakan peralatan yang menjadi tanggung jawab Bidang Proteksi Radiasi. LBC digunakan untuk menentukan kandungan radioaktivitas alfa dan beta total pada air hujan, sedangkan kandungan radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  ditentukan dengan spektrometer gamma.



**Gambar 2.2** Pencacah Latar Rendah (LBC) Canberra Pertama di PDS pada Tahun 1981

Untuk memproses air hujan sebelum ditentukan tingkat radioaktivitasnya, PDS juga membuat dan mengembangkan Laboratorium Kimia Lingkungan. Gambar 2.3 memperlihatkan kegiatan pada Laboratorium Kimia Lingkungan yang walaupun masih sangat sederhana kala itu, tetapi mampu melakukan preparasi air hujan dan berbagai sampel lingkungan pada berbagai kegiatan litbang tahun-tahun berikutnya (Tutik Indiyati, komunikasi pribadi, 7 Desember 2019).



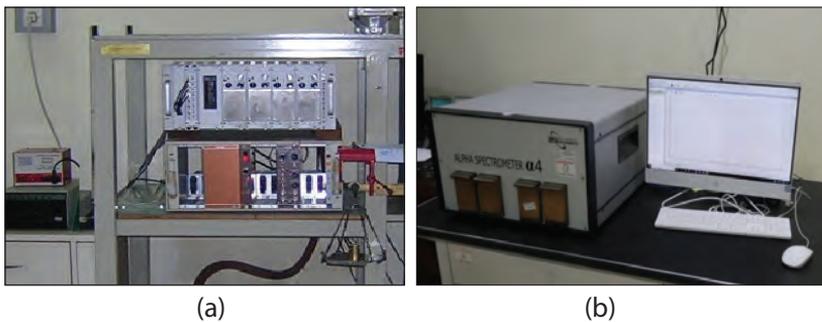
**Gambar 2.3** Kegiatan di Laboratorium Kimia Lingkungan

Seiring dengan perkembangan kegiatan, saat ini PTKMR memiliki spektrometer gamma sebanyak enam buah. Gambar 2.4 memperlihatkan dua dari enam spektrometer gamma yang dipasang di *basement* Gedung B.



**Gambar 2.4** Spektrometer gamma

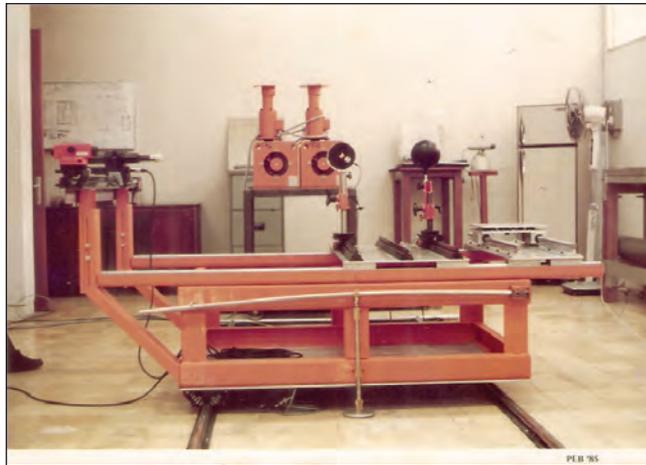
Setelah sebelumnya hanya mampu mengukur alfa total pada sampel air hujan, kemampuan laboratorium Subbidang Radioaktivitas Lingkungan meningkat dengan dimilikinya spektrometer alfa yang mampu menghitung besar radioaktivitas alfa pada sampel lingkungan. Gambar 2.5 memperlihatkan spektrometer alfa yang pertama kali dimiliki tahun 1985 dan yang dimiliki saat ini. Berbeda dengan spektrometer alfa lama yang hasil pengukurannya masih harus dicatat, hasil pengukuran spektrometer alfa yang baru dapat ditampilkan di layar monitor dan disimpan dalam *hard disk*.



Ket.: (a) Spektrometer Alfa yang Pertama Dimiliki pada Tahun 1985 dan (b) Spektrometer Alfa yang Dimiliki Saat Ini

**Gambar 2.5** Spektrometer Alfa yang Dimiliki PTKMR

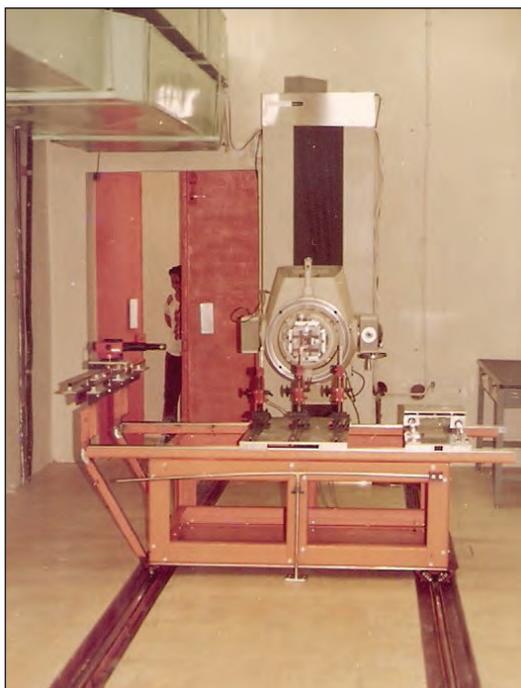
Untuk mengembangkan laboratorium dosimetri standar sekunder, pada tahun 1982, PDS menerima bantuan teknis dari Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) dalam bentuk Calibrator tipe OB-6 buatan Buchler yang berisi sumber radioaktif  $^{137}\text{Cs}$  dengan aktivitas 74 Giga Becquerel (GBq) dan Calibrator tipe OB-2 buatan Buchler yang berisi sumber radioaktif  $^{60}\text{Co}$  dengan aktivitas 3,7 GBq (Gambar 2.6). Kedua sumber tersebut digunakan sebagai sumber kalibrasi alat ukur radiasi tingkat proteksi. Sumber dipasang dalam salah satu ruang laboratorium pada tahun 1983.



**Gambar 2.6** Calibrator OB-6 dan OB-2

Masih dalam kerangka bantuan teknis yang sama, pada Februari 1982 IAEA kembali mengirim pesawat teleterapi sumber  $^{60}\text{Co}$  V4M (Picker V-4 vertical field) dengan aktivitas 3.200 Curie (Ci) (Gambar 2.7). Sumber tersebut dipasang dalam salah satu ruang laboratorium yang terpisah dari sumber  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{60}\text{Co}$  yang telah dipasang sebelumnya. Sumber  $^{60}\text{Co}$  teleterapi ini digunakan sebagai sumber kalibrasi alat ukur radiasi tingkat radioterapi. Selain sumber radiasi, bantuan lain yang diberikan oleh IAEA adalah peralatan acuan dan penunjang berupa elektrometer dan detektor acuan seperti IONEX, Dosimentor, dan Keithley.

Dalam rangka melengkapi fasilitas laboratorium dosimetri standar, pada tahun 1982 PDS membeli dua buah pesawat sinar-X MG-420 dan MG-102 dengan tegangan operasi masing-masing 150–420 kV dan 15–100 kilovolt (kV). Pesawat tersebut masing-masing digunakan untuk keperluan kalibrasi alat ukur radiasi pada tingkat terapi dan proteksi, serta tingkat lingkungan.



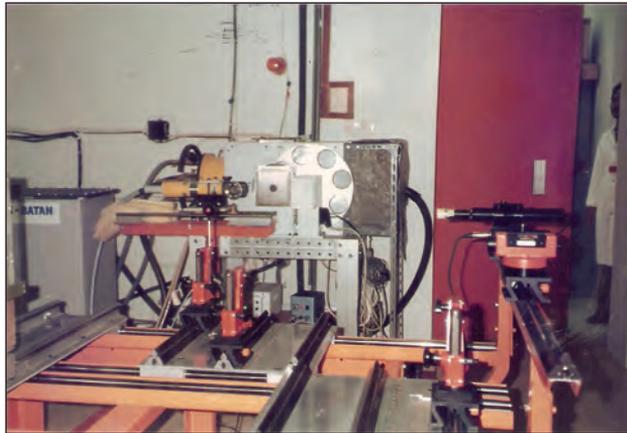
**Gambar 2.7** Pesawat Teleterapi Sumber  $^{60}\text{Co}$  V4M untuk Kalibrasi Alat Ukur Radiasi Tingkat Terapi yang Dipasang Tahun 1982

Pemasangan sumber radiasi pesawat sinar-X dibantu oleh J. Haider, seorang tenaga ahli dari Laboratorium Dosimetri IAEA di Seibersdorf, Austria. Bantuan yang diberikan terutama dalam memasang secara akurat peralatan tambahan seperti roda filter (*filter wheel*) pada pesawat sinar-X MG-420, rel, dan meja kalibrasinya. Selain itu, IAEA juga mengirim tenaga ahli staf GSF dari Jerman, Dr. G. Drexler, untuk membantu dalam menyusun kegiatan teknis laboratorium dosimetri standar sekunder yang selanjutnya diberi nama resmi Secondary Standard Dosimetry Laboratory (SSDL) Jakarta. Gambar 2.8 memperlihatkan kegiatan J. Haider saat memasang roda filter dengan didampingi oleh staf PDS, Mulyadi Rachmad. Roda filter sangat membantu dalam mengatur besar energi sinar-X yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan.

Seperti terlihat pada Gambar 2.8, meja kalibrasi yang dipasang di depan pesawat sinar-X MG-420 masih berupa meja standar yang terbuat dari aluminium dengan konstruksi yang statis. Haider kemudian membantu memasang meja kalibrasi yang lebih fleksibel dan dapat dimaju-mundurkan (Gambar 2.9), sama dengan meja kalibrasi yang digunakan untuk pesawat teleterapi sumber  $^{60}\text{Co}$  (Gambar 2.7).



**Gambar 2.8** Pemasangan Roda Filter pada Pesawat Sinar-X MG-420 Tahun 1982



Ket: Digunakan untuk kalibrasi alat ukur radiasi tingkat terapi dan proteksi radiasi dengan meja kalibrasi

**Gambar 2.9** Pesawat Sinar-X MG-420, dipasang Tahun 1982

Sementara itu, pimpinan BATAN saat itu memutuskan bahwa kantor yang berada di Mampang Prapatan akan sepenuhnya menjadi Kantor Pusat BATAN sehingga PDS dibuatkan gedung baru pada lahan BATAN di daerah Pasar Jumat yang masih luas dan dikenal sebagai kawasan Pusat Penelitian Tenaga Atom (PPTA) Pasar Jumat. Saat itu, di PPTA Pasar Jumat telah berdiri gedung Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi dan Pusat Eksplorasi Pengolahan Bahan Nuklir (yang sebelum bergabung dengan BRIN dikenal dengan nama Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir atau PTBGN).

Pada bulan April 1984, gedung untuk PDS yang di Pasar Jumat selesai dibangun dan diresmikan penggunaannya oleh Direktur Jenderal BATAN pada 17 Agustus 1984. Kegiatan PDS di Kantor Pusat BATAN selanjutnya secara bertahap dipindahkan ke Pasar Jumat, kecuali kegiatan terkait SSDL Jakarta yang masih tetap menempati ruangan di lantai 1 Gedung C Kantor Pusat BATAN, bahkan hingga saat ini. Gedung PDS tersebut terdiri atas tiga bangunan, yang kini masing-masing diberi nomor 48A, 48B, dan 48C. Peresmian gedung PDS saat itu ditandai dengan penandatanganan prasasti oleh Dirjen BATAN (Gambar 2.10).

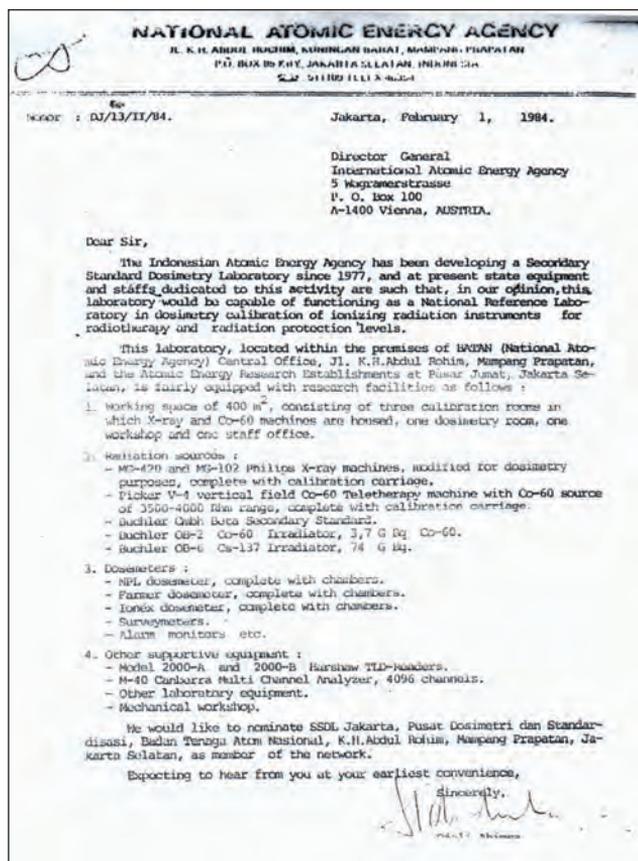


**Gambar 2.10** Prasasti Peresmian Penggunaan Gedung PDS Pasar Jumat oleh Dirjen BATAN

Terkait dengan SSDL Jakarta, setelah kemampuan teknis sumber daya yang ada dan peralatan yang dimilikinya dirasa sudah cukup baik, pada tanggal 1 Februari 1984, Direktur Jenderal BATAN mengirim surat ke Direktur Jenderal IAEA yang berisi nominasi SSDL Jakarta untuk menjadi anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO (Gambar 2.11). Jaringan SSDL IAEA/WHO adalah salah satu bentuk kerja sama IAEA dengan WHO yang dibentuk untuk meningkatkan akurasi pengukuran dosis radiasi atau dosimetri. Melalui laboratorium yang ditunjuk oleh negara anggota IAEA, jaringan akan mampu menghasilkan pengukuran dosis radiasi yang standar dan hasilnya tertelusur ke sistem satuan internasional (SI).

Seperti terlihat pada Gambar 2.11, Dirjen BATAN menyatakan bahwa SSDL Jakarta telah mampu berfungsi sebagai laboratorium acuan nasional pada dosimetri dan kalibrasi alat ukur radiasi penganion tingkat radioterapi dan proteksi radiasi. Laboratorium juga telah dilengkapi dengan fasilitas riset sebagai berikut.

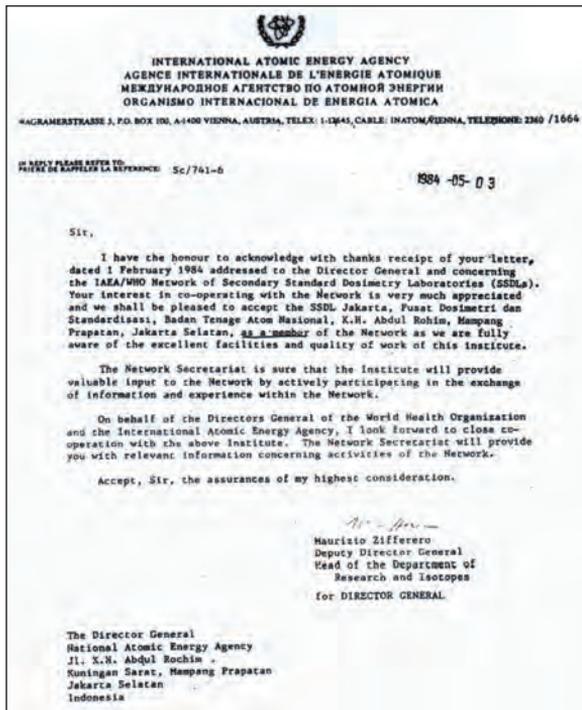
- 1) Ruang kerja dengan luas 400 m<sup>2</sup>, terdiri atas tiga ruang laboratorium yang berisi pesawat sinar-X dan pesawat <sup>60</sup>Co, satu ruang dosimetri, satu ruang bengkel, dan satu ruang staf.
- 2) Sumber radiasi:
  - a) Pesawat sinar-X MG-420 dan MG-102 yang dimodifikasi untuk tujuan dosimetri, lengkap dengan peralatan kalibrasinya;
  - b) Pesawat teleterapi <sup>60</sup>Co Picker V-4 medan vertikal dengan rentang 3500–4000 Rhm, lengkap dengan peralatan kalibrasinya;
  - c) Standar sekunder beta buatan Buchler GmbH;
  - d) Iradiator <sup>60</sup>Co Buchler OB-2, dengan aktivitas 3,7 GBq; dan
  - e) Iradiator <sup>137</sup>Cs Buchler OB-6, dengan aktivitas 74 GBq.



**Gambar 2.11** Surat BATAN ke IAEA Mengenai Nominasi SSDL Jakarta untuk Menjadi Anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO

- 3) Dosimeter yang dimiliki:
  - a) Dosimeter NPL, lengkap dengan kamar pengionnya;
  - b) Dosimeter Farmer, lengkap dengan kamar pengionnya;
  - c) Surveymeter;
  - d) Monitor alarm.
- 4) Peralatan pendukung lainnya:
  - a) Alat baca TLD Harshaw model 2000-A dan 2000-B;
  - b) MCA Canberra M-40, 4096 kanal;
  - c) Peralatan laboratorium lainnya; dan
  - d) Bengkel mekanik.

Jawaban dari IAEA datang dengan surat tertanggal 3 Mei 1984 yang ditandatangani oleh Maurizio Zifferero, Deputy Dirjen IAEA/Kepala Departemen Riset dan Isotop (Gambar 2.12). Dalam suratnya ini, Deputy Dirjen IAEA/Kepala Departemen Riset dan Isotop menyatakan persetujuannya untuk menerima SSDL Jakarta sebagai anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO. Sekretariat Jaringan yakin bahwa SSDL Jakarta akan memberikan masukan yang berharga kepada jaringan melalui partisipasi aktif dalam pertukaran informasi dan pengalaman di antara anggota jaringan.



**Gambar 2.12** Penerimaan SSDL Jakarta sebagai Anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO

Dengan telah diterimanya SSDL Jakarta menjadi anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO, Direktur Jenderal BATAN kemudian menerbitkan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 78/DJ/V/1984 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi, Pengukuran Keluaran Sumber Radiasi, dan Fasilitas Kalibrasi. Dalam Keputusan Dirjen BATAN ini diatur mengenai kewajiban kalibrasi dan pengukuran, tingkat dan kewajiban fasilitas kalibrasi, dan sertifikat kalibrasi dan tanda kalibrasi.

Dengan terbitnya Keputusan Dirjen BATAN di atas, setiap alat ukur radiasi atau sumber radiasi terapi wajib dikalibrasi atau diukur untuk menjamin kebenaran nilai penyinaran atau dosis serapnya. Sementara itu, fasilitas kalibrasi dibedakan atas fasilitas kalibrasi tingkat nasional dan fasilitas kalibrasi tingkat lokal.

Dirjen BATAN juga menerbitkan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 79/DJ/V/1984 tentang Penetapan Pusat Dosimetri dan Standardisasi sebagai Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional (FKTN) dengan kewajiban:

- 1) memberikan pelayanan untuk mengkalibrasi alat ukur radiasi standar lokal atau alat ukur radiasi lainnya dan mengukur keluaran sumber radiasi terapi yang memerlukan ketepatan dan ketelitian tinggi;
- 2) membina dan memberikan bimbingan teknis kepada Fasilitas Kalibrasi Tingkat Lokal;
- 3) memelihara dan menyempurnakan prosedur dan metode yang diperlukan dalam pelayanan kalibrasi atau pengukuran;
- 4) memelihara dan menyempurnakan alat ukur radiasi standar nasional;
- 5) memberikan pengesahan terhadap prosedur kalibrasi di Fasilitas Kalibrasi Tingkat Lokal; dan
- 6) mengkalibrasikan alat ukur radiasi standar nasional terhadap alat ukur radiasi standar primer atau membandingkan alat ukur radiasi standar nasional terhadap alat ukur radiasi standar yang setingkat.

Selain kegiatan kalibrasi alat ukur radiasi, kegiatan penting lain yang berkaitan dengan pengukuran radiasi adalah pengukuran tingkat radioaktivitas bahan radioaktif atau radionuklida. Dalam kegiatan pengukuran radiasi diperlukan sumber standar radionuklida sebagai acuan dalam pengukuran atau untuk kalibrasi alat ukur radiasi. Salah satu faktor yang memengaruhi ketelitian dan keakuratan pengukuran radioaktivitas adalah adanya sumber standar radionuklida yang digunakan sebagai acuan. Sumber standar radionuklida yang digunakan oleh pemangku kepentingan di Indonesia, seperti lembaga penelitian, industri dan

rumah sakit sebagian besar masih impor dari negara lain, seperti dari Amerika Serikat, Jerman, dan Prancis.

Untuk mengurangi kebergantungan pada impor dari luar negeri, penelitian dan pengembangan standardisasi radionuklida sangat perlu dilakukan agar sumber standar radionuklida tersebut dapat diproduksi sendiri di dalam negeri. Pada awal tahun 1983, PDS menerima hibah dari Prancis berupa peralatan standardisasi radionuklida  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  antikoinciden. Peralatan itu dapat dipakai untuk standardisasi radionuklida secara absolut, yang berarti hasilnya sudah dapat dipercaya dan tidak memerlukan pengukuran sumber standar sebagai pembanding (Pujadi, komunikasi pribadi, 2 Desember 2019).

Beberapa bulan kemudian, masih pada tahun 1983, PDS melengkapi diri dengan peralatan spektrometri gamma untuk kepentingan standardisasi radionuklida. Untuk membantu pengembangan kemampuan teknis dalam standardisasi radionuklida ini, PDS menerima kedatangan tenaga ahli, Gerhard C. Lowenthal dari Australian Nuclear Science and Technology Organization (ANSTO). Berkat pelatihan yang diberikan oleh tenaga ahli ini, staf PDS dapat mengembangkan kemampuan teknisnya dalam pengukuran radioaktivitas dan standardisasi radionuklida

Kegiatan terkait efek radiasi terhadap materi biologi, terutama tubuh manusia, awalnya dilakukan di Bidang Biologi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) sebelum PDS dibentuk (Mohammad Hasroel Thayeb, komunikasi pribadi, 9 Desember 2019). Sesuai dengan tugas yang diberikan dalam Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981, kegiatan tersebut kemudian diserahkan ke PDS.

Fasilitas penelitian paling awal yang dimiliki oleh Bidang Efek Radiasi adalah laboratorium steril dan laboratorium inkubasi beserta peralatannya (Iwiq Indrawati, komunikasi pribadi, 7 Desember 2019). Laboratorium steril digunakan untuk melakukan kegiatan yang memerlukan ruang steril seperti studi sitogenetik, sedangkan laboratorium inkubasi digunakan untuk studi histologi. Namun, pada saat awal berdiri, kedua fasilitas tersebut belum digunakan secara optimal karena keterbatasan sumber daya manusia. Kegiatan paling awal yang dilakukan oleh beberapa staf di Bidang Efek Radiasi adalah melakukan pengembangan diri dengan meningkatkan pengetahuan ilmiah. Mereka dikirim ke beberapa lembaga seperti Universitas Indonesia untuk mengikuti kursus sitogenetik dan histologi, serta studi literatur ilmiah tentang efek radiasi terhadap sel hidup.

Untuk penelitian, pengembangan, dan pengkajian dalam pemanfaatan teknik nuklir untuk aplikasi di bidang kesehatan, dilakukan oleh Bidang Radiomedis. Kegiatan ini relatif baru yaitu pada awal tahun 1980-an, tetapi perkembangannya menjadi pesat setelah teknik nuklir terbukti mampu mengungkapkan patofisiologi berbagai jenis penyakit.

Selain itu, Bidang Radiomedis juga mengemban tugas mengkaji masalah kecelakaan radiologik beserta dampaknya terhadap kesehatan. Melalui kajian ini, BATAN diharapkan mampu menangani setiap kecelakaan radiologik yang terjadi di Indonesia (Kunto Wiharto, komunikasi pribadi, 14 November 2019).

Pada tahun 1983, PDS mendapatkan peralatan kamera gamma untuk membantu dalam pengembangan kegiatan di Bidang Radiomedis. Kamera gamma merupakan alat untuk mendiagnosis keadaan dalam tubuh dengan cara mendeteksi berkas radiasi dari radioisotop yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien. Kegiatan yang melibatkan kamera gamma secara langsung dilakukan oleh Bidang Radiomedis mulai awal tahun 1984 dalam bentuk uji coba penggunaannya (Gambar 2.13). Kegiatan uji coba ini melibatkan staf medik dari RS Pertamina Pusat (RSPP), Prof. dr. Sutarman, sebagai seorang dokter spesialis kedokteran nuklir.



Ket: Dr. Untung Iskandar (Kanan), Prof. dr. Sutarman (Jongkok), dan dr. Zulkarnaen Ajraam (Berdiri)

**Gambar 2.13** Uji Coba Gamma Kamera di PDS-BATAN Tahun 1984

## C. PUSAT STANDARDISASI DAN PENELITIAN KESELAMATAN RADIASI (1986–2000)

Dengan berkembangnya tugas dan makin pentingnya peranan Badan Tenaga Atom Nasional dalam memajukan teknologi, ilmu pengetahuan, dan pembangunan nasional pada umumnya, pada tahun 1985, Keputusan Presiden Nomor 14 Tahun 1980 dicabut dan diganti dengan Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1985. Dalam Keppres ini ditetapkan antara lain bahwa Deputy Bidang Pengkajian Sains dan Teknologi Nuklir (PSTN) mengoordinasikan Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (PSPKR) yang merupakan nama baru dari PDS.

Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1985 dijabarkan lebih lanjut dengan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 127/DJ/XII/1986. Pada Pasal 376 Keputusan Direktur Jenderal BATAN tersebut dinyatakan bahwa PSPKR mempunyai tugas melaksanakan pembinaan dan pengembangan program penelitian, pengembangan dan pelayanan di bidang keselamatan radiasi, standardisasi, dosimetri, kesehatan radiasi, serta aplikasi teknik nuklir dalam kedokteran berdasarkan kebijaksanaan yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional.

Dengan berubahnya nama struktur organisasi, eselon III PSPKR juga berubah. Bidang teknis PSPKR terdiri atas Bidang Dosimetri, Bidang Standardisasi, Bidang Proteksi Radiasi, Bidang Kaji Efek Radiasi, Bidang Teknik Nuklir Kedokteran, dan Balai Instrumentasi Radiasi. Bidang Dosimetri dan Bidang Standardisasi merupakan pengembangan dari Bidang Dosimetri dan Standardisasi. Sementara itu, Bidang Kaji Efek Radiasi merupakan nama baru untuk Bidang Efek Radiasi.

Pada tahun 1998, terbit Keputusan Presiden Nomor 197 Nomor 1998 tentang Badan Tenaga Atom Nasional untuk menggantikan Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1985. Dengan dasar Keputusan Presiden tersebut, mulai tahun 1998 PSPKR berada di bawah koordinasi Deputy Penelitian Dasar dan Terapan.

Meskipun struktur organisasi PSPKR tidak berubah hingga tahun 1999, kepala unit kerjanya mengalami perubahan hingga empat kali. Gambar 2.14, Gambar 2.15, Gambar 2.16, dan Gambar 2.17 masing-masing memperlihatkan nama para pejabat struktural PSPKR pada periode 1985–1990, 1990–1993, 1993–1995, dan 1995–1999.

Perlu ditekankan bahwa kata 'standardisasi' yang melekat dan menjadi tugas Bidang Standardisasi hanya mengenai 'standardisasi radionuklida', yaitu menstandarkan nilai aktivitas yang dimiliki suatu radionuklida. Kegiatan Bidang Standardisasi sama sekali tidak terkait dengan kegiatan standardisasi dan mutu yang bersifat manajemen.

Dengan berubahnya nama PDS menjadi PSPKR, Direktur Jenderal BATAN menerbitkan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 84/DJ/V/86 tentang Perubahan Penetapan Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional. Dalam keputusan ini disebutkan bahwa Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi ditetapkan sebagai Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional.

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (PSPKR) (1985–1990)		
<p>Kepala Pusat: Drs. Suwarno Wiryosimin</p> 	Bagian Tata Usaha	: Moh. Isnaeni, B.Sc Drs. Ndory Wangge
	Bidang Proteksi Radiasi	: Dra. Annaliah Ismono
	Bidang Dosimetri	: Drs. Arifn Samsul Kustiono, M.Sc
	Bidang Kaji Efek Radiasi	: Drs. C.J. Soegiarto, M.Sc
	Bidang Radiomedis Bidang Standardisasi	: dr. Sumanto, Sp.Rad Drs. Sunaryo
	Instalasi Kalibrasi	: Drs. Suhartono Zahir
	Balai Makmal	: Ir. Rukiyatmo Drs. Mulyadi Rachmad

**Gambar 2.14** Pejabat Struktural PSPKR Periode 1985–1990

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (PSPKR) (1990–1993)		
<p>Kepala Pusat: Drs. Soekarno Suyudi</p> 	Bagian Tata Usaha	: Ari Wardhono, SH
	Bidang Proteksi Radiasi	: Ir. Joesran Zoebar
	Bidang Dosimetri	: Drs. Eri Hiswara, M.Sc
	Bidang Kaji Efek Radiasi	: Drs. C.J. Soegiarto, M.Sc
	Bidang Radiomedis	: dr. Sumanto, Sp.Rad
	Bidang Standardisasi	: Drs. Sunaryo
	Instalasi Kalibrasi	: Drs. Suhartono Zahir
	Instalasi Keselamatan Radiasi Balai Makmal	: dr. Agus Suatmadji Drs. Arif Rivai, M.Eng

**Gambar 2.15** Pejabat Struktural PSPKR Periode 1990–1993

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (PSPKR) (1993–1995)		
Kepala Pusat: Drs. Suhartono Zahir 	Bagian Tata Usaha	: Ari Wardhono, SH
	Bidang Proteksi Radiasi	: Drs. Eri Hiswara, M.Sc
	Bidang Dosimetri	: Dr. M. Fathony
	Bidang Kaji Efek Radiasi	: dr. Kunto Wiharto, Sp.KN
	Bidang Radiomedis	: dr. Sumanto, Sp.Rad
	Bidang Standardisasi	: Drs. Sunaryo
	Instalasi Kalibrasi	: Drs. Susetyo Trijoko, M.App. Sc
	Instalasi Keselamatan Radiasi	: dr. Agus Suatmadji
	Balai Instrumentasi Radiasi	: Dr. J.R. Dumais

**Gambar 2.16** Pejabat Struktural PSPKR Periode 1993–1995

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi (PSPKR) (1995–1999)		
Kepala Pusat: Ir. Abdu Razak, M.Sc 	Bagian Tata Usaha	: Ir. Pujadi Ahmad Djaelani, S.Sos
	Bidang Proteksi Radiasi	: Drs. Eri Hiswara, M.Sc
	Bidang Dosimetri	: Dr. M. Fathony
	Bidang Kaji Efek Radiasi	: dr. Kunto Wiharto, Sp.KN
	Bidang Standardisasi	: Dr. Susilo Widodo Ir. Pujadi
	Bidang Radiomedis	: dr. Sumanto, Sp.Rad
	Instalasi Kalibrasi	: Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc
	Balai Instrumentasi Radiasi	: Dr. J.R. Dumais

**Gambar 2.17** Pejabat Struktural PSPKR Periode 1995–1999

Selama tahun 1990-an, BATAN menjalin kerja sama bilateral dengan JAERI Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) yang diberi nama *JAERI-BATAN Cooperation Program in the Field of Utilization and Safety of Research Reactors, Production and Application of Radioisotopes, Radiation Protection, and Radioactive Waste Management*. Komponen 'Radiation Protection' dalam program kerja sama ini dikelola oleh PSPKR. Dalam rangka kerja sama ini, setiap tahun pada 1993–1997 PSPKR mengirim tiga orang staf yang melakukan pelatihan di JAERI

selama dua bulan. Staf PSPKR BATAN yang dikirim selama 1993–1997 tersebut masing-masing sebagai berikut.

- 1) Tahun 1993: Sri Subandini Lolaningrum, Sugiyana, dan Dadong Iskandar.
- 2) Tahun 1994: C. Tuti Budiantari, Otto P. Ruslanto, dan Aang Hanafiah (staf PTNBR BATAN).
- 3) Tahun 1995: Asep Warsona, Agung Nugroho, dan Nina Herlina.
- 4) Tahun 1996: Dani, Yurfida Nurdin, dan Riau Amorino.
- 5) Tahun 1997: Pardi, Nurman Rajagukguk, dan Suyati.

Perlu diketahui bahwa staf PSPKR yang menjalani pelatihan di JAERI di atas tidak seluruhnya staf yang sudah memiliki gelar sarjana, tetapi ada juga beberapa orang teknisi. JAERI menyetujui usulan PSPKR untuk mengirim teknisi dengan pertimbangan bahwa yang akan bekerja secara penuh di laboratorium adalah para teknisi sehingga mereka dapat belajar dan memiliki pengalaman langsung dalam bekerja di laboratorium yang lengkap peralatannya.

Untuk mengembangkan kemampuan dalam memberikan layanan kalibrasi alat ukur radiasi, di Pasar Jumat pada tahun 1989 memasang Calibrator tipe OB 85 yang berisi sumber  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , dan  $^{241}\text{Am}$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2.18.



**Gambar 2.18** Calibrator OB-85

Pada sekitar tahun 1992, timbul wacana untuk membuat Fasilitas Kalibrasi Tingkat Lokal (FKTL) di unit kerja BATAN di Yogyakarta. Dengan dipasangnya Calibrator tipe OB-85 di Pasar Jumat, Calibrator OB-2 yang ada di laboratorium PSPKR di Kantor Pusat kemudian dihibahkan ke Yogyakarta untuk menjadi sumber kalibrasi pada FKTL tersebut. Namun, karena beberapa kendala teknis yang ada, wacana pendirian FKTL tersebut akhirnya tidak jadi terlaksana.

Selain itu, Calibrator tipe OB-26 dengan sumber neutron AmBe 5 Ci juga dipasang dalam ruangan lain di PSPKR Pasar Jumat dan dipersiapkan sebagai laboratorium untuk kalibrasi surveymeter neutron cepat. Selanjutnya, PSPKR Pasar Jumat memasang sumber beta BSS 1 yang berisi  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ , dan  $^{207}\text{Tl}$  untuk digunakan dalam melakukan kalibrasi surveymeter pemantau radiasi beta (Gambar 2.19).



**Gambar 2.19** Sumber Beta BSS 1 di Laboratorium PSPKR di Pasar Jumat

Kegiatan layanan kalibrasi alat ukur radiasi tingkat proteksi secara resmi dipindahkan dari PSPKR Kantor Pusat BATAN ke PSPKR Pasar Jumat pada tahun 1989, setelah instalasi sumber radiasi untuk kalibrasi alat ukur radiasi tingkat proteksi di PSPKR Pasar Jumat telah seluruhnya terpasang. Namun, pelayanan untuk kalibrasi alat ukur tingkat teleterapi dengan  $^{60}\text{Co}$  dan pesawat sinar-X masih tetap dilakukan oleh SSDL di PSPKR Kantor Pusat BATAN karena tidak ada ruangan yang memadai di Pasar Jumat. Dalam perkembangan selanjutnya, laboratorium kalibrasi di PSPKR Pasar Jumat bertindak sebagai laboratorium dosimetri standar tersier untuk kalibrasi alat ukur radiasi tingkat proteksi lapangan.

Sementara itu, Bidang Standardisasi meningkatkan kemampuannya dengan memasang alat ukur sekunder kamar pengionan IG-11 (Gambar 2.20). Selanjutnya, pada tahun 1990 Bidang Standardisasi juga mendapat tambahan fasilitas peralatan berupa alat cacah  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  antikoinciden yang diperoleh dari National Physical Laboratory (NPL), Inggris. Keunggulan alat cacah ini adalah mampu mengukur radioaktivitas beberapa nuklida yang memiliki skema peluruhan kompleks tanpa memerlukan koreksi skema peluruhan. Selain itu, akurasi dan presisi pengukuran dengan teknik antikoinciden lebih tinggi dibanding dengan teknik koinciden.

Sehubungan dengan berkembangnya pemakaian zat radioaktif dan/atau sumber radiasi lainnya di Indonesia, Direktur Jenderal BATAN pada tahun 1991 merasa perlu untuk mengatur kegiatan standardisasi radionuklida. Untuk itu kemudian terbit Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 84/DJ/VI/1991 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi, Standardisasi Radionuklida, dan Fasilitas Kalibrasi.



**Gambar 2.20** Alat Ukur Kamar Pengionan IG-11

Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 84/DJ/VI/1991 mengatur tentang kewajiban kalibrasi dan standardisasi, tingkat, dan kewajiban fasilitas kalibrasi, dan sertifikat dan tanda kalibrasi atau standardisasi. Berdasar Keputusan Direktur Jenderal ini ruang lingkup kegiatan SSDL Jakarta yang juga merupakan Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional (FKTN) mengalami perluasan dengan penambahan tugas untuk melakukan standardisasi radionuklida. Dengan demikian, kegiatan Bidang Standardisasi juga menjadi kegiatan SSDL Jakarta/FKTN.

Suatu kemunduran terjadi pada tahun 1996 ketika pesawat sinar-X MG-420 milik SSDL Jakarta yang dipasang di PSPKR Kantor Pusat mengalami kerusakan sehingga layanan kalibrasi alat ukur radiasi untuk energi sinar-X dihentikan. Karena kendala teknis yang sangat parah, kerusakan tidak dapat diperbaiki hingga akhirnya pesawat sinar-X tersebut diganti pada tahun 2007 dengan pesawat sinar-X Y.MG/XST buatan YXLON yang dipasang di ruang yang sama di PSPKR Kantor Pusat.

Pada tahun 1992, PSPKR menerima bantuan peralatan alat baca TLD (TLD reader) otomatis Model 8000-C dari Unit Pelaksana Teknis, Manajemen Pembangunan Instalasi Nuklir (UPT-PPIN) BATAN (Gambar 2.21). Alat baca TLD yang baru ini merupakan alat baca yang semiotomatis sehingga evaluasi monitor perorangan dengan TLD dapat dilakukan secara lebih cepat.

Sementara itu, kinerja dosimeter film neutron yang selama ini dipakai dirasa tidak cukup baik karena kebergantungannya yang tinggi pada kondisi suhu dan kelembapan. Evaluasi juga memerlukan waktu yang relatif lama karena petugas layanan harus menghitung jejak neutron satu per satu di bawah mikroskop. Kedatangan alat baca TLD yang semiotomatis kemudian membawa PSPKR memutuskan untuk mengganti layanan pemantauan dosis neutron dari dosimeter film Kodak tipe A ke TLD tipe NG-67.



**Gambar 2.21** Alat Baca TLD Model 8000-C  
Buatan Harshaw

Pada tahun 1994, PSPKR memasang alat cacah tubuh sekujur (*whole body counter, WBC*) Accuscan buatan Canberra untuk pemantauan kontaminasi radiasi interna (Gambar 2.22). Karena ada kendala teknis dalam perangkat lunaknya yang perlu diganti, alat ini baru bisa berfungsi pada tahun 1998.



**Gambar 2.22** Alat Cacah Tubuh Sekujur Accuscan Buatan Canberra

#### D. PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KESELAMATAN RADIASI DAN BIOMEDIKA NUKLIR (2000–2007)

Tahun 1997 menjadi momen penting bagi perjalanan iptek radiasi dan nuklir di Indonesia dengan ditetapkannya Undang-Undang (UU) Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. Berdasarkan UU ini, fungsi pelaksana iptek nuklir dipisahkan dari fungsi pengawasan, yang masing-masing kemudian dijalankan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN, sebelumnya Badan Tenaga Atom Nasional) dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

Sebagai konsekuensi dari penetapan UU Nomor 10 Tahun 1997 kemudian dilakukan reorganisasi BATAN pada akhir tahun 1998 dengan dasar Keputusan Presiden Nomor 197 Tahun 1998. Keputusan Presiden terakhir ini antara lain menetapkan adanya Deputy Bidang Penelitian Dasar dan Terapan (PDT). Struktur BATAN secara keseluruhan berubah, unit kerja PSPKR menjadi berada di bawah Deputy PDT dan namanya menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBiN).

Keputusan Presiden Nomor 197 Tahun 1998 selanjutnya dijabarkan lebih lanjut dalam Keputusan Kepala BATAN Nomor 73/KA/IV/1999 tentang Organisasi dan Tata Kerja BATAN. Pasal 103 Keputusan Kepala BATAN ini menyatakan bahwa P3KRBiN mempunyai tugas membina dan melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang keselamatan radiasi dan biomedika nuklir.

Perubahan nama unit kerja PSPKR menjadi P3KRBiN diikuti pula oleh perubahan nama bidang teknis eselon III menjadi Bidang Dosimetri, Bidang Biomedika, Bidang Teknik Nuklir Kedokteran, Bidang Metrologi Radiasi, dan Bidang Keselamatan Kerja dan Kesehatan. Bidang Biomedika melaksanakan tugas yang sebelumnya dilakukan oleh Bidang Kaji Efek Radiasi, Bidang Teknik Nuklir Kedokteran melaksanakan tugas yang sebelumnya dilakukan oleh Bidang Radiomedis, Bidang Metrologi Radiasi melaksanakan tugas yang sebelumnya dilakukan oleh Bidang Standardisasi dan Balai Instrumentasi Radiasi, dan Bidang Keselamatan Kerja dan Kesehatan (K3) melaksanakan tugas yang sebelumnya dilakukan oleh Bidang Proteksi Radiasi.

Gambar 2.23 memperlihatkan nama para pejabat struktural P3KRBiN pada periode 1999–2001. Periode ini cukup singkat karena seperti yang akan diuraikan berikutnya, pada tahun 2001, BATAN kembali melakukan perubahan struktur organisasi.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBiN) (1999–2001)		
Kepala Pusat: dr. Kunto Wiharto, Sp.KN 	Bagian Tata Usaha	: Ir. Mairing Matutu
	Bidang Dosimetri	: Dr. M. Fathony
	Bidang Biomedika	: Dr. Topo Suprihadi
	Bidang Teknik Nuklir Kedokteran	: dr. Sugiono, Sp.PD
	Bidang Metrologi Radiasi	: Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc
	Bidang Keselamatan Kerja dan Kesehatan	: Drs. Eri Hiswara, M.Sc

**Gambar 2.23** Pejabat Struktural P3KRBiN periode 1999–2001

Di P3KRBiN, kegiatan terkait pengukuran radioaktivitas lingkungan yang tadinya dilakukan oleh Bidang Proteksi Radiasi dilanjutkan oleh Bidang K3. Kegiatan terkait pelayanan kesehatan juga masuk menjadi tugas Bidang K3. Perubahan lain yang patut dicatat adalah berkembangnya kegiatan Bidang

Biomedika yang tidak hanya sekedar melakukan pengkajian efek radiasi, tetapi juga melakukan kegiatan aplikasi radiasi di bidang biologi dan medik.

Pada bulan Juli 1997, SSDL Jakarta untuk pertama kalinya terlibat dalam kegiatan audit mutu dosis yang dilakukan oleh IAEA atas nama Jaringan SSDL IAEA/WHO. Dalam kegiatan ini IAEA mengirim tiga buah TLD melalui pos untuk disinari dengan berkas sinar-X 10 MV. Selain penyinaran dengan berkas sinar-X, ada juga tiga buah TLD yang diminta untuk disinari dengan berkas gamma dari sumber <sup>60</sup>Co. Nilai dosis untuk penyinaran dari masing-masing sumber adalah sebesar 2 Gray (Gy).

Dosimeter (TLD) yang telah disinari selanjutnya dikirim kembali ke IAEA untuk dievaluasi. Hasil evaluasi oleh IAEA memberikan nilai bacaan dosis masing-masing TLD sebesar 2,02; 2,03; dan 2,03 Gy; dengan nilai rata-ratanya 2,03 Gy untuk berkas sinar-X. Sementara itu, untuk berkas gamma dari <sup>60</sup>Co, nilai bacaan dosis masing-masing TLD sebesar 2,01; 2,02; dan 2,04 Gy; dengan nilai rata-ratanya 2,03 Gy.

Evaluasi tingkat keakuratan pengukuran dosis oleh SSDL Jakarta dilakukan dengan cara membandingkan antara dosis hasil evaluasi oleh IAEA dengan dosis yang diberikan oleh SSDL Jakarta. Dari hasil evaluasi diperoleh nilai simpangan relatif sebesar -1,3% untuk berkas sinar-X dan -1,4% untuk berkas sinar gamma dari <sup>60</sup>Co. Dengan nilai simpangan relatif maksimum standar sebesar  $\pm 3,5\%$ , hasil penyinaran yang dilakukan SSDL Jakarta dinilai sebagai memuaskan. Gambar 2.24 memperlihatkan sertifikat IAEA untuk audit mutu yang pertama ini.

**INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY**  
 Dosimetry and Medical Radiation Physics Section - Division of Human Health  
 Wagramerstraße 5, P.O. Box 100, A-1400 VIENNA, AUSTRIA  
 Facsimile: +43 1 2600721662, Telephone: +43 1 260021662, e-mail: DOSIMETRY@IAEA.ORG

**IAEA/WHO TLD POSTAL DOSE QUALITY AUDIT**

**Institution:** SSDL Jakarta, Center for Standardization and Radiation Safety Research  
**Address:** Jl. Cikore Pasar Jumat, P.O. Box 7043 JESSKI, Indonesia  
**Country:** Indonesia

**TLD batch No:** 84, SSDLa 1997/1  
**TLDs irradiated by:** C. Turi (Indonesia)  
**Date of irradiation:** 16-May-97  
**Evaluation:** 17-Jun-97

**RESULTS OF TLD MEASUREMENTS FOR Co-60 AND HIGH-ENERGY PHOTONS**

Beam	Radiation unit	TLD set #	User stated dose [Gy]	IAEA (measured) dose [Gy]**	IAEA mean dose [Gy]	% deviation relative** to IAEA dose	IAEA dose - User stated dose
10 MV <sup>†</sup>	Clinic	97053	2.00	2.02 2.02 2.04	2.03	-1.3%	1.013

\* The uncertainty in the TLD measurement of the dose is 1.8% (1 standard deviation); this does not include the uncertainty intrinsic to the dosimetry protocol (see IAEA TRS-277).  
 \*\* % deviation relative to IAEA measured dose = 100 x (User stated dose - IAEA measured dose) / IAEA measured dose. A relative deviation with negative (positive) sign indicates that the user estimates lower (higher) dose than what is measured.  
 † Agreement within  $\pm 3.5\%$  between the user stated dose and the IAEA measured dose is considered satisfactory.

Dr. J. Inewaka  
 TLD Officer - DMRP Section

Date: 23. 07. 97

Paul F. Andros  
 Head - DMRP Section

**IMPORTANT NOTICE:** This information is provided only as an independent verification of beam output and just as a machine calibration, not as an alternative to frequent calibrations by a qualified physicist.

**Gambar 2.24** Hasil Pengukuran TLD untuk Sumber Foton <sup>60</sup>Co pada Audit Mutu Dosis oleh IAEA Tahun 1997

Kegiatan audit mutu dosis dengan IAEA terus berlangsung secara rutin setiap tahun. Namun, berkas radiasi untuk penyinaran TLD diminta untuk diubah-ubah, misalnya kombinasi berkas sinar-X 6 MV dan 10 MV, berkas sinar-X 10 MV saja, atau berkas  $^{60}\text{Co}$  saja. Semua audit mutu yang telah diikuti selama ini memperlihatkan hasil yang memuaskan, dalam arti semuanya masih dalam nilai simpangan relatif maksimum standar yang ditetapkan.

Sementara itu, di kawasan Asia Pasifik telah terbentuk suatu organisasi antarinstansi pengukuran atau metrologi nasional di kawasan ini yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan metrologi regional melalui berbagai keahlian dan pertukaran layanan teknis di antara laboratorium anggota yang disebut sebagai *The Asia Pacific Metrology Program* (APMP). Pada Agustus 1998, Komite Teknis untuk Radiasi Pion (TCRI) dari APMP terbentuk dan pada tahun 1999, Komite Teknis ini melalui Puslitbang KIM LIPI mengajak SSDL Jakarta untuk bergabung menjadi anggota.

Pada tahun 2000, SSDL Indonesia mendapat kesempatan untuk mengikuti interkomparasi APMP yang dikoordinasikan oleh KAN (PSDL) Taiwan. Kegiatan tersebut berupa kalibrasi detektor dengan sumber terapi. Namun, detektor yang diterima SSDL Indonesia ternyata dalam kondisi patah saat berada di Bea dan Cukai sehingga detektor tersebut dikembalikan ke Taiwan. Indonesia baru diterima menjadi anggota APMP pada tahun 2016 setelah beberapa persyaratan teknisnya berhasil dipenuhi.

Dalam selang waktu yang relatif singkat, perubahan struktur organisasi BATAN kembali terjadi pada tahun 2001 dengan terbitnya Keputusan Kepala BATAN Nomor 166/KA/IV/2001 tentang Organisasi dan Tata Kerja BATAN. Dalam Keputusan Kepala BATAN ini nama P3KRBIN dipertahankan, tetapi nama Bidang Keselamatan Kerja dan Kesehatan diubah menjadi Bidang Keselamatan dan Kesehatan. Sementara itu, seluruh tugas dan fungsi P3KRBIN juga masih tetap sama. Gambar 2.25 memperlihatkan nama para pejabat struktural P3KRBIN pada periode 2001–2005.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBiN) (2001–2005)		
Kepala Pusat: dr. Kunto Wiharto, Sp.KN 	Bagian Tata Usaha	: Ir. Mairing Matutu Drs. Helmi Bustamam
	Bidang Dosimetri	: Dr. M. Fathony Drs. Mukhlis Akhadi
	Bidang Biomedika	: Dr. Topo Suprihadi Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc
	Bidang Teknik Nuklir Kedokteran	: Dra. Susyati, Apt dr. Fadil Nazir, Sp.KN
	Bidang Metrologi Radiasi	: Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc
	Bidang Keselamatan dan Kesehatan	: Drs. Eri Hiswara, M.Sc Ir.Moh. Birsam

**Gambar 2.25** Pejabat Struktural P3KRBiN Periode 2001–2005

Mengingat layanan pemantauan dosis radiasi perorangan dengan TLD makin meningkat, P3KRBiN membeli alat baca TLD model 6600 buatan Harshaw pada tahun 2001 (Gambar 2.26). Dengan kapasitas bacanya yang besar karena sudah otomatis penuh, alat baca TLD model 6600 Harshaw ini mampu melayani permintaan layanan yang telah mencapai lebih dari 10.000 TLD yang digunakan oleh pekerja radiasi dari sekitar 4.000 instansi.

Guna meningkatkan kemampuan dalam pelayanan kalibrasi alat ukur radiasi neutron, pada tahun 1999, P3KRBiN merintis pendirian laboratorium kalibrasi neutron termik, epitermik, dan cepat. Peningkatan kemampuan itu ditempuh dengan cara merenovasi fasilitas kalibrasi neutron lama yang sudah ada sejak jaman PDS. Renovasi dilakukan dengan cara menambah fasilitas untuk memoderasi neutron dari sumber Am-Be yang berenergi 2–3 MeV (neutron cepat) sehingga berubah menjadi neutron epitermik (berenergi 0,5 keV) dan neutron termik (berenergi 0,025 eV). Renovasi fasilitas kalibrasi neutron itu akhirnya dapat diselesaikan pada tahun 2004. Fasilitas kalibrasi neutron ini diperlihatkan pada Gambar 2.27.

Pada tahun 2003, P3KRBiN juga membangun fasilitas uji bungkus zat radioaktif (Gambar 2.28). Fasilitas yang ada mampu untuk melakukan uji tumbuk, uji tembus, uji tumpuk, uji jatuh, uji panas, uji semprot, dan uji rendam. Pembangunan fasilitas uji bungkus ini diminta oleh BAPETEN untuk mengantisipasi permintaan uji, menyusul diberlakukannya Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif.



**Gambar 2.26** Alat Baca TLD Model 6600 Buatan Harshaw



**Gambar 2.27** Fasilitas Kalibrasi Neutron di Laboratorium P3KRBiN Pasar Jumat

Dalam PP Nomor 26 Tahun 2002 tersebut, dinyatakan antara lain mengenai persyaratan kewajiban pengujian bungkus zat radioaktif yang dilakukan oleh laboratorium yang telah diakreditasi dan ditunjuk oleh Badan Pengawas. Pembangunan fasilitas dilakukan dengan memenuhi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 03-P/Ka-BAPETEN/I-03 tentang Persyaratan Laboratorium Uji Bungkus Zat Radioaktif Tipe A dan Tipe B, yang merupakan peraturan pelaksanaan dari PP Nomor 26 Tahun 2002.



**Gambar 2.28** Fasilitas Uji Bungkusan Zat Radioaktif P3KRBiN

Sesuai dengan amanat Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997, fungsi pengawasan kegiatan ketenaganukliran dilakukan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), termasuk pembentukan peraturan perundang-undangan dalam rangka melakukan fungsi pengawasan tersebut. Salah satu peraturan yang disusun adalah Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2006 tentang Laboratorium Dosimetri, Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi Terapi, dan Standardisasi Radionuklida.

Pasal 6 Peraturan Kepala BAPETEN ini menyatakan bahwa SSDL BATAN, atau SSDL Jakarta, ditunjuk sebagai Laboratorium Dosimetri Tingkat Nasional (LDTN) dengan tanggung jawab sebagai berikut:

- 1) membina dan memberikan bimbingan teknis kepada SSDL dan Laboratorium Dosimetri Standar Tersier (LDST);
- 2) mengkalibrasi alat ukur radiasi standar sekunder langsung kepada Laboratorium Dosimetri Standar Primer (LDSP) atau melalui jaringan kerja SSDL IAEA/WHO sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali;

- 3) bertindak sebagai koordinator nasional dan berpartisipasi dalam uji banding dalam jaringan kerja SSDL IAEA/WHO dan/atau laboratorium lainnya yang setara sekurang-kurangnya 3 (tiga) tahun sekali;
- 4) mengembangkan prosedur dan metode kalibrasi alat ukur radiasi, evaluasi peralatan pemantau dosis perorangan, dan keluaran sumber radiasi terapi;
- 5) mengembangkan prosedur dan metode standardisasi radionuklida;
- 6) mengorganisasi kegiatan uji banding antar-SSDL;
- 7) mengorganisasi kegiatan uji banding antar-LDST; dan
- 8) menyelenggarakan pelatihan dalam bidang teknik kalibrasi, evaluasi peralatan pemantau dosis perorangan, dan standardisasi.

Pasal 8 Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2006 menyatakan bahwa SSDL mempunyai tanggung jawab sebagai berikut:

- 1) mengkalibrasi alat ukur radiasi standar sekunder langsung ke LDSP atau melalui jaringan kerja SSDL IAEA/WHO sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali;
- 2) berpartisipasi dalam uji banding dalam jaringan kerja SSDL IAEA/WHO dan/atau laboratorium lainnya yang setara sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali;
- 3) mengembangkan prosedur dan metode kalibrasi alat ukur radiasi evaluasi peralatan pemantau dosis perorangan, dan keluaran sumber radiasi terapi;
- 4) mengembangkan prosedur dan metode standardisasi radionuklida; dan
- 5) memberikan layanan kalibrasi alat ukur radiasi standar tersier, alat ukur radiasi lapangan, keluaran sumber radiasi terapi, evaluasi peralatan pemantau dosis perorangan, dan standardisasi radionuklida.

Terkait dengan kegiatan pengukuran radioaktivitas lingkungan, P3KRBiN pada tahun 2006 juga diterima sebagai anggota jaringan ALMERA (Analytical Laboratories for Measurement of Environmental Radioactivity Network) dari IAEA dengan nomor registrasi IAEA/AL/177. Melalui jaringan ALMERA, IAEA akan membantu negara anggotanya untuk mengembangkan metode standar untuk pengumpulan dan analisis sampel, interkomparasi, dan uji profisiensi sebagai kendali mutu eksternal.

## E. PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI (2007–SEKARANG)

Pada tahun 2005, BATAN kembali melakukan reorganisasi sesuai dengan Peraturan Kepala BATAN Nomor 392/KA/XI/2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja BATAN. Berdasar Peraturan Kepala BATAN ini, nama P3KRBiN diubah menjadi Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR). Bidang teknis eselon III PTKMR terdiri atas Bidang Dosimetri, Bidang Biomedika, Bidang Teknik Nuklir Kedokteran, Bidang Metrologi Radiasi, dan Bidang Keselamatan dan Kesehatan.

Perubahan yang cukup mendasar pada organisasi PTKMR adalah digabungkannya kegiatan standardisasi radionuklida, kalibrasi, dan instrumentasi ke dalam satu bidang, yaitu Bidang Metrologi Radiasi. Bidang Metrologi Radiasi ini selanjutnya bertanggung jawab atas kegiatan SSDL Jakarta. Gambar 2.29 memperlihatkan pejabat struktural PTKMR periode 2005–2007.

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) (2005–2007)		
Kepala Pusat: dr. Kunto Wiharto, Sp.KN 	Bagian Tata Usaha	: Drs. Helmi Bustamam
	Bidang Dosimetri	: Drs. Syarbaini, M.Sc
	Bidang Biomedika	: Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc
	Bidang Teknik Nuklir Kedokteran	: dr. Fadil Nazir, Sp.KN
	Bidang Metrologi Radiasi	: Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc
	Bidang Keselamatan dan Kesehatan	: Drs. Otto P. Ruslanto, MT

**Gambar 2.29** Pejabat Struktural PTKMR Periode 2005–2007

Bidang Dosimetri, Bidang Biomedika, dan Bidang Teknik Nuklir Kedokteran merupakan tiga bidang yang khusus melakukan kegiatan litbang. Sementara itu, Bidang Metrologi Radiasi dan Bidang Keselamatan dan Kesehatan merupakan bidang yang melakukan kegiatan litbang dan pelayanan. Karena hal itu, Bidang Metrologi Radiasi dan Bidang Keselamatan dan Kesehatan masing-masing memiliki tiga subbidang. Salah satu subbidang di lingkungan Bidang Keselamatan dan Kesehatan, yaitu Subbidang Pelayanan Kesehatan, yang mempunyai tugas melakukan pemeriksaan dan pelayanan kesehatan pegawai, pekerja radiasi, dan melakukan penanggulangan medik kedaruratan nuklir di Kawasan Nuklir Pasar Jumat, merupakan unit kerja pindahan dari sebelumnya berada di lingkungan Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi.

Dengan bergantinya pimpinan PTKMR pada pertengahan tahun 2007, beberapa pejabat strukturalnya mengalami pergeseran. Gambar 2.30 memperlihatkan pejabat struktural PTKMR periode 2007–2013.

Pada tahun 2009, PTKMR menerima kedatangan tenaga ahli SSDL dari IAEA, Ahmed Meghzifene, untuk menjadi pembicara dalam *workshop* tentang penerapan *Technical Report Series* (TRS) 398 untuk kalibrasi keluaran sumber radiasi terapi. Peserta *workshop* adalah wakil-wakil dari rumah sakit yang memiliki fasilitas radioterapi. Kedatangan Meghzifene ini menyadarkan bahwa pengukuran keluaran sumber radiasi terapi tidak boleh dilakukan oleh SSDL seperti yang dinyatakan pada Perka BAPETEN Nomor 1 Tahun 2006, tetapi seharusnya dilakukan oleh pihak rumah sakit sendiri sebagai bentuk tanggung jawab atas layanan terapi yang diberikannya. Peran SSDL dalam pengukuran keluaran sumber radiasi terapi hanya sebatas mengonfirmasi hasil pengukuran yang dilakukan rumah sakit.

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) (2007–2013)		
Kepala Pusat: Dr. Susilo Widodo  	Bagian Tata Usaha	: Drs. Helmi Bustamam Rina L. Dewi, SE
	Bidang Dosimetri	: Drs. Syarbaini, M.Sc Dr. J.R. Dumais
	Bidang Biomedika	: Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc
	Bidang Teknik Nuklir Kedokteran	: dr. Fadil Nazir, Sp.KN dr. Okky B. Kadarusman, Sp.PD
	Bidang Metrologi Radiasi	: Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc Drs. Otto P. Ruslanto, MT
	Bidang Keselamatan dan Kesehatan	: Drs. Otto P. Ruslanto, MT Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc

**Gambar 2.30** Pejabat Struktural PTKMR Periode 2007–2013

Dengan makin banyaknya perusahaan pengguna sumber radiasi yang meminta layanan pemantauan dosis radiasi perorangan, PTKMR memperluas layanan dengan menggunakan TLD CaSO<sub>4</sub> buatan Bhabha Atomic Research Centre (BARC) India yang relatif lebih murah dibandingkan TLD buatan Harshaw (Gambar 2.31). TLD BARC ini ditawarkan ke perusahaan-perusahaan menengah ke bawah dengan jumlah pekerja radiasi yang tidak begitu banyak. Alat baca yang digunakan adalah alat baca TLD BARC model BR-7B yang dipasang pada tahun 2010. Gambar 2.32 memperlihatkan alat baca TLD BARC model BR-7B berikut dengan perangkat evaluasinya.

Dengan diberhentikannya produksi dosimeter film oleh Kodak pada tahun 2012, para pengguna dosimeter film dialihkan ke TLD BARC. Pada tahun yang sama IAEA juga menganjurkan agar pelaksanaan pemantauan dosis perorangan pekerja radiasi dilakukan menggunakan TLD. Sejak saat itu pelayanan pemantauan dosis radiasi perorangan dilakukan sepenuhnya dengan TLD, baik TLD buatan Harshaw maupun TLD buatan BARC.



**Gambar 2.31** TLD Buatan BARC, India



**Gambar 2.32** Alat Baca TLD BARC Model BR 7B

Untuk meningkatkan kemampuan dalam memberikan layanan pengukuran radioaktivitas dalam berbagai jenis sampel lingkungan, pada tahun 2011, PTKMR menambah kemampuan dengan memasang alat cacah sintilasi cair (*liquid scintillation counter, LSC*) merek Quantulus 1220 (Gambar 2.33 dan dua perangkat spektrometri gamma yang terdiri atas perisai radiasi merek Ortec, detektor germanium tingkat kemurnian tinggi (*high pure germanium, HPGe*) merek Ortec GEM 60, serta sistem penganalisis saluran ganda (*multi channel analyzer, MCA*) Despec PRO merek Ortec (Gambar 2.34).



**Gambar 2.33** Alat Cacah Sintilasi Cair (LSC) Quantulus 1220



**Gambar 2.34** Perangkat Spektrometri Gamma Buatan Ortec

Pada tahun 2010, SSDL Jakarta mengikuti interkomparasi yang dikoordinasikan APMP dalam kalibrasi detektor dengan sumber terapi  $^{60}\text{Co}$  dengan besaran kerma udara ( $N_k$ ) dan dosis serap ( $N_{D,w}$ ). Meski belum menjadi anggota APMP, SSDL Jakarta mulai aktif mengikuti *general meeting* APMP sejak 2012 yang diselenggarakan di New Zealand. Pertemuan selanjutnya pada tahun 2013 di Taiwan, tahun 2014 di Korea Selatan (KRISS), tahun 2015 di Tiongkok (Beijing), tahun 2016 di Vietnam, dan tahun 2017 di India.

Pada tahun 2012, PTKMR bekerja sama dengan Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO) melakukan pengukuran xenon dan gas mulia lainnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Swedish*

*Automatic Unit for Noble Gas Acquisition (SAUNA-II)* yang dipasang di halaman PTKMR Pasar Jumat (Gambar 2.35). Pemasangan alat ini merupakan tindak lanjut dari *International Noble Gas Experiment Workshop* yang diselenggarakan pada tanggal 6–10 Desember 2011 di Yogyakarta.



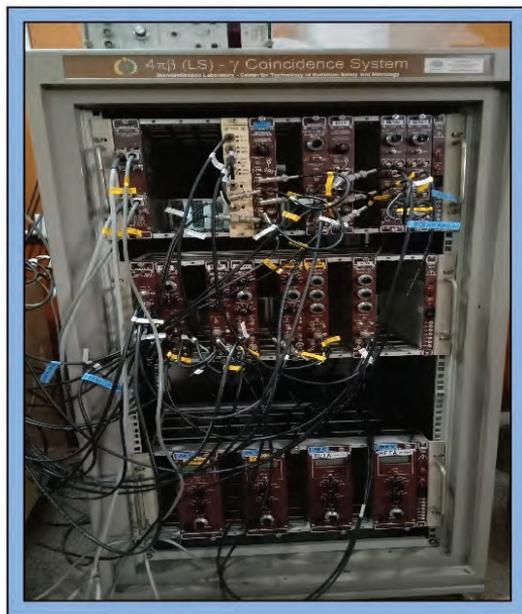
**Gambar 2.35** Alat SAUNA-II untuk Mengukur Xenon dan Gas Mulia Lainnya

Sesuai dengan rekomendasi asesor laboratorium kalibrasi pada tahun 2009, Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 84/DJ/VI/1991 dimutakhirkan dengan Keputusan Kepala BATAN Nomor 123/KA/V/2013 tentang Penetapan Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi sebagai Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS). Dalam Keputusan Kepala BATAN ini disebutkan bahwa LDSS mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut:

- 1) mengkalibrasi alat ukur radiasi (AUR) standar sekunder langsung ke Laboratorium Dosimetri Standar Primer (LDSP) atau melalui jaringan kerja ke LDSS International Atomic Energy Agency (IAEA) atau World Health Organization (WHO) sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali;
- 2) berpartisipasi dalam uji banding dalam jaringan kerja LDSS IAEA atau WHO dan/atau laboratorium lainnya yang setara sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali;
- 3) mengembangkan prosedur dan metode kalibrasi AUR, evaluasi peralatan pemantau dosis perorangan, dan keluaran sumber radiasi terapi;
- 4) mengembangkan prosedur dan metode standardisasi radionuklida; dan
- 5) memberikan layanan kalibrasi AUR standar tersier, AUR lapangan, keluaran sumber radiasi terapi, evaluasi peralatan pemantau dosis perorangan, dan standardisasi radionuklida.

Untuk keperluan pembuatan sumber standar radionuklida perlu dikembangkan metode pengukuran secara absolut atau metode langsung. Ketepatan pengukuran menggunakan metode absolut biasanya lebih baik dibandingkan metode relatif karena pengukuran dengan metode relatif sangat bergantung pada sumber standar yang digunakan. Guna meningkatkan kemampuan dalam pengukuran radioaktif ini, PTKMR menambah peralatan baru berupa alat cacah  $4\pi\beta(\text{LS})-\gamma$  coincidence system pada tahun 2012 (Gambar 2.36). Alat ini merupakan hibah dari Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS).

Pada tahun 2013, BATAN kembali mengalami perubahan organisasi. Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional menetapkan adanya Deputi Bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir (SATN), dan PTKMR berada di bawah koordinasi Deputi SATN tersebut.



**Gambar 2.36** Alat Cacah  $4\pi\beta(\text{LS})-\gamma$  Coincidence System

Berdasar Pasal 139 Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013, PTKMR mempunyai tugas perumusan dan pengendalian kebijakan teknis, pelaksanaan, dan pembinaan dan bimbingan di bidang penelitian dan pengembangan di bidang radioekologi, teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, keselamatan kerja dan dosimetri, dan metrologi radiasi. Untuk itu, bidang teknis yang ada PTKMR menjadi Bidang Radioekologi, Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi, Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri, dan Bidang Metrologi Radiasi.

Perubahan penting pada organisasi PTKMR yang baru dibandingkan PTKMR lama adalah ditingkatkannya status Subbidang Keselamatan Lingkungan menjadi Bidang Radioekologi, sedangkan Bidang Dosimetri dan Bidang Keselamatan dan Kesehatan digabung menjadi Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri. Selain itu, Bidang Biomedika dan Bidang Teknik Nuklir Kedokteran juga digabung menjadi Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi.

Perubahan penting lainnya adalah semua bidang teknis diberi tugas melakukan litbang dan layanan. Dengan demikian, untuk melakukan kegiatan litbang di setiap bidang dibentuk kelompok jabatan fungsional, sedangkan untuk melakukan kegiatan layanan dibentuk beberapa subbidang. Subbidang yang dibentuk, yaitu:

- 1) Subbidang Keselamatan Lingkungan pada Bidang Radioekologi, yang mempunyai tugas melakukan pelayanan analisis pemantauan keselamatan lingkungan di tingkat nasional dan pengukuran dan sertifikasi tingkat kontaminasi radionuklida di berbagai jenis bahan;
- 2) Subbidang Kesehatan Radiasi pada Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi, yang mempunyai tugas melakukan pelayanan pemeriksaan kesehatan *in vivo*, *in vitro*, dan sitogenetik;
- 3) Subbidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi pada Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri, yang mempunyai tugas melakukan pelayanan di bidang keselamatan kerja dan proteksi radiasi serta pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan, proteksi radiasi, dan pengelolaan limbah;
- 4) Subbidang Dosimetri Medik pada Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri, yang mempunyai tugas melakukan pelayanan uji kesesuaian peralatan medik berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir;
- 5) Subbidang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi pada Bidang Metrologi Radiasi, yang mempunyai tugas melakukan pelayanan kalibrasi alat ukur dosis radiasi; dan
- 6) Subbidang Standardisasi Radionuklida dan Instrumentasi pada Bidang Metrologi Radiasi, yang mempunyai tugas melakukan pelayanan standardisasi radionuklida, perawatan dan perbaikan instrumentasi serta peralatan elektromekanik.

PTKMR juga diberi tambahan Unit Jaminan Mutu dengan status struktural eselon IV. Unit Jaminan Mutu yang memiliki tugas melakukan pengembangan, pemantauan pelaksanaan dan audit internal serta manajemen mutu penelitian

dan pengembangan dan pelayanan, ditambahkan sebagai unit yang bertanggung jawab langsung kepada Kepala PTKMR. Gambar 2.37 memperlihatkan pejabat struktural PTKMR periode 2014–2017.

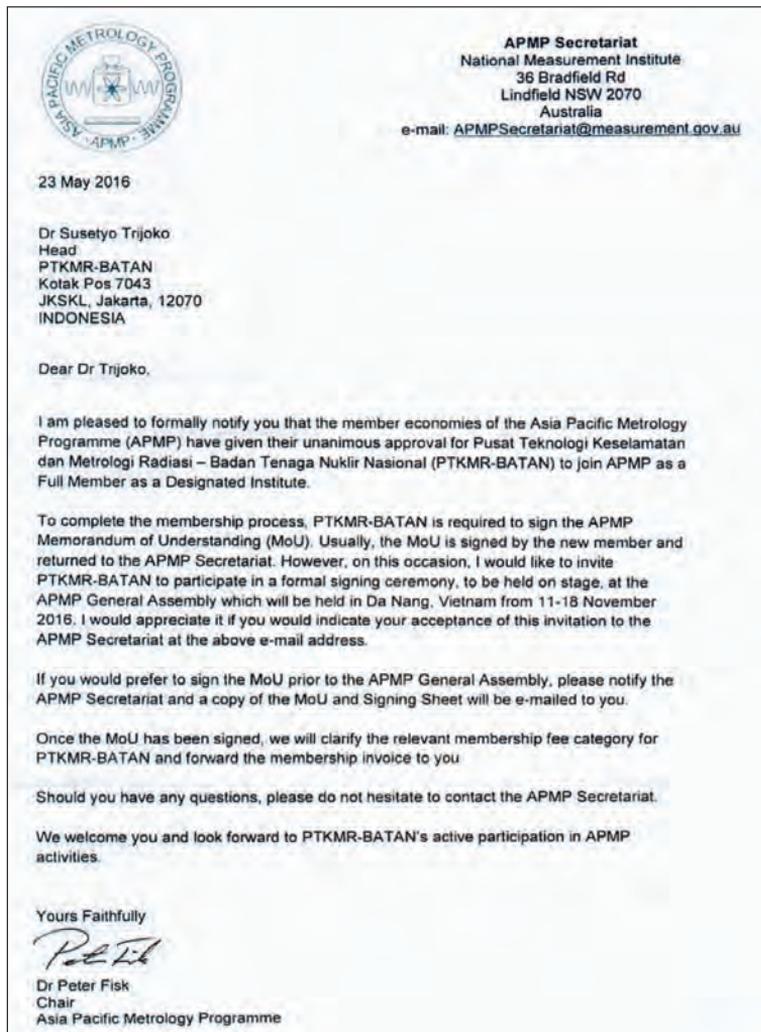
Pada tahun 2014, terbit Peraturan Kepala BATAN Nomor 20 Tahun 2014 tentang Klinik Badan Tenaga Nuklir Nasional. Berdasarkan Peraturan Kepala BATAN ini, PTKMR memiliki klinik yang kepalanya berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Kepala PTKMR. Kepala Klinik merupakan pejabat struktural eselon IV. Dalam perkembangannya, Klinik PTKMR ini memberikan layanan kesehatan kepada semua pegawai BATAN yang bekerja di Kawasan Nuklir Pasar Jumat.

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) (2014–2017)		
<p>Kepala Pusat: Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc</p> 	Bagian Tata Usaha	: Rina L. Dewi, SE Drs. Nazar Wijaya Iskandarmouda
	Bidang Radioekologi	: Ir. Dadong Iskandar, M.Eng
	Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi	: Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc
	Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri	: Dr. J.R. Dumais Ir. Ismanto Jumadi
	Bidang Metrologi Radiasi	: Drs. Gatot Wurdianto, M.Eng
	Unit Jaminan Mutu	: Asep Setiawan, M.Si

**Gambar 2.37** Pejabat Struktural PTKMR Periode 2014–2017

Pada tahun 2015, melalui TC INS 06/20, SSDL Jakarta menerima detektor tipe sumur HDR 1000 Plus yang dimanfaatkan untuk kalibrasi detektor tipe sumur milik rumah sakit yang sehari-hari digunakan untuk mengukur laju kerma udara sumber brakiterapi. Pada tahun berikutnya, SSDL Jakarta mengikuti interkomparasi APMP untuk kalibrasi detektor dengan sinar-X energi medium. Pada tahun itu juga, SSDL Jakarta resmi menjadi *Designated Institute* pada APMP. Peresmian itu dilakukan dalam acara APMP *General Meeting* yang diselenggarakan di Vietnam tahun 2016. Surat keterangan keanggotaan SSDL Jakarta dalam APMP ditunjukkan pada Gambar 2.38, sedangkan Gambar 2.39 memperlihatkan *Memorandum of Understanding* (MoU) yang ditandatangani Kepala PTKMR sebagai tanda pengakuan bahwa secara prinsip tidak ada niat mengikatkan diri satu sama lain (yaitu, antara PTKMR dengan APMP) dan juga tidak ada kewajiban yang mengikat secara hukum di antara keduanya.

Pada tahun 2016, PTKMR juga diterima sebagai anggota penuh South Pacific Environmental Radioactivity Association (SPERA). Tujuan utama SPERA adalah untuk mendorong dan memfasilitasi komunikasi di antara para ilmuwan yang bekerja di wilayah Pasifik Selatan di bidang radioaktivitas lingkungan, yang melibatkan studi tentang kejadian, perilaku, dan dampak spesies radioaktif yang ada di lingkungan karena proses alami atau hasil dari aktivitas manusia. Penerimaan keanggotaan PTKMR bertepatan dengan penyelenggaraan 14<sup>th</sup> Biennial Conference SPERA di Bali pada September 2016.



**Gambar 2.38** Surat Penerimaan PTKMR Sebagai Anggota APMP



**SIGNATORY TO THE ASIA-PACIFIC METROLOGY PROGRAMME**

**MEMORANDUM OF UNDERSTANDING**

The member economies of the Asia-Pacific Metrology Programme (APMP) have unanimously approved the organisation below to join APMP.

This Memorandum of Understanding is being signed by the said organisation, to indicate their acceptance of membership of APMP in the relevant membership category, and the terms of APMP's Memorandum of Understanding (MoU).

By signing this MoU, the parties acknowledge their in-principle non-binding intentions and that no legally binding obligations are intended to arise between them as a result of signing this document.

The new member organisation will work co-operatively with the other member economies of APMP and strive to achieve the objectives stated in the MoU, to the best of their ability.

**Organisation:** Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR-BATAN)

**Economy:** Indonesia

**Membership Category:** Full Member (Designated Institute)

**Name and Title of Signatory:** Mr. Susetyo Trijoko,  
Head of PTKMR-BATAN

**Signature:**

**Date:**

[Signature]  
January 2<sup>nd</sup>, 2017

**Gambar 2.39** Memorandum of Understanding (MoU) Sebagai Anggota APMP

Kemampuan dalam pengukuran sampel lingkungan bertambah pada tahun 2017 dengan dipasangnya alat atomic absorption spectrometer (AAS) (Gambar 2.40). Alat ini mampu menentukan kandungan logam berat pada berbagai matriks sampel lingkungan.



**Gambar 2.40** atomic absorption spectrometer (AAS) Model ContrAA 300

Dengan bergantinya pimpinan PTKMR pada pertengahan tahun 2017, beberapa pejabat strukturalnya mengalami pergantian dan pergeseran. Gambar 2.41 memperlihatkan pejabat struktural PTKMR periode sejak tahun 2017–2020.

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) (2017–2020)		
Kepala Pusat: Drs. Abarrul Ikram, M.Sc., Ph.D	Bagian Tata Usaha	: Drs. Nazar Wijaya Iskandarmouda Ir. Ismanto Jumadi
	Bidang Radioekologi	: Ir. Dadong Iskandar, M.Eng Ir. Untara
	Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi	: Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc dr. Nastiti Rahajeng, Sp.Onk.Rad
	Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri	: Ir. Ismanto Jumadi Dr. Heru Prasetyo
	Bidang Metrologi Radiasi	: Drs. Gatot Wurdianto, M.Eng Asep Setiawan, M.Si
	Unit Jaminan Mutu Klinik	: Elistina, A.Md dr. Paramita Pandansari, Sp.PA

**Gambar 2.41** Pejabat Struktural PTKMR Periode 2017–2020

Pada tahun 2017, SSDL Jakarta mengikuti kegiatan interkomparasi dalam kalibrasi *well chamber* dengan sumber brakiterapi Ir-192 HDR dengan penyelenggara PSDL NMIJ Jepang. Selanjutnya, pada tahun 2018, SSDL Jakarta juga mengikuti kegiatan interkomparasi dalam kalibrasi dosimeter OSL dengan sumber proteksi yang diselenggarakan oleh SSDL Thailand. Sementara itu, interkomparasi tahunan yang diselenggarakan oleh IAEA tetap diikuti baik untuk tingkat terapi maupun proteksi.

PTKMR juga ditunjuk sebagai *Designated Institute* (DI) untuk metrologi radiasi pengion sejak 24 November 2017 oleh Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) di Paris, Prancis. BIPM adalah organisasi internasional yang didirikan untuk mengkoordinasikan kegiatan negara anggotanya dalam hal-hal yang berkaitan dengan ilmu pengukuran dan standar pengukuran.

## F. REFORMASI BIROKRASI

Sejak tahun 2010, BATAN telah melaksanakan reformasi birokrasi berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 81 Tahun 2010 tentang *Grand Design* Reformasi Birokrasi 2010–2025 dan Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 20 Tahun 2010 tentang *Roadmap* Reformasi Birokrasi. Dalam rangka mendukung reformasi birokrasi BATAN, PTKMR telah membentuk Tim Reformasi Birokrasi Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi sejak tahun 2012 dan diperpanjang setiap tahunnya. Tim terdiri atas Tim Pengarah dan Tim Pelaksana, dengan Tim Pelaksana meliputi Tim Manajemen Perubahan, Tim Penguatan Pengawasan, Tim Penguatan Akuntabilitas Kinerja, Tim Penguatan Kelembagaan, Tim Penguatan Tata Laksana, Tim Penguatan Sistem Manajemen SDM Aparatur, Tim Penguatan Peraturan Perundang-undangan, Tim Penguatan Kualitas Pelayanan Publik, serta Tim Monitoring, Evaluasi, dan Pelaporan. Pada akhir tahun 2018, PTKMR menerima piagam penghargaan zona integritas sebagai Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK) dari Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (Gambar 2.42).



**Gambar 2.42** Piagam Penghargaan Sebagai Unit Kerja Pelayanan Berpredikat Wilayah Bebas dari Korupsi (WBK)

Menyusul penyerahan penghargaan WBK, Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (KemenPAN-RB) menyampaikan maklumat permintaan kepada pelanggan agar menyampaikan aduan jika ditemukan praktik pungutan liar, calo, gratifikasi, dan aduan atas PTKMR (Gambar 2.43). Selanjutnya, KemenPAN-RB juga memberi penghargaan kepada Drs. Abarrul Ikram, M.Sc., Ph.D sebagai Pelopor Perubahan Pembangunan Zona Integritas menuju WBK (Gambar 2.44).



**Gambar 2.43** Permintaan kepada Pelanggan agar Memasukkan Aduan Jika Ditemukan Praktik Pungutan Liar, Calo, Gratifikasi, dan Aduan atas PTKMR



**Gambar 2.44** Penghargaan kepada Drs. Abarrul Ikram, M.Sc., Ph.D sebagai Pelopor Perubahan Pembangunan Pembangunan Zona Integritas

Untuk memenuhi tuntutan reformasi birokrasi, PTKMR juga telah membuat beberapa ruang yang dipersyaratkan, yaitu

- 1) Ruang Informasi, yang menjadi tempat bertanya pertama kali bagi pengunjung atau tamu PTKMR, berlokasi di Gedung 48B lantai 1 (Gambar 2.45);
- 2) Ruang Penerimaan Pelanggan, yang menjadi tempat para pelanggan layanan diterima oleh tim *front desk* PTKMR, berlokasi di Gedung 48B lantai 1 (Gambar 2.46);
- 3) Ruang Pengaduan dan Konsultasi serta Mushola, yang menjadi tempat bagi pelanggan untuk memberikan aduan, jika ada, terhadap ketidaknyamanan layanan PTKMR, berlokasi di Gedung 48B lantai 1 (Gambar 2.47);
- 4) Ruang Laktasi, yang menjadi tempat bagi pengunjung PTKMR yang membawa bayi untuk memberikan ASI kepada bayinya, berlokasi di Gedung 48B lantai 1 (Gambar 48); dan
- 5) Ruang Merokok, yang menjadi tempat bagi perokok untuk melakukan kegiatannya, berlokasi di Gedung 48A lantai 1 (Gambar 2.49).



**Gambar 2.45** Ruang Informasi



**Gambar 2.46** Ruang Penerimaan Pelanggan untuk Layanan Laboratorium PTKMR

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**Gambar 2.47** Ruang Pengaduan dan Konsultasi serta Mushola



**Gambar 2.48** Ruang Laktasi



**Gambar 2.49** Ruang Merokok

## G. FASILITAS DAN PERALATAN SAAT INI

Pada tahun 2020, fasilitas dan peralatan yang dimiliki PTKMR sebenarnya masih jauh dari sempurna untuk dapat melakukan litbang dan layanan yang maksimal sesuai dengan tugas yang dibebankan sesuai dengan Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013. Namun, mengingat keuangan negara yang masih terbatas yang belum mampu menyediakan semua peralatan tercanggih dalam bidang proteksi dan keselamatan radiasi, fasilitas, dan peralatan yang dimiliki dipandang telah cukup layak untuk melakukan litbang dan layanan tersebut. Lampiran 2 memberikan daftar fasilitas dan peralatan yang dimiliki PTKMR tahun 2020.

## H. SISTEM MANAJEMEN

### 1. Akreditasi Komite Akreditasi Nasional (KAN)

Dalam rangka memperoleh akreditasi dari Komite Akreditasi Nasional (KAN) untuk beberapa kegiatan layanan pengujian yang dilakukan, seperti layanan

pemantauan dosis radiasi perorangan dan layanan sertifikat bebas radiasi pada bahan makanan, pada tahun 2002 mulai dilakukan upaya penyusunan dokumen sistem manajemen yang meliputi panduan mutu (PM), prosedur kerja (PK), instruksi kerja (IK), dan berbagai formulir yang diperlukan. Setelah melalui proses yang cukup panjang, Laboratorium Penguji PTKMR berhasil memperoleh Sertifikat Akreditasi dengan Nomor LP-206-IDN sejak tahun 2010. Lampiran 3.A.1 memperlihatkan sertifikat akreditasi untuk Laboratorium Penguji PTKMR BATAN.

Dalam hal laboratorium kalibrasi, pada tahun 2008 timbul perdebatan panjang mengenai status laboratorium metrologi radiasi PTKMR. Hal ini disebabkan di satu sisi laboratorium ini berstatus nasional dalam kapasitasnya sebagai SSDL Jakarta, tetapi di sisi lain juga berstatus lokal karena langsung melayani masyarakat umum untuk kalibrasi alat ukur radiasi lapangan. Untuk mengatasi perdebatan saat itu, timbul gagasan untuk memisahkan laboratorium metrologi atas Laboratorium Metrologi Radiasi Nasional (LMRN), yang dalam hal ini adalah SSDL Jakarta, dan Laboratorium Metrologi Radiasi Lokal (LMRL), yang diwakili oleh laboratorium metrologi di Pasar Jumat yang melayani kalibrasi alat ukur radiasi lapangan. Kedua jenis laboratorium ini bahkan telah menyusun sistem manajemen yang terpisah, lengkap dengan PM, PK, IK, dan formulir-formulir yang diperlukan.

Pada tahun 2009, LMRN menerima kedatangan asesor Suryadi dan Chul Young Yi dari Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) untuk penelaahan (*peer review*) dalam rangka mendapatkan akreditasi dari APMP. Salah satu rekomendasi yang diberikan adalah memutakhirkan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 84/DJ/VI/1991 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi, Standardisasi Radionuklida, dan Fasilitas Kalibrasi sesuai dengan perkembangan. Selain itu, para asesor juga berpendapat bahwa karena LMRN dan LMRL berada pada satu organisasi yang sama, yaitu PTKMR, sistem manajemen keduanya harus satu dan tidak bisa dipisahkan.

Gagasan untuk akreditasi dengan dua sistem manajemen ini dengan demikian tidak dapat diteruskan. Untuk itu, PTKMR kemudian hanya mengusulkan satu laboratorium kalibrasi untuk diakreditasi. Setelah melalui proses yang juga cukup panjang, sertifikat akreditasi untuk Laboratorium Kalibrasi diterima pada tahun 2011 (Lampiran 3.A.2).

Dalam hal laboratorium standardisasi radionuklida, pada tahun 2010, laboratorium ini menerima kedatangan asesor Dr. K.B. Lee dari KRISS. Salah satu rekomendasi yang penting dari asesor adalah agar SSDL Jakarta dapat mengikuti kegiatan interkomparasi yang diselenggarakan oleh APMP.

## 2. Sertifikat Sucofindo

Sebagai bagian dari upaya untuk mendapat pengakuan eksternal terhadap sistem manajemen untuk kegiatan yang dilakukannya, BATAN pada tahun 2017 mengundang Sucofindo untuk melakukan audit dengan ruang lingkup sains, aplikasi, pendidikan, pendayagunaan teknologi nuklir, dan teknologi energi nuklir pada proses bisnis di BATAN. Berdasar hasil audit tersebut, Sucofindo menyerahkan sertifikat Sistem Manajemen Mutu (ISO 9001:2015), Sistem Manajemen Lingkungan (ISO 14001:2015), dan Sistem Manajemen Keselamatan Kerja dan Kesehatan (K3) (OHSAS 18001:2007) kepada BATAN bertepatan dengan peringatan ulang tahun ke-60 pada tanggal 5 Desember 2018.

PTKMR menjadi salah satu unit kerja yang mendapat sertifikat Sistem Manajemen Mutu dan Sistem Manajemen K3, tetapi tidak memperoleh sertifikat Sistem Manajemen Lingkungan karena bukan sebagai penanggung jawab Kawasan Nuklir Pasar Jumat. Lampiran 3.B.1 dan Lampiran 3.B.2 masing-masing memperlihatkan sertifikat Sistem Manajemen Mutu dan sertifikat Sistem Manajemen K3 yang diraih PTKMR dari Sucofindo.

Sebelumnya, Komisi Standardisasi BATAN (KSB) telah menganugerahi PTKMR dengan sertifikat Sistem Manajemen Mutu dengan nomor 18/PSMN/SMM/S-2/XI/2015 yang berlaku dari tanggal 5 November 2015 s.d. 4 November 2018 dan sertifikat Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan nomor 14/PSMN/SMK3/XI/2015 yang berlaku dari tanggal 5 November 2015 s.d. 4 November 2018. Dengan telah diterimanya sertifikat yang sama dari Sucofindo sebagai asesor eksternal BATAN, sertifikat internal dari KSB sudah tidak lagi diperlukan.

## 3. Dokumen Sistem Manajemen Lainnya

Sebagai unit kerja di lingkungan BATAN, PTKMR telah melaksanakan berbagai kebijakan BATAN terkait sistem manajemen dalam proses bisnisnya. PTKMR juga telah menerapkan Sistem Manajemen BATAN (MSMB/KN 09 06/SMN 3, Terbitan 1, 2018) untuk seluruh kegiatannya. Selain sertifikat akreditasi KAN dan Sucofindo, PTKMR juga telah memperoleh sertifikat/akreditasi/tanda registrasi dari:

- 1) Komite Nasional Akreditasi Pranata Penelitian dan Pengembangan (KNAPPP) Kemenristekdikti sejak tahun 2009 dengan sertifikat Nomor PL 022-INA dan masa berlaku yang selalu diperbarui dan terakhir dari tanggal 25 Oktober 2018–24 Oktober 2021 (Lampiran 3.C);

- 2) BAPETEN dengan Nomor 02/S-PB/K/II/2017 tentang Laboratorium Berkualitas untuk Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiagnostik dan masa berlaku yang selalu diperbarui dan terakhir dari tanggal 27 Februari 2017–26 Februari 2020 (Lampiran 3.D);
- 3) BAPETEN dengan Nomor 0077/HK.00.05/DKKN/I/2018 sebagai Laboratorium Dosimetri Eksterna dengan masa berlaku dari tanggal 9 Januari 2018–24 April 2021 (Lampiran 3.E); dan
- 4) BAPETEN dengan Nomor 0078/HK 00-07/DKKN/I/2018 sebagai Laboratorium Penguji Radioaktivitas dengan masa berlaku dari tanggal 25 April 2017–24 April 2021 (Lampiran 3.F).

# Bab 3

## Kegiatan Penelitian dan Pengembangan

Sesuai dengan tugas pokoknya yang praktis tidak pernah berubah dari tahun ke tahun, yaitu melaksanakan penelitian dan pengembangan (litbang) dan layanan terkait proteksi dan keselamatan radiasi, berbagai jenis litbang dan layanan telah dilakukan oleh Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. Pada Bab 3 ini diuraikan mengenai kegiatan litbang yang telah dilakukan sejak unit kerja ini masih dalam bentuk proyek hingga tahun 2020. Uraian diberikan sesuai dengan urutan nama bidang pada struktur organisasi yang ditetapkan oleh Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013, yaitu radioekologi, teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, keselamatan kerja dan dosimetri, dan metrologi radiasi. Uraian mengenai layanan yang diberikan kepada pihak lain, baik sesama unit kerja di BATAN maupun instansi di luar BATAN, akan dibahas pada Bab 4.

### A. LITBANG RADIOEKOLOGI

Litbang radioekologi terdiri atas litbang radioaktivitas lingkungan, litbang radon, dan litbang radioekologi kelautan. Litbang radioaktivitas lingkungan mencakup lingkungan terestrial dan udara, sedangkan litbang radon dilakukan dengan melakukan pengukuran tingkat radioaktivitas radon di terowongan tambang, di rumah penduduk, dan di lapangan terbuka. Untuk litbang radioekologi kelautan, litbang ini difokuskan untuk mengetahui tingkat radioaktivitas di wilayah perairan laut Indonesia dan penilaian dampak radioaktivitas pada perairan laut baik dari operasi normal maupun kecelakaan suatu fasilitas nuklir.

## 1. Litbang Radioaktivitas Lingkungan

Litbang radioaktivitas lingkungan diawali oleh Proyek SKIN yang dilanjutkan oleh Proyek PPKR dengan pekerjaan penyelidikan atau analisis terhadap tingkat radioaktivitas dari jatuhnya radioaktif akibat uji coba senjata nuklir di Lautan Pasifik. Untuk kegiatan ini, dilaksanakan kerja sama dengan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) sejak tahun 1978 dalam pengumpulan sampel air hujan dan data meteorologi.

Sampel air hujan sebagian besar diperoleh dari 28 lokasi bandara di seluruh Indonesia, yaitu bandara Surabaya yang mewakili wilayah Pulau Jawa; bandara di Padang, Medan, Palembang, dan Banda Aceh yang mewakili wilayah Pulau Sumatra; bandara di Makassar, Palu, dan Manado untuk wakil Pulau Sulawesi; bandara Tarakan mewakili Pulau Kalimantan; bandara Denpasar yang mewakili Pulau Bali; bandara Jayapura dan Merauke yang mewakili Pulau Irian; dan bandara Dili yang mewakili Timor Timur. Selain itu, sampel air hujan diperoleh pula dari kawasan Pusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat di Jakarta, kawasan Pusat Reaktor Atom Bandung (PRAB) di Bandung, dan kawasan Pusat Penelitian Nuklir GAMMA di Yogyakarta.

Sementara itu, data meteorologi diperoleh dari kantor BMG yang saat itu berada di Jalan Arief Rahman Hakim, Cikini, Jakarta Pusat. Data meteorologi digunakan untuk melihat pola pergerakan angin dan hubungannya dengan tingkat radioaktivitas air hujan yang diperoleh.

Pengumpulan air hujan dilakukan dengan menggunakan *ion exchange fallout collector* yang berisi resin penukar kation Dowex 50W-X8 500-100 mesh, resin penukar anion Dowex 1-X8 50-100 mesh, dan bubuk kertas saring (*pulp*). Air hujan ditampung dengan menggunakan alat penukar ion dengan luas corong 760,38 cm<sup>2</sup> yang dimasukkan ke dalam kotak seperti terlihat pada Gambar 3.1.

Pengambilan dan analisis sampel air hujan ini telah menjadi kegiatan rutin hingga saat ini. Stasiun pemantauan air hujan yang dilakukan saat ini meliputi daerah Jakarta, Serpong, Yogyakarta, Medan, Palu, Batam, Bukittinggi, Kupang, Makassar, Sorong, dan Pontianak.

Dalam waktu singkat, kemampuan laboratorium diperluas untuk juga melakukan kegiatan pengukuran dan analisis cemaran radioaktivitas pada sampel susu sapi. Sampel susu diambil langsung dari para peternak yang berlokasi di Pulau Jawa seperti di kota Semarang, Malang, Pasuruan, Solo, dan Jakarta. Sementara itu, radioaktivitas yang diukur dan dianalisis dari jatuhnya air hujan dan sampel susu sapi tersebut adalah <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Cs, dan beta-gamma total.



**Gambar 3.1** Pemasangan Kolektor Air Hujan di Salah Satu Bandara

Kegiatan analisis radioaktivitas lingkungan berikutnya dilakukan terhadap air sumur dan bahan-bahan makanan yang beredar di Pulau Jawa dan Sumatra bagian selatan (Palembang). Sampel bahan makanan tersebut meliputi beras, kacang-kacangan, dan bumbu-bumbu yang dibeli di pasar setempat. Setelah Pulau Jawa, masih di tahun 1980, penelitian serupa dengan pengambilan sampel lingkungan dilakukan dengan menyusuri Pulau Sumatra bagian timur.

Pada bulan Agustus 1991, Menteri Keuangan menandatangani kontrak kerja sama dengan NEWJEC Inc., sebuah perusahaan konsultan dari Jepang, untuk melakukan pekerjaan teknis tentang penelitian, pemilihan, dan evaluasi tapak bagi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang pertama di Indonesia. Setelah daerah Ujung Lemah Abang di Semenanjung Muria, Jawa Tengah, ditetapkan sebagai tapak terpilih, pada tahun 1986, PSPKR mendapat kontrak dari NEWJEC Inc. untuk melaksanakan pekerjaan studi lingkungan data dasar tingkat radioaktivitas di daerah tapak terpilih tersebut.

Dalam kegiatan studi ini dilakukan analisis kandungan radioaktivitas dalam berbagai jenis sampel lingkungan seperti tanah, air tanah, rumput, dan komoditas makanan setempat. Selain itu, juga dilakukan pengukuran tingkat radiasi gamma latar dengan memasang dosimeter termoluminesensi (TLD) lingkungan di beberapa lokasi di sekitar tapak terpilih.

Kegiatan terkait litbang pengukuran radioaktivitas lingkungan yang lain adalah pengukuran radioaktivitas alam dalam debu yang berasal dari letusan Gunung Galunggung pada akhir Januari 1983. Meskipun letusan pertama Gunung Galunggung terjadi pada awal Mei 1982, letusan berlangsung selama

hampir sembilan bulan hingga awal Januari 1983. Letusan tersebut menyemburkan abu vulkanik dari kepundan yang terbang terbawa angin hingga mencapai daerah yang sangat luas.

Selanjutnya, menyusul terjadinya kecelakaan PLTN Chernobyl di Ukraina pada tahun 1986, kepedulian masyarakat terhadap isu kontaminasi radioaktif dalam bahan makanan mulai timbul. Selain mendapat tugas layanan untuk memantau tingkat radioaktivitas pada berbagai bahan makanan, PSPKR juga melakukan berbagai kegiatan penelitian terkait dengan studi pencemaran radioaktif dalam bahan makanan dan bahan lingkungan lainnya. Hasil pengukuran tidak menunjukkan adanya peningkatan tingkat radioaktivitas di atas tingkat latar.

Pengukuran tingkat radioaktivitas sumber radiasi alam pada sumber air panas dan air minum di DKI Jakarta dan Jawa Barat dilakukan pada tahun 1988–1989. Pengukuran tingkat radioaktivitas pada sampel tanah di Pulau Kundur, Riau; Pulau Madura; Pulau Karimun; dan di berbagai tempat lainnya juga dilakukan selama tahun 2000-an. Menyusul bencana tsunami pada tahun 2004, PTKMR juga berperan dalam menyelidiki tingkat kontaminasi  $^{137}\text{Cs}$  di tanah Aceh yang terdampak bencana tersebut. Hasil penyelidikan menunjukkan tingkat radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  masih sama dengan rata-rata tingkat nasional.

PSPKR juga memulai kegiatan penelitian terkait faktor transfer radionuklida dari media lingkungan ke hewan dan tanaman pada tahun 1996. Kegiatan penelitian ini kemudian dilakukan pula oleh salah satu unit kerja di Serpong. Selanjutnya, menyusul kepindahan salah satu staf PSPKR yang terlibat dalam penelitian faktor transfer sejak awal ke unit kerja BATAN di Bandung, unit kerja ini juga kemudian melakukan kegiatan penelitian yang sama.

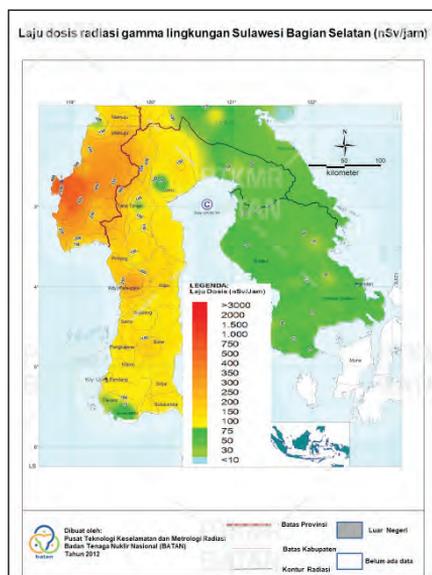
Penelitian terkait tingkat radioaktivitas pada bahan radioaktif alam yang terkandung dalam berbagai kegiatan industri tambang, dikenal sebagai *naturally occurring radioactive material* (NORM), juga telah dilakukan oleh PSPKR sejak tahun 1998. Penelitian terutama dilakukan di Pulau Bangka yang dikenal dengan tambang timahnya yang mengandung monasit dengan tingkat radioaktivitas yang cukup besar. NORM yang melekat pada pipa-pipa dari kegiatan industri minyak dan gas di lepas pantai juga diukur tingkat radioaktivitasnya pada sekitar tahun 2000. Radionuklida yang dijumpai pada NORM umumnya adalah  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ , dan  $^{228}\text{Th}$ , dengan konsentrasi bervariasi dari ratusan hingga ribuan Bq/kg.

Pada tahun 2010–2014, PTKMR memiliki agenda penting untuk membuat peta laju dosis radiasi gamma lingkungan di seluruh wilayah Indonesia. Peta tersebut sekarang sudah selesai dikerjakan, tetapi belum dicetak dalam jumlah

besar karena keterbatasan dana. Contoh peta laju dosis radiasi gamma untuk daerah Sumatra bagian selatan ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan untuk daerah Sulawesi bagian selatan ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pada peta daerah Sumatra bagian selatan tampak bahwa laju dosis gamma lingkungan di Pulau Bangka dan sebagian Pulau Belitung lebih tinggi karena kedua pulau tersebut memiliki kandungan timah dengan mineral ikutan monasit yang diketahui memiliki tingkat radiasi alam yang cukup tinggi. Sementara itu, di daerah Sulawesi bagian selatan, terutama di daerah Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat, diketahui tanahnya memiliki kandungan uranium dengan tingkat radiasi alam yang juga cukup tinggi.



**Gambar 3.2** Laju Dosis Radiasi Gamma Lingkungan Sumatra Bagian Selatan



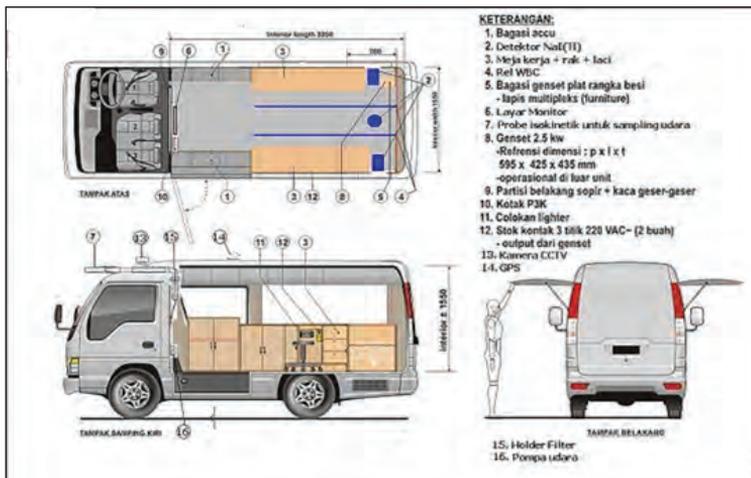
**Gambar 3.3** Laju Dosis Radiasi Gamma Lingkungan Sulawesi Bagian Selatan

Salah satu pencapaian penting pada kurun waktu tahun 2010–2014 adalah berhasil dibangunnya prototipe sistem *carborne monitoring* untuk deteksi tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan secara terintegrasi, *mobile*, dan *real time*. Gambar 3.4 memperlihatkan prototipe sistem *carborne monitoring* yang sudah terintegrasi, sedangkan Gambar 3.5 menunjukkan susunan (*layout*) penempatan sistem *carborne monitoring* pada suatu mobil minibus.



Ket. Sistem terintegrasi meliputi sel surya untuk cadangan energi yang dipasang di atap mobil, detektor NaI(Tl) dan perangkat untuk pengambilan sampel udara di dalam mobil

**Gambar 3.4** Prototipe Sistem *Carborne Monitoring*



**Gambar 3.5** Susunan (*Layout*) Penempatan Sistem *Carborne Monitoring* pada Suatu Mobil Minibus

PTKMR juga terlibat dalam penelitian terkait pembangunan prototipe Reaktor Daya Eksperimental (RDE), yaitu dalam keselamatan radiasi dan lingkungan pada radius 50 km dan 16 sektor arah angin dari calon tapak RDE, dan mengembangkan berbagai infrastruktur keselamatan radiasi dan lingkungan di BATAN dalam rangka menyongsong beroperasinya RDE. Untuk ini telah diperoleh data lingkungan, pengembangan sistem pemantau kontinu  $^3\text{H}$  dan  $^{14}\text{C}$  di lingkungan, verifikasi model dispersi radionuklida di udara, dan dokumen kerangka acuan AMDAL RDE dan laboratorium pendukungnya.

Pada tahun 2015–2019, PTKMR memusatkan kegiatan terkait paparan radiasi alam di daerah Mamuju, Sulawesi Barat. Tingkat radioaktivitas alam di Mamuju ini diketahui cukup tinggi sehingga selain mengukur tingkat radioaktivitas pada berbagai sampel lingkungan—seperti tanah, air, biota, dan partikulat udara, penelitian juga memperkirakan dosis radiasi yang diterima masyarakat setempat dari radiasi alam yang ada di lokasi tempat tinggal mereka.

Penelitian terkait paparan radiasi alam yang diterima penduduk di daerah Mamuju dilakukan di delapan desa/lingkungan yang meliputi 69 dusun. Secara umum dosis efektif yang diterima penduduk di kedelapan desa/lingkungan tersebut berada pada rentang tingkat rendah (<5 km) hingga sedang (5–20 km). Dosis efektif tertinggi tanpa radon sebesar 15,87 mSv/tahun diterima penduduk di Desa Takandeang, sedangkan dosis efektif karena radon tertinggi sebesar 19,60 mSv/tahun juga diterima penduduk yang tinggal di Desa Takandeang.

Pada tahun 2020–2024, penelitian radioaktivitas lingkungan di PTKMR difokuskan untuk mendukung Prioritas Riset Nasional (PRN), yaitu meneliti rona awal radioaktivitas lingkungan pada komponen laut, terestrial, dan udara pada radius 50 km di sekitar calon tapak PLTN di Kalimantan Barat. Selain itu, juga akan dibuat prototipe deteksi radiasi in situ terintegrasi sensor oseanografi untuk kontaminan radioaktif di perairan laut dan prototipe perangkat deteksi dini gempa bumi melalui pengukuran gas radon dalam air tanah secara real time.

## 2. Litbang Radon

Kegiatan lain terkait radioaktivitas lingkungan adalah pengukuran gas radon. Gas radon merupakan radionuklida alam yang tidak berwarna dan tidak berbau, banyak dijumpai pada kegiatan tambang bawah tanah, dan juga pada bahan bangunan yang mengandung unsur dari alam. Gas radon yang terhirup saat bernapas akan dapat menimbulkan gangguan kesehatan di dalam tubuh, terutama terhadap paru-paru. Pada tahun 1981–1985, banyak dilakukan pemantauan tingkat radioaktivitas gas radon di beberapa lokasi di Jawa Barat, terowongan

tambang emas di Cikotok, dan lokasi pengeboran minyak di beberapa daerah di Sumatra dan Jawa.

Pendirian Laboratorium Pemantauan Gas Radon dirintis sejak tahun 1990. Fasilitas utama yang dimiliki Laboratorium Pemantauan Gas Radon di PTKMR BATAN pada saat pertama kali berdiri pada tahun 1990 adalah peralatan untuk etsa film jejak CR-39. Jejak yang terbentuk pada film CR-39 dibaca dengan mikroskop jejak nuklir (Gambar 3.6). Dengan fasilitas itu, PTKMR baru mampu melakukan pengukuran gas radon dengan metode pasif. Pengukuran dengan cara ini memerlukan waktu yang cukup lama sehingga kemampuan kerja laboratorium sangat terbatas.



**Gambar 3.6** Mikroskop Pembaca Jejak Nuklir pada Film CR-39

Pengembangan laboratorium terus dilakukan seiring dengan perjalanan waktu dan kebutuhan masyarakat. Pada tahun 2015, laboratorium gas radon mendapatkan tambahan alat ukur RAD7 untuk pengukuran radon secara aktif di lapangan (Gambar 3.7). Dengan alat ini, pengukuran gas radon di lapangan bisa dilakukan secara in situ dan hasil pengukuran bisa dibaca langsung.



**Gambar 3.7** Alat Ukur RAD7 untuk Mengukur Radon di Lapangan

Agar hasil pengukuran dengan RAD7 sesuai dengan kenyataan, alat ini perlu dikalibrasi secara berkala. Gambar 3.8 memperlihatkan fasilitas kalibrasi alat ukur RAD-7 yang dibangun secara khusus di PTKMR.



**Gambar 3.8** Fasilitas Kalibrasi Alat Ukur Radon RAD7 di PTKMR BATAN

Pada tahun 2014–2019, kegiatan utama terkait pengukuran radon adalah menyusun peta tingkat radiasi radon di Indonesia sebagai bagian dari peta tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan di Indonesia. Untuk itu telah dilakukan pengukuran radon lapangan di wilayah Indonesia bagian tengah dan timur, setelah sebelumnya di tahun 2010–2014 pengukuran dilakukan untuk wilayah Indonesia bagian barat. Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 masing-masing memperlihatkan konsentrasi radon *indoor* dan thoron *indoor* di Indonesia.



pengalaman dalam melakukan pengukuran tingkat radioaktivitas pada air laut. Marzaini Nareh, salah seorang staf senior PSPKR, merupakan pelopor dalam litbang radioekologi kelautan di Indonesia, di samping juga Sutarman dan seluruh staf Subbidang Keselamatan Lingkungan PSPKR pada tahun 1996–1998. Gambar 3.11 memperlihatkan salah satu kegiatan pengambilan sampel air laut di Jepara pada tahun 1996.

Walaupun kegiatan terkait radioekologi kelautan ini pertama kali dilakukan oleh PSPKR tahun 1996, saat terjadi reorganisasi BATAN pada tahun 1999, salah satu unit kerja di Serpong berhasil meyakinkan pimpinan BATAN untuk membentuk unit eselon IV Subbidang Radioekologi Kelautan di unit kerjanya. Pada reorganisasi BATAN tahun 2001, status subbidang ini bahkan ditingkatkan menjadi unit eselon III Bidang Radioekologi Kelautan.



**Gambar 3.11** Pengambilan Sampel Air Laut di Jepara Tahun 1996

Namun, saat reorganisasi tahun 2013 yang terjadi secara besar-besaran, Bidang Radioekologi Kelautan yang ada di Serpong dihilangkan dan seluruh stafnya dipindahkan menjadi staf Bidang Radioekologi di PTKMR. Sejak saat itu kegiatan radioekologi kelautan hanya dilaksanakan oleh unit kerja PTKMR.

Pada tahun 2015–2019, kegiatan terkait radioekologi kelautan dilakukan dengan melakukan pengukuran tingkat radioaktivitas di wilayah perairan laut Ambon dan Papua. Selain itu, dilakukan juga penelitian terkait bioakumulasi oleh hewan laut dan penilaian risiko terhadap keberadaan radionuklida di perairan laut Indonesia bagian timur. Melalui kerja sama teknik IAEA dengan judul *Marine*

*Benchmark Study on the Possible Impact of the Fukushima Radioactive Releases in the Asia-Pacific Region (RAS/7/021)*, PTKMR juga terlibat dalam penelitian terkait potensi dampak kecelakaan PLTN Fukushima di Jepang terhadap perairan laut di wilayah Asia Pasifik. Penelitian menunjukkan tidak ada radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  yang terdeteksi pada perairan laut Indonesia.

Pada tahun 2020–2024, penelitian radioekologi kelautan akan difokuskan pada pengukuran tingkat radioaktivitas di Sungai Cisadane dan Teluk Jakarta untuk prakiraan dampak operasional fasilitas nuklir Serpong. Selanjutnya akan disusun model hidrodinamik sebaran berbagai radionuklida dan perpindahannya pada ekosistem tropik.

## B. LITBANG TEKNIK NUKLIR KEDOKTERAN DAN BIOLOGI RADIASI

Litbang teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi terdiri atas litbang teknik nuklir kedokteran dan litbang biologi radiasi. Litbang teknik nuklir kedokteran meliputi pemeriksaan secara *in vitro* dan *in vivo*, sedangkan litbang biologi radiasi meliputi pembuatan kandidat bahan vaksin malaria hingga studi efek sitogenetik pada penduduk dan pasien rumah sakit.

### 1. Litbang Teknik Nuklir Kedokteran

Litbang teknik nuklir kedokteran mulai berkembang sejak ditandatanganinya kerja sama antara PSPKR dan RSUP Fatmawati dalam rangka penelitian dan pengembangan pemanfaatan teknik nuklir kedokteran pada tahun 1986. Saat itu PSPKR diizinkan untuk menempatkan tiga buah gamma kamera merek Siemens, Toshiba, dan ADAC Genesis di RSUP Fatmawati.

Pasien dengan kelainan tertentu dikirim ke Unit Radiologi RSUP Fatmawati untuk didiagnosis menggunakan teknik nuklir kedokteran. Dengan teknik ini, dimungkinkan pemeriksaan medis dilakukan secara *in vitro* di laboratorium PSPKR maupun secara *in vivo* di rumah sakit. Studi *in vitro* dipakai untuk petanda tumor, hormon reproduksi, dan hormon tiroid. Sementara itu, studi *in vivo* dipakai untuk pengamatan fungsi organ. Pengamatan anatomik maupun fungsional dari organ atau jaringan tubuh dapat diungkapkan dengan ketepatan informasi yang akurat dan mampu mengimbangi informasi yang diberikan oleh metode pemeriksaan lainnya

Perjanjian kerja sama tahap pertama berakhir pada tahun 1998 dan diperbarui pada tahun 2001. Karena adanya perubahan nama PSPKR menjadi P3KRBiN, perjanjian kembali diperbarui dan berlangsung hingga tahun 2014. Karena

terjadi perubahan dalam aspek administrasi yang cukup rumit, perjanjian kerja sama tersebut dengan terpaksa tidak dapat dilanjutkan. Namun, akhir-akhir ini sedang dilakukan upaya-upaya agar kerja sama dapat dilanjutkan kembali.

Selama tahun 2010–2014, berbagai studi dilakukan pada litbang teknik nuklir kedokteran meliputi pengembangan teknik nuklir untuk diagnostik *in vivo* dan evaluasi terapi pada penyakit kanker payudara dan prostat, pengembangan teknik nuklir untuk diagnostik *in vitro* dan evaluasi terapi pada penyakit kanker payudara dan prostat, dan pengembangan teknik deteksi biomarker prognostik dan radiosensitivitas. Hasil studi disusun dalam bentuk metode atau SOP untuk masing-masing jenis pemeriksaan yang dikembangkan.

Pelaksanaan berbagai penelitian teknik nuklir kedokteran di atas menggunakan sumber radiasi  $^{99m}\text{Tc}$  yang dibuat dalam suatu generator radionuklida (Gambar 3.12). Sementara itu, untuk melakukan pengukuran digunakan *single photon emission computed tomography* (SPECT) *gamma camera dual head* buatan Mediso (Gambar 3.13).



**Gambar 3.12** Generator Radionuklida  $^{99m}\text{Tc}$



**Gambar 3.13** SPECT Gamma Camera Dual Head Buatan Mediso

Selain itu, juga dikembangkan aplikasi kedokteran nuklir pada komplikasi diabetes mellitus tipe 2 pada berbagai organ dengan tujuan menguasai aplikasi metode deteksi di kedokteran nuklir untuk diagnostik komplikasi diabetes mellitus tipe 2 pada berbagai organ. Hasil penelitian ini sudah disusun dalam suatu buku yang diberi judul *Aplikasi Kedokteran Nuklir pada Komplikasi Diabetes Mellitus tipe 2 Pada Berbagai Organ Tubuh* (Gambar 3.14).



**Gambar 3.14** Buku Aplikasi Kedokteran Nuklir pada Komplikasi Diabetes Mellitus Tipe 2 pada Berbagai Organ Tubuh

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Selama pelaksanaan Renstra Tahun 2015–2019, lima metode terkait deteksi komplikasi penyakit metabolik dengan teknik nuklir berhasil dikembangkan. Pada tahun 2015, berhasil dikembangkan metode pemeriksaan lambung dengan  $^{99m}\text{Tc}$  *sulfur colloid*; pada tahun 2016, metode pemeriksaan jantung dengan MPI dan MUGA berhasil disusun; dan pada tahun 2017, dikembangkan metode pemeriksaan ginjal dengan renograf GFR dan renogram ERPF. Selanjutnya, pada tahun 2018, metode yang dikembangkan adalah metode pemeriksaan tiroid dengan substraksi sestamibi dan DMSA, terakhir pada tahun 2019, berhasil dikembangkan metode pemeriksaan *scan* tulang dengan tiga fase.

Dalam kerangka litbang teknik nuklir kedokteran ini juga telah dilakukan estimasi data dosis organ manusia berbasis uji biodistribusi untuk radiofarmaka diagnostik maupun terapi untuk  $^{177}\text{Lu}$ -DOTA Trastuzumab,  $^{198}\text{Au}$  PAMAM,  $^{99m}\text{Tc}$  MDP, dan  $^{99m}\text{Tc}$  glutation. Dengan dihentikannya produksi  $^{177}\text{Lu}$ -DOTA Trastuzumab oleh PTRR pada tahun 2017, PTKMR menggantinya dengan bahan impor  $^{177}\text{Lu}$  dan *prostate specific membrane antigen* (PSMA) sebagai radiofarmaka dalam kegiatan riset ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada penyuntikan  $^{177}\text{Lu}$ , organ target dengan *uptake* tertinggi adalah ginjal, kandung kemih, dan hati. Selain itu, melalui litbang teknik nuklir kedokteran, juga telah dikuasai metode estimasi data dosis organ pada manusia berbasis uji biodistribusi hewan coba, protokol dosimetri berbasis pasien secara individu untuk *treatment planning* pada terapi radionuklida, dan pengembangan alat bantu perhitungan dosis (*local software*).

## 2. Litbang Biologi Radiasi

Litbang biologi radiasi merupakan salah satu litbang yang telah dilakukan sejak unit kerja PTKMR masih bernama PSPKR. Litbang biologi radiasi pada awalnya hanya melaksanakan kegiatan penelitian terkait efek radiasi terhadap bahan biologi. Namun, pada saat unit kerja ini bernama Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biologi Nuklir (P3KRBiN), litbang biologi radiasi mulai melakukan pula kegiatan penelitian aplikasi radiasi di bidang biologi.

Selama tahun 2010–2014, berbagai studi kegiatan litbang biologi radiasi antara lain pembuatan kandidat bahan vaksin malaria, pengembangan metode biologi molekuler untuk deteksi mutasi *single nucleotide polymorphism* (SNP) pada penatalaksanaan kanker payudara, dan pengembangan deteksi biomarker prognosis pada pasien kanker dengan metode imunohistokimia. Selain itu, dilakukan pula pengembangan metode standar pemeriksaan sitogenetik di Laboratorium Sitogenetik PTKMR yang diaplikasikan pada pembuatan kurva

standar respons dosis aberasi kromosom oleh sinar X dan gamma sebagai dosimeter biologi.

Pada tahun 2015–2019, litbang biologi radiasi difokuskan pada studi efek sitogenetik dan perubahan DNA pada pasien dan pekerja radiasi di rumah sakit dan pada masyarakat yang menerima paparan radiasi alam tinggi di Mamuju, Sulawesi Barat. Dalam hal studi efek sitogenetik di rumah sakit, dari 495 pekerja radiasi (dokter, perawat, dan radiografer) yang diperiksa, tidak ditemukan perbedaan aberasi kromosom yang signifikan antara pekerja radiasi dengan kontrol, juga tidak ada perbedaan dalam evaluasi kerusakan DNA berbasis biomarker  $\gamma$ H2AX. Dengan parameter yang sama juga tidak ditemukan dampak radiasi pada kesehatan masyarakat yang tinggal di daerah dengan tingkat radiasi alam yang tinggi di Mamuju, Sulawesi Barat.

Pada tahun 2020–2024, studi efek sitogenetik dan perubahan DNA pada masyarakat yang menerima paparan radiasi alam tinggi di Mamuju akan dilanjutkan, ditambah dengan studi yang sama pada pekerja reaktor, tambang batu bara, industri migas, industri kimia, dan industri penerbangan komersial. Selain itu, direncanakan pula untuk melakukan penelitian terkait radioprotektor fitokimia di Indonesia.

## C. LITBANG KESELAMATAN KERJA DAN DOSIMETRI

Litbang keselamatan kerja dan dosimetri terdiri atas litbang pemantauan dosis radiasi eksternal perorangan, litbang pemantauan dosis radiasi internal, litbang dosimetri klinik, litbang perisai radiasi, litbang radiasi kosmik, dan litbang dosimetri radiasi dosis tinggi. Berbagai kegiatan litbang ini masih ada yang terus dilakukan, tetapi ada yang telah dihentikan karena tidak relevan dengan tugas dan fungsi PTKMR.

### 1. Litbang Pemantauan Dosis Radiasi Eksterna Perorangan

Dalam rangka meningkatkan kemampuan dalam memberikan pelayanan dosimetri eksternal, beberapa penelitian baik dalam pengembangan metode pemantauan, kalibrasi, dan evaluasi pemantauan dosis radiasi eksternal perorangan telah banyak dilakukan. Dosimeter perorangan yang diteliti adalah dosimeter yang digunakan untuk layanan pengukuran dosis radiasi beta, gamma dan neutron, yaitu dosimeter film dan TLD.

Selain itu juga dilakukan penelitian karakteristik terhadap berbagai dosimeter perorangan tersebut. Karakteristik yang dipelajari meliputi kebergantungan

sudut, kebergantungan energi, linieritas dosis, perbandingan respons antardosimeter, dan juga kepuccatan (*fading*) untuk dosimeter film.

Litbang pemantauan dosis radiasi eksternal perorangan juga telah menghasilkan kemampuan untuk memproduksi dosimeter TLD  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dalam bentuk serbuk dan gelas kapiler. Namun, kesulitan masih dialami dalam mencari perekat yang kuat untuk membuat TLD dalam bentuk *chip*, atau pil yang kecil. Proses menghapus data pengukuran sebelumnya, yang disebut sebagai *annealing*, memerlukan pemanasan hingga 400 °C, dan rancangan *chip* yang telah dibuat selama ini tidak kuat dan pecah saat dipanaskan dengan suhu tinggi tersebut.

Dilakukan juga penelitian mengenai karakteristik berbagai jenis dosimeter yang secara luas digunakan di Indonesia. Lingkup penelitiannya meliputi teknik kalibrasi, teknik evaluasi, identifikasi faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap hasil evaluasi, maupun interkomparasinya untuk menguji ketepatan hasil evaluasi dosis.

Berkaitan dengan makin populernya pemakaian dosimeter *optically stimulated luminescence* (OSL) sebagai dosimeter radiasi eksternal perorangan, penelitian terhadap karakteristik dosimeter ini telah dimulai sejak beberapa tahun yang lalu. Pada tahun 2020–2024 ini penelitian terkait dosimeter OSL akan difokuskan pada uji karakteristik untuk digunakan sebagai dosimeter perorangan, lingkungan dan medik, aplikasi dosimeter OSL dalam bentuk nanoDot, dan metode penentuan dosis lingkungan dan dosis lensa mata dengan dosimeter OSL dan nanoDot.

## 2. Litbang Pemantauan Dosis Radiasi Interna

Pemantauan dosis interna dilakukan terhadap para pekerja radiasi yang dalam melakukan kegiatannya berhubungan dengan sumber radiasi terbuka, atau mempunyai potensi masuknya zat radioaktif ke dalam tubuhnya. Program pemantauan radiasi interna dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan pengukuran langsung menggunakan alat pencacah sekujur (*whole body counter*, WBC), pengukuran langsung untuk organ tertentu seperti tiroid dan paru-paru, atau pemeriksaan sampel biologis dari dalam tubuh seperti *urine*, *faeces*, dan darah yang dikenal dengan istilah *bioassay*.

Litbang pemantauan dosis radiasi interna dengan alat WBC dilakukan antara lain dalam bentuk kalibrasi alat tersebut dengan berbagai sumber radiasi pemancar gamma yang bervariasi. Tujuannya untuk memperoleh kurva kalibrasi yang dapat digunakan untuk menentukan dosis radiasi akibat menerima dosis interna dari sumber radiasi gamma tertentu. Sementara itu, litbang pemantauan dosis

radiasi dengan teknik *bioassay* dilakukan untuk memperoleh metode yang tepat dalam mengukur tingkat radioaktif berbagai jenis radionuklida yang masuk ke dalam tubuh. Jenis radionuklida yang telah dipelajari termasuk tritium, uranium, dan  $^{90}\text{Sr}$ .

### 3. Litbang Dosimetri Klinik

Litbang dosimetri klinik, khususnya pada bidang radiodiagnostik, relatif baru dilaksanakan secara lebih tertata sejak tahun 2010. Pada tahun 2010–2014, dilakukan pengukuran dosis pasien yang menjalani pemeriksaan sinar-X diagnostik pada sebanyak 44 rumah sakit di seluruh Indonesia. Dengan jumlah pasien 1.489 orang, pemeriksaan dilakukan pada delapan jenis pemeriksaan untuk orang dewasa dengan 15 proyeksi, sementara untuk pasien anak dilakukan pada empat jenis pemeriksaan dengan delapan proyeksi. Hasil pengukuran ini kemudian digunakan untuk menyusun Tingkat Acuan Diagnostik (TAD), dengan TAD hasil pengukuran ternyata lebih rendah dari TAD yang secara legal ditetapkan oleh BAPETEN.

Pada tahun 2015–2019, dilakukan pengukuran dosis radiasi yang diterima pasien dan pekerja dari tindakan fluoroskopi dan intervensional. Berdasarkan Komite Ilmiah PBB untuk Efek Radiasi Atom (UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), tingkat dosis radiasi tersebut relatif cukup tinggi sehingga IAEA menyarankan agar setiap negara mengukur sendiri tingkat dosis radiasi di negara masing-masing.

Dari hasil pengukuran terhadap 291 orang pekerja radiasi (yang terdiri atas 147 dokter, 114 perawat, dan 30 radiografer) yang bekerja di 16 rumah sakit di Indonesia, diperoleh kesimpulan bahwa meskipun *percutaneous coronary intervention* (PCL) merupakan tindakan medis intervensi yang paling banyak dilakukan, dosis efektif terbesar diterima pekerja dari tindakan pemasangan pacu jantung. Sementara itu, dari 220 orang pasien yang diukur, kerma tertinggi diterima pasien dari tindakan *percutaneous transluminal coronary angioplasty* (PTCA) dan *kerma-area product* (KAP) tertinggi diterima dari tindakan *limb intervention*.

### 4. Litbang Perisai Radiasi

Litbang ini terkait dengan rencana Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA) BATAN Yogyakarta yang ingin membangun prototipe siklotron 13 MeV DECY, di mana PTKMR diminta untuk membuat disain perisai radiasinya. Meskipun prototipe siklotron tersebut belum dapat dibangun sesuai rencana, PTKMR telah membuat desain awal perisai dengan campuran beton K-500, parafin, dan timbal.

Dalam kaitan ini juga telah dilakukan uji coba pengukuran distribusi neutron dan radionuklida hasil aktivasi neutron di fasilitas siklotron 18 MeV IBA di rumah sakit MRCCC Siloam. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa spektrum neutron didominasi oleh neutron cepat dan neutron termal, meski radionuklida hasil aktivasi tidak terdeteksi.

## 5. Litbang Radiasi Kosmik

Radiasi kosmik diketahui memberikan dosis radiasi baik kepada awak pesawat maupun para penumpangnya. Makin tinggi posisi terbang pesawat, makin besar tingkat dosis radiasi kosmik yang diterima. Namun, tidak selamanya ketinggian pesawat memperbesar dosis radiasi yang diterima karena komposisi radiasi kosmik di atmosfer mengalami perubahan terus-menerus mengikuti siklus 11 tahunan aktivitas matahari.

PTKMR telah meneliti tingkat dosis radiasi yang diterima penumpang dengan menggunakan dosimeter D-Shuttle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis gamma dari radiasi kosmik sangat dipengaruhi oleh ketinggian pesawat dan jalur penerbangannya. Sementara itu, laju dosis maksimum terukur pada penumpang sebesar  $1,28 \mu\text{Sv/jam}$  untuk penerbangan dengan ketinggian 11,28 km, dan laju dosis minimum sekitar  $0,14 \mu\text{Sv/jam}$  untuk ketinggian pesawat 8,84 km.

## 6. Litbang Dosimetri Radiasi Dosis Tinggi

Dosimetri radiasi dosis tinggi diperlukan untuk kegiatan industri berbasis radiasi seperti sterilisasi produk dan pengawetan makanan. Saat PTKMR masih bernama PSPKR, pada akhir tahun 1980-an hingga tahun 1990-an, pernah melakukan penelitian pemanfaatan dosimeter untuk pengukuran dosis tinggi seperti dosimeter Fricke, perspex kuning, merah, bening, serta radiokromik. Demikian pula penelitian pemanfaatan fenomena TL (termoluminesensi) dari pasir kwarsa  $\text{SiO}_2$  sebagai dosimeter untuk dosis tinggi pernah dilakukan. Namun, penelitian ini sudah ditinggalkan karena sudah tidak relevan lagi dengan tugas dan fungsi PTKMR.

## D. LITBANG METROLOGI RADIASI

Litbang metrologi radiasi terdiri atas litbang kalibrasi alat ukur radiasi dan litbang standardisasi radionuklida. Kedua litbang ini merupakan jenis litbang tertua di PTKMR karena telah dilaksanakan sejak tahun 1981.

## 1. Litbang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi

Kalibrasi alat ukur radiasi merupakan kegiatan yang telah dilakukan sejak tahun-tahun awal berdirinya PTKMR saat masih bernama PDS. Penelitian awal dalam litbang kalibrasi alat ukur radiasi terkait karakteristik alat ukur radiasi yang saat itu banyak digunakan di lapangan dan meliputi kebergantungan sudut, kebergantungan energi, linieritas dosis dan perbandingan respons antardosimeter.

Pada tahun-tahun selanjutnya, litbang kalibrasi difokuskan pada penentuan metode kalibrasi untuk alat ukur radiasi lingkungan, detektor tipe sumur untuk brakiterapi, alat ukur radiodiagnostik, serta kalibrasi keluaran berbagai pesawat teleterapi, seperti pesawat *gamma knife*, LINAC megavoltage dengan lapangan kecil, LINAC tomoterapi, LINAC tanpa filter perata, dan pesawat brakiterapi. Selanjutnya, penelitian juga dilakukan untuk memperoleh metode kalibrasi alat pemantau tangan dan kaki yang banyak digunakan pada fasilitas radiasi yang memiliki potensi terjadinya kontaminasi. Selain itu, dilakukan penelitian tentang audit dosis menggunakan dosimeter OSL nanoDot untuk sumber radiasi  $^{137}\text{Cs}$  tingkat proteksi.

Kegiatan lain adalah menentukan metode kalibrasi alat identifier dan pengukuran hamburan neutron pada fasilitas kalibrasi surveymeter neutron. Identifier adalah salah satu jenis alat ukur radiasi (AUR) untuk memantau, mengukur paparan radiasi dalam besaran laju dosis ekuivalen ambien, dan untuk mengidentifikasi jenis radionuklida. Sementara itu, pengukuran hamburan neutron diperlukan untuk melakukan koreksi pada proses kalibrasi baik untuk perhitungan faktor kalibrasi maupun untuk perhitungan ketidakpastian kalibrasi.

Dalam fungsinya sebagai SSDL, PTKMR juga menyelenggarakan interkomparasi laboratorium dosimetri eksternal di Indonesia untuk besaran Hp(10), Hp(3), surveymeter, dan dosimeter saku perorangan. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja laboratorium dosimetri eksternal yang ada di Indonesia yang meliputi kompetensi sumber daya manusia, peralatan, dan metode pengukuran yang digunakan di Indonesia dalam melakukan kegiatan pengukuran dosis dalam besaran Hp(10), Hp(3), surveymeter, dan dosimeter saku perorangan. Kegiatan ini dilakukan rutin setiap tahun sejak 2012 dengan peserta dari tujuh laboratorium dosimeter eksternal tersier Kemenkes (BPFK dan LPFK) dan dua laboratorium BATAN (PTKMR dan PPIKSN).

## 2. Litbang Standardisasi Radionuklida

Standardisasi radionuklida adalah tindakan menentukan aktivitas radionuklida dengan menggunakan alat ukur radiasi standar. Sumber standar radionuklida juga berperan sebagai acuan dalam pengukuran atau untuk kalibrasi alat ukur radiasi.

Litbang standardisasi radionuklida telah mengembangkan berbagai metode pengukuran aktivitas secara absolut dengan metode koinsidensi  $4\pi\beta\gamma(\text{ps})$  pada cuplikan sumber radionuklida  $^{13}\text{N}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , dan  $^{137}\text{Cs}$  untuk keperluan pengukuran kandungan radioaktif di material tanah dan  $^{133}\text{Ba}$  serta  $^{60}\text{Co}$  aktivitas rendah guna mendapatkan nilai akurasi dan presisi yang lebih tinggi. Sementara itu, untuk sumber  $^{13}\text{N}$  dilakukan dengan menggunakan perangkat *dose calibrator* yang terkalibrasi. Selain itu, juga dilakukan litbang tentang metode standardisasi radionuklida  $^{68}\text{Ga}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , dan  $^{137}\text{Cs}$  dalam matriks air dan  $^{152}\text{Eu}$  aktivitas rendah.

Kegiatan lain terkait standardisasi radionuklida adalah uji profisiensi laboratorium di BATAN untuk pengukuran radiasi gamma. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja laboratorium yang meliputi kompetensi sumber daya manusia, peralatan, dan metode pengukuran yang digunakan di lingkungan BATAN dalam melakukan kegiatan pengukuran radioaktivitas, terutama sumber gamma  $^{152}\text{Eu}$  dengan aktivitas 100–500 Bq. Kegiatan ini dilakukan rutin setiap tahunnya.

Pada tahun 2019, jumlah peserta interkomparasi berjumlah 24 laboratorium dari 11 unit kerja di BATAN. Sebanyak 30 buah sumber pemancar gamma  $^{152}\text{Eu}$  dengan aktivitas 100–500 Bq dalam bentuk titik dipreparasi dengan menggunakan metode gravimetrik. Hasil interkomparasi cukup memuaskan, yaitu dengan perbedaan hasil pengukuran radioaktivitas sumber pemancar gamma  $^{152}\text{Eu}$  antara laboratorium peserta dengan PTKMR di bawah 5% sebanyak 9 laboratorium, di bawah 10% sebanyak 12 laboratorium, dan di atas 10% sebanyak 3 laboratorium.

## E. PUBLIKASI ILMIAH

Jika diperhitungkan sejak PDS dibentuk pada tahun 1981, sudah ratusan bahkan ribuan publikasi ilmiah yang telah ditulis dan disebarluaskan oleh staf unit kerja PTKMR. Publikasi ilmiah ini ditulis baik oleh staf yang menjadi pejabat fungsional peneliti maupun oleh pejabat fungsional lain seperti pranata nuklir, teknisi litkayasa, atau pengawas radiasi.

Untuk fungsional peneliti, sampai sekitar tahun 1990-an, kriteria atau klasifikasi media tempat menulis masih cukup longgar sehingga angka kredit yang diper-

oleh cukup dari karya tulis yang dipublikasikan di dalam negeri. Namun, dengan berjalannya waktu, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sebagai instansi pembina jabatan fungsional peneliti menerapkan klasifikasi media yang ketat, yaitu karya tulis yang dimuat di media yang terindeks global, terutama di Scopus, mendapat angka kredit yang lebih tinggi.

Lampiran 4 memberikan daftar publikasi ilmiah yang diterbitkan oleh staf PTKMR sejak tahun 2017 hingga semester pertama 2020, dan dikelompokkan berdasar jenis publikasinya, yaitu jurnal internasional, jurnal nasional terakreditasi, prosiding pertemuan ilmiah internasional dan regional, prosiding pertemuan ilmiah nasional, jurnal nasional belum terakreditasi, dan buku. Pembatasan pencantuman hanya publikasi yang terbit sejak tahun 2017 dilakukan semata-mata atas dasar kemutakhiran data. Sebagian besar publikasi ilmiah merupakan keluaran dari kegiatan PTKMR yang tercantum dalam Renstra 2015–2019, dengan tambahan publikasi ilmiah dari staf PTKMR yang sedang studi lanjutan S2 dan S3, dan beberapa publikasi hasil kajian serta pengalaman lapangan.

# Bab 4

## Kegiatan Layanan

Kegiatan layanan yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) telah dimulai sejak unit kerja ini masih bernama Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS). Layanan pertama yang dilakukan PDS adalah layanan pemantauan dosis radiasi perorangan bagi pekerja radiasi, yang kemudian perlahan-lahan berkembang seiring dengan makin beragamnya kegiatan yang dilakukan oleh PDS dan unit kerja penerusnya. Kegiatan ini selanjutnya dilaksanakan secara terpadu oleh Laboratorium PTKMR BATAN. Gambar 4.1 memperlihatkan meja pelayanan Laboratorium PTKMR BATAN untuk menerima sampel dari pelanggan, sedangkan Gambar 4.2 memperlihatkan alur layanan terpadu yang dilaksanakan oleh Laboratorium PTKMR BATAN.



**Gambar 4.1** Meja Pelayanan Laboratorium PTKMR BATAN

Kegiatan layanan yang akan diuraikan pada Bab 4 diberikan dengan urutan kegiatan di bidang radioekologi, teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi, keselamatan kerja dan dosimetri, dan metrologi radiasi. Urutan ini sama dengan urutan untuk uraian kegiatan penelitian dan pengembangan pada Bab 3.



Sumber: Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (2021)

**Gambar 4.2** Alur Layanan Terpadu PTKMR BATAN

## A. LAYANAN RADIOEKOLOGI

Kegiatan layanan terkait radioekologi yang pertama kali dilakukan dapat dikatakan sebagai berkah tersamar dari kecelakaan yang terjadi pada tanggal 26 April 1986 pada PLTN Chernobyl yang berada di Kiev, Ukraina. Bahan radioaktif yang tersebar ke atmosfer menyebabkan hampir semua negara di dunia khawatir akan menerima konsekuensi dari bahan radioaktif yang mungkin dapat masuk ke negara mereka masing-masing.

Indonesia merespons kejadian ini dengan menerbitkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 00474/B/II/87 Tahun 1987 tentang Keharusan Menyertakan Sertifikat Kesehatan dan Sertifikat Bebas Radiasi untuk Makanan Impor. Dalam Keputusan Menteri Kesehatan ini, yang dimaksud dengan sertifikat kesehatan adalah surat keterangan yang menyatakan bahwa makanan aman atau layak dikonsumsi manusia dan diizinkan beredar di negara yang bersangkutan, sedangkan sertifikat bebas radiasi adalah surat keterangan yang menyatakan makanan tidak mengandung cemaran radioaktif melebihi batas yang tercantum pada lampiran. Tabel 4.1 memberikan lampiran Keputusan Menteri Kesehatan tersebut yang berisi jenis makanan dan maksimum cemaran radioaktif yang dikandungnya.

**Tabel 4.1** Jenis Makanan yang Diharuskan Disertai dengan Sertifikat Bebas Radiasi dan Batas Cemarannya

<b>Jenis Makanan yang Diharuskan Disertai dengan Sertifikat Bebas Radiasi dan Batas Cemarannya</b>	
<b>Jenis Makanan</b>	<b>Maksimum Cemaran Radioaktif dalam Makanan Siap Dikonsumsi (Bq/kg)</b>
	Cs-137
Susu dan hasil produk susu	150
Buah dan sayuran segar maupun yang terolah	300
Ikan dan hasil laut lainnya segar maupun terolah	100
Daging dan produk daging	100
Air mineral	150
Serealia, termasuk tepung jagung dan barley	300

Sumber: Kepmenkes No. 00474/B/II/87 (1987)

Setelah diadakan koordinasi antara Departemen Kesehatan dengan Badan Tenaga Atom Nasional, Keputusan Menteri Kesehatan di atas ditindaklanjuti dengan penerbitan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor HK 008 08/01/DJ/1988 tentang Penetapan Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi sebagai unit kerja yang berwenang melakukan pemeriksaan cemaran radiasi pada makanan.

Pada Keputusan Direktur Jenderal BATAN tersebut dinyatakan pula bahwa khusus untuk makanan impor, PSPKR hanya melakukan pemeriksaan makanan atas permintaan Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, Departemen Kesehatan. Sementara itu, untuk pemeriksaan produksi dalam negeri yang tidak akan diekspor, PSPKR dapat melimpahkan wewenang pemeriksaan

cemaran radiasi pada makanan kepada Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta dan Pusat Penelitian Teknik Nuklir.

Menyusul kejadian kecelakaan PLTN Fukushima di Jepang pada tahun 2011, pemerintah merespons dengan cara yang hampir sama terkait sertifikat bebas radioaktif. Namun, kali ini Kementerian Pertanian yang mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 20/Permentan/Ot.140/3/2011 tentang Pengawasan Keamanan Pangan Segar Asal Hewan dan/atau Pangan Segar Asal Tumbuhan dari Negara Jepang terhadap Kontaminasi Zat Radioaktif.

Pada Pasal 1 Ayat (1) Peraturan Menteri Pertanian tersebut dinyatakan bahwa pemasukan pangan segar asal hewan dan/atau pangan segar asal tumbuhan dari negara Jepang, harus disertai sertifikat bebas radioaktif (*non radioactivity certificate*). Selanjutnya, Pasal 3 menyatakan antara lain bahwa apabila pemasukan pangan segar asal hewan dan/atau pangan segar asal tumbuhan tidak disertai sertifikat bebas radioaktif, dilakukan pengujian oleh laboratorium Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi BATAN.

Setelah mengalami perubahan beberapa kali, Peraturan Menteri Pertanian Nomor 20/Permentan/Ot.140/3/2011 diganti dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 05 Tahun 2020. Pada lampiran II Permentan ini, diberikan batas maksimum kontaminasi radioaktif pada jenis pangan segar asal hewan (PSAH) dan pangan segar asal tumbuhan (PSAT) seperti terlihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Batas Maksimum Kontaminasi Radioaktif pada Jenis PSAH dan PSAT

No.	Jenis PSAH/PSAT	Batas maksimum kontaminasi radioaktif (Bq/kg) untuk Cs-137
1.	Daging dan produk daging	500
2.	Sereal, termasuk tepung jagung dan barley	500
3.	Buah dan sayuran segar	500
4.	Susu dan olahannya	150
5.	Pangan lainnya	500

Sumber: Permentan No. 5 (2020)

Seperti terlihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  digunakan sebagai parameter terjadinya kontaminasi atau tidak. Radionuklida ini dipilih karena waktu paruhnya yang panjang—selama 30 tahun—menyebabkannya akan tetap berada di bahan yang terkontaminasi dalam jangka waktu yang lama.

## B. LAYANAN TEKNIK NUKLIR KEDOKTERAN DAN BIOLOGI RADIASI

Layanan terkait teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi adalah layanan pemeriksaan kedokteran nuklir *in vitro* dan *in vivo*. Layanan pemeriksaan kedokteran nuklir *in vitro* meliputi antara lain pemeriksaan tumor marker CEA, PSA atau CA125, pemeriksaan hormon tiroid T3, T4, T3 uptake, FT4, dan TSHs, dan pemeriksaan hormon reproduksi FSH, LH, prolaktin, estradiol, progesteron, dan testoteron, sementara pemeriksaan *in vivo* umumnya dilakukan menggunakan radionuklida  $^{99m}\text{Tc}$  untuk prosedur *bone scan*, *thyroid scan*, *lung scan*, *liver scan*, limfosintigrafi, dan *cardiac scan*.

PTKMR juga sudah mampu melakukan pelayanan pemeriksaan aberasi kromosom sebagai dosimeter biologik untuk menentukan dosis radiasi yang diterima seseorang dengan akurasi yang lebih tinggi dibanding dengan dosimeter fisik seperti TLD atau OSLD. Namun, keakuratan teknik hanya untuk situasi penerimaan dosis radiasi tinggi seperti akibat kecelakaan radiasi. Karena itu, layanan ini belum memiliki pelanggan mengingat kejadian kecelakaan radiasi amat sangat jarang terjadi, dan bahkan sebenarnya tidak perlu terjadi.

## C. LAYANAN KESELAMATAN KERJA DAN DOSIMETRI

Layanan keselamatan kerja dan dosimetri terdiri atas layanan pemantauan dosis radiasi perorangan, uji kesesuaian pesawat sinar-X, dan beberapa layanan lain seperti uji kelayakan kamera radiografi dan uji tingkat radiasi atau tingkat kontaminasi. Dua layanan pertama merupakan layanan yang rutin diminta oleh pelanggan, sedangkan layanan lainnya merupakan layanan yang sewaktu-waktu diminta pelanggan.

### 1. Pemantauan Dosis Perorangan

Sebelum PDS resmi terbentuk tahun 1981, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi yang lebih dahulu berdiri telah melakukan layanan pemantauan dosis radiasi perorangan. Setelah PDS terbentuk, kegiatan layanan ini dialihkan ke PDS sesuai dengan tugas yang diberikan dalam Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 31/DJ/13/IV/1981.

Pelayanan pemantauan dosis radiasi perorangan awalnya dilakukan dengan menggunakan dosimeter film Kodak tipe 2 dengan *holder* universal buatan Chiyoda, Jepang (Gambar 4.3). Dosimeter film ini digunakan hanya untuk mengukur dosis radiasi dari sumber beta dan gamma. Pelanggan awal dari kalangan industri

antara lain PT Multi Bintang Indonesia, PT DOW Chemical Indonesia, PT Video Display Glass Indonesia, dan PT Fajar Mas Murni, sementara dari kalangan instansi kesehatan adalah Rumah Sakit Kebon Jati di Bandung.



**Gambar 4.3** Dosimeter Film Kodak Tipe 2 (Kanan) dengan Holder Universal Buatn Chiyoda (Kiri)

Tidak lama setelah pelayanan dengan dosimeter film Kodak tipe 2 dilakukan, sebuah perusahaan swasta yang bergerak di bidang eksplorasi minyak, PT Schlumberger Indonesia, meminta layanan dosis radiasi perorangan untuk neutron. Permintaan ini dilakukan mengingat kegiatan perusahaan ini memanfaatkan sumber neutron cepat Am-Be untuk keperluan *logging*. Untuk memenuhi permintaan ini, PDS menambah jenis layanannya dengan dosimeter film Kodak tipe A yang dirancang untuk memantau dosis radiasi dari neutron cepat.

Seperti halnya film foto yang lain, dosimeter film harus melalui suatu proses pencucian yang meliputi pengembangan dan fiksasi agar kehitaman yang terjadi akibat penyinaran radiasi tidak berubah. Gambar 4.4 memperlihatkan salah seorang staf PDS yang sedang melakukan proses pencucian dosimeter film.

Penentuan dosis radiasi yang diterima baik oleh film Kodak tipe 2 maupun Kodak tipe A dilakukan dengan mengukur kehitaman film dengan menggunakan alat baca film atau densitometer. Tebal kehitaman yang terjadi sebanding dengan jumlah dosis radiasi yang diterima. Gambar 4.5 memperlihatkan salah seorang staf PDS sedang melakukan kegiatan pengukuran kehitaman dosimeter film tersebut dengan alat densitometer.



**Gambar 4.4** Proses Pencucian Dosimeter Film



**Gambar 4.5** Densitometer untuk Mengukur Kehitaman Film Dosimeter

Seiring dengan berkembangnya pemakaian dosimeter termoluminesensi (TLD) untuk pemantauan dosis radiasi perorangan, sejak tahun 1982 PDS juga menggunakan dosimeter ini pada layanannya. Untuk pemantauan dosis radiasi dari sumber pemancar sinar beta dan sinar gamma, TLD yang digunakan adalah TLD Harshaw tipe BG-1, sedangkan untuk pemantauan dosis radiasi dari sumber neutron dan gamma digunakan TLD Harshaw tipe NG-67. Bentuk fisik TLD tipe BG-1 dan tipe NG-67 ini relatif sama (Gambar 4.6), sedangkan alat baca TLD (TLD reader) yang digunakan adalah TLD Reader Model 2000A dan 2000B buatan Harshaw (Gambar 4.7).



**Gambar 4.6** Dosimeter Termoluminesensi (TLD) Buatan Harshaw, USA



**Gambar 4.7** TLD Reader Model 2000A dan 2000B Buatan Harshaw

Dengan diterimanya PDS sebagai anggota Jaringan SSDL IAEA/WHO pada tahun 1984, Dirjen BATAN kemudian mengeluarkan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 78/DJ/V/1984 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi, Pengukuran Keluaran Sumber Radiasi, dan Fasilitas Kalibrasi. Dalam Keputusan Dirjen BATAN ini diatur mengenai kewajiban kalibrasi dan pengukuran, tingkat dan kewajiban fasilitas kalibrasi, dan sertifikat kalibrasi dan tanda kalibrasi. Dengan dasar Keputusan Dirjen BATAN ini, seluruh alat ukur radiasi di Indonesia harus dikalibrasi sekurang-kurangnya satu tahun sekali dan keluaran sumber radiasi terapi diukur sekurang-kurangnya dua tahun sekali.

Pada PP Nomor 16 Tahun 2001 terdapat tarif untuk layanan analisis film monitor gamma dan monitor neutron yang pada Keputusan Dirjen BATAN sebelumnya tidak diatur. Namun, perlu diketahui bahwa P3KRBiN hanya melakukan kegiatan layanan penyediaan dosimeter film dan menganalisis hasil bacaannya, sedangkan *holder* dosimeter filmnya tidak disediakan dan pelanggan diminta menyediakannya sendiri.

## 2. Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X

Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah serangkaian kegiatan pengujian untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X dalam kondisi andal. Uji kesesuaian pertama kali diatur dalam Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Dengan mempertimbangkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, Perka BAPETEN tersebut dicabut dan dinyatakan tidak berlaku lagi, dan digantikan dengan Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2018 tentang subjek yang sama.

PTKMR telah memberikan layanan uji kesesuaian pesawat sinar-X ini tidak lama setelah Perka BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 diberlakukan. Saat ini PTKMR mampu melakukan uji kesesuaian pada semua jenis pesawat sinar-X yang harus diuji sesuai dengan Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2018 tersebut, yaitu pesawat sinar-X radiografi umum, pesawat sinar-X fluoroskopi, pesawat sinar-X mamografi, pesawat sinar-X CT-Scan, dan pesawat sinar-X gigi. Gambar 4.8 dan 4.9 masing-masing memperlihatkan contoh kegiatan uji kesesuaian yang dilakukan pada pesawat CT-Scan dan pesawat sinar-X gigi panoramik.



**Gambar 4.8** Kegiatan Uji Kesesuaian Pesawat CT-Scan



**Gambar 4.9** Kegiatan Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Gigi Panoramik

### 3. Kegiatan Layanan Lainnya

Selain kedua jenis layanan yang rutin dilaksanakan di atas, layanan dalam lingkup keselamatan kerja dan dosimetri meliputi pula layanan uji kelayakan kamera radiografi, uji tingkat radiasi daerah kerja atau pada bahan uji, uji tingkat kontaminasi daerah kerja atau benda uji, uji perisai radiasi, dan konsultasi ketebalan dinding fasilitas radiasi medik. PTKMR juga memiliki fasilitas uji bungkusan radioaktif yang agak terbengkalai karena tidak ada permintaan pengujian dalam waktu yang lama. Namun, sesuai kebutuhan, fasilitas tersebut akan direvitalisasi dan difungsikan kembali pada tahun 2020.

## D. LAYANAN METROLOGI RADIASI

Seperti halnya litbang, layanan metrologi radiasi juga terdiri atas layanan kalibrasi alat ukur radiasi dan layanan standarisasi radionuklida. Layanan kalibrasi merupakan layanan yang sangat penting karena berkaitan dengan persyaratan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion oleh BAPETEN, sedangkan layanan standarisasi radionuklida sering diminta oleh rumah sakit yang perlu mengetahui dengan pasti, besar radioaktivitas yang akan digunakan pada kedokteran nuklir.

### 1. Layanan Kalibrasi Alat Ukur Radiasi

Kalibrasi alat ukur radiasi merupakan salah satu jenis layanan yang juga telah dilakukan sejak unit kerja masih bernama PDS. Layanan yang diberikan tidak terbatas kalibrasi alat ukur radiasi surveymeter beta dan gamma, tetapi juga kalibrasi dosimeter perorangan—baik yang masih manual maupun elektronik, kalibrasi monitor kontaminasi, dan kalibrasi monitor area terpasang tetap. Selain itu, dilakukan pula layanan kalibrasi dosimeter tingkat proteksi dan terapi.

Untuk memenuhi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 Tahun 2006, Laboratorium PTKMR saat ini juga melakukan layanan pengukuran luaran sumber radiasi terapi, meliputi brakiterapi, teleterapi  $^{60}\text{Co}$ , *gamma knife*  $^{60}\text{Co}$ , pemercepat linier medik foton (LINAC *Photon*), pemercepat linier medik foton tanpa filter perata (FFF, *free flattening filter*), tomoterapi, dan pemercepat linier medik elektron.

### 2. Layanan Standardisasi Radionuklida

Layanan standarisasi radionuklida diberikan kepada instansi pemilik sumber radionuklida yang tidak mengetahui dengan pasti berapa besar aktivitas sumber yang dimilikinya, atau sertifikat yang menyatakan besar aktivitasnya hilang. Selain itu, PTKMR juga memberikan layanan pembuatan sumber radionuklida yang akan digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain sebagai sumber pengecek. Di samping memberikan layanan standarisasi radionuklida, Laboratorium PTKMR juga menyediakan layanan kalibrasi alat ukur aktivitas seperti *dose calibrator*, *portal monitor*, *well gamma*, *stack monitor*, dan *area monitor*.

## E. KLINIK PTKMR

Layanan yang diberikan Klinik PTKMR merupakan layanan terakhir yang masuk ke dalam layanan PNPB dari PTKMR. Klinik PTKMR dapat melaksanakan kegiatan sebagai berikut:

- 1) pelaksanaan pelayanan kesehatan yang bersifat promotif, preventif, dan kuratif kepada pegawai;

- 2) pelaksanaan pemantauan dan pemeriksaan kesehatan berkala pegawai/pekerja radiasi;
- 3) pelaksanaan pelayanan administrasi kesehatan pekerja radiasi;
- 4) pelaksanaan kesiapsiagaan dan penanggulangan medik dalam kecelakaan radiasi/nonradiasi; dan
- 5) pelayanan pemeriksaan penunjang diagnostik.

## F. REKAPITULASI LAYANAN

Tabel 4.3 memperlihatkan rekapitulasi layanan PTKMR selama tahun 2016–2019. Untuk layanan sertifikasi bebas radioaktif, layanan pemeriksaan kedokteran nuklir in vitro dan in vivo, layanan kalibrasi alat ukur radiasi, dan layanan standardisasi radionuklida, jumlah layanan diberikan dalam jumlah sertifikat yang dikeluarkan. Sementara itu, untuk layanan keselamatan kerja dan proteksi radiasi, layanan uji kesesuaian pesawat sinar X dan layanan pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi, jumlah layanan diberikan dalam jumlah laporan hasil uji atau hasil pemeriksaan.

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Layanan PTKMR Tahun 2016–2019

No.	Jenis layanan	Jumlah layanan			
		2016	2017	2018	2019
1.	Layanan sertifikasi bebas radioaktif	1.719	1.820	2.210	2.350
2.	Layanan pemeriksaan kedokteran nuklir in vitro dan in vivo	295	81	132	325
3.	Layanan keselamatan kerja dan proteksi radiasi	8.513	6.151	3.003	3.432
4.	Layanan uji kesesuaian pesawat sinar-X	157	143	146	107
5.	Layanan kalibrasi alat ukur radiasi, dosimetri, dan pesawat terapi	4.561	5.565	6.062	6.746
6.	Layanan standardisasi radionuklida	86	99	134	130
7.	Layanan pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi	30	556	621	967

Sumber: Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (2017, 2018, 2019, 2020)

## G. TARGET DAN REALISASI PNBPN PTKMR

Tabel 4.4 memberikan rekapitulasi target dan realisasi penerimaan PNBPN (Penerimaan Negara Bukan Pajak) PTKMR pada tahun 2011–2019. Persentase penerimaan hampir seluruhnya di atas 80% dan bahkan dalam beberapa tahun tertentu melampaui 100%. Pengecualian terjadi pada tahun 2018 yang hanya

76,34% karena adanya penurunan pelanggan di tahun tersebut akibat restrukturisasi administrasi pelayanan yang dilakukan.

**Tabel 4.4** Target dan Realisasi Penerimaan Negara Bukan Pajak PTKMR Tahun 2011–2019

No.	Tahun	Target Penerimaan (Rp)	Realisasi (Rp)	% Penerimaan
1.	2011	2.541.575.000	3.803.922.500	149,67
2.	2012	3.153.933.000	4.246.567.738	134,64
3.	2013	4.031.453.000	4.843.518.500	120,14
4.	2014	7.730.060.000	6.219.062.500	80,45
5.	2015	7.730.060.000	6.645.950.000	85,98
6.	2016	7.825.985.000	7.627.394.000	97,46
7.	2017	7.000.000.000	7.866.309.000	112,38
8.	2018	7.697.900.000	5.876.359.000	76,34
9.	2019	7.300.000.000	8.463.620.500	115,94

Sumber: Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020)

## H. TEMU PELANGGAN

Kepuasan pelanggan adalah hal yang paling utama dalam setiap pelayanan di PTKMR. Hal inilah yang menjadi latar belakang terselenggaranya acara Temu Pelanggan PTKMR untuk meningkatkan mutu layanan kepada pelanggan yang dilaksanakan setiap tahun. Tujuan dari acara temu pelanggan ini adalah untuk membangun sinergi antara PTKMR dengan pelanggan dalam rangka meningkatkan mutu layanan dan memberikan informasi terkait layanan serta meningkatkan kemitraan antara PTKMR, pelanggan, dan pemangku kepentingan lainnya. Selain itu, tujuan lainnya adalah untuk mendapatkan masukan dari pelanggan PTKMR, karena dengan masukan dari pelanggan terhadap layanan PTKMR, PTKMR dapat melaksanakan peningkatan mutu layanan terhadap pelanggan.

Kegiatan temu pelanggan diawali dengan presentasi perkembangan terbaru layanan, diikuti dengan tanya jawab antara penanggung jawab dengan pelanggan, dan diakhiri dengan kunjungan lapangan ke Laboratorium PTKMR. Gambar 4.10 memperlihatkan suasana ruangan saat dilakukan presentasi perkembangan terbaru layanan pada acara temu pelanggan pada tahun 2016, sementara Gambar 4.11 memperlihatkan suasana bagaimana semua penanggung jawab duduk menghadap para pelanggan untuk menjawab pertanyaan pada acara temu pelanggan tahun 2017.



**Gambar 4.10** Acara Temu Pelanggan Layanan PTKMR Tahun 2016



**Gambar 4.11** Acara Temu Pelanggan Layanan PTKMR Tahun 2017

Temu pelanggan PTKMR sudah diselenggarakan sejak 2009 dengan mengundang sekitar 150 pelanggan dari luar BATAN (perusahaan, rumah sakit, klinik, dan institusi pendidikan) dan 50 pelanggan dari lingkungan BATAN. Agenda utama temu pelanggan PTKMR ini adalah sosialisasi terkait perkembangan pelayanan PTKMR dan diskusi/tanya jawab dengan pelanggan dengan tujuan untuk mendapatkan masukan dari pelanggan PTKMR. Dengan masukan dari pelanggan terhadap layanan PTKMR, PTKMR dapat melaksanakan peningkatan mutu layanan terhadap pelanggan.

Selain kegiatan utama tersebut, PTKMR melaksanakan survei kepuasan pelanggan dengan mendistribusikan kuesioner tingkat kepuasan pelanggan dengan berbagai cara seperti kuesioner elektronik bagi pelanggan yang datang ke PTKMR atau dengan mengirimkan kuesioner kepada pelanggan. Setelah kuesioner tersebut terisi, PTKMR melakukan evaluasi kepuasan pelanggan berdasarkan PermenPAN-RB No. 14 Tahun 2017 tentang Pedoman Penyusunan Survei Kepuasan Masyarakat Unit Penyelenggara Pelayanan Publik dan Peraturan Kepala BATAN Nomor 13 Tahun 2017 tentang Standar Pelayanan Publik.

Hasil evaluasi kepuasan pelanggan dituangkan dalam Indeks Kepuasan Pelanggan (IKP) yang nilainya dibagi dalam empat kategori, yaitu berkinerja sangat baik (nilai 3,26–4,00); baik (nilai 2,51–3,25); kurang baik (nilai 1,76–2,50); dan tidak baik (nilai 1,00–1,75). Tabel 4.5 memperlihatkan IKP untuk layanan PTKMR untuk tahun 2016–2019.

**Tabel 4.5** Indeks Kepuasan Pelanggan Tahun 2016–2019

2016		2017		2018		2019	
Target	Realisasi	Target	Realisasi	Target	Realisasi	Target	Realisasi
3,10	3,18	3,15	3,61	3,20	3,57	3,20	3,38

Sumber: Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (2017, 2018, 2019, 2020)

Selain tingkat kepuasan pelanggan, PTKMR juga mendapatkan masukan-masukan dari pelanggan baik secara tertulis maupun lisan pada saat acara temu pelanggan dilaksanakan. Beberapa masukan adalah bahwa layanan diharapkan lebih ditingkatkan, kemudahan komunikasi dengan pelanggan lebih baik, keramahan petugas ditingkatkan. PTKMR akan segera menindaklanjuti hasil dari diskusi dan tanya jawab antara pelanggan dengan PTKMR untuk meningkatkan pelayanan kepada pelanggan.

## I. KOMPETISI LAYANAN PUBLIK *OPEN GOVERNMENT* INDONESIA

Pada tahun 2012, Laboratorium PTKMR mengikuti Kompetisi Layanan Publik yang diselenggarakan oleh *Open Government* Indonesia (Unit Kerja Presiden bidang Pengawasan dan Pengendalian Pembangunan, UKP4) selama tiga bulan pada 10 April–10 Agustus 2012. Selama kompetisi berlangsung, Laboratorium PTKMR telah melaksanakan serangkaian usaha perbaikan dan perubahan untuk meningkatkan layanan kepada publik. Usaha yang telah dilakukan Laboratorium PTKMR, antara lain di bawah ini.

- 1) Laboratorium PTKMR menyelenggarakan Temu Pelanggan pada tanggal 10 Mei 2012 yang telah diikuti oleh sekitar 100 peserta/pelanggan dari berbagai industri/perusahaan yang selama ini memanfaatkan jasa Laboratorium PTKMR. Beberapa umpan balik dari pelanggan yang bermanfaat untuk peningkatan mutu layanan telah diinventarisasi dan secara bertahap ditindaklanjuti sesuai dengan kondisi yang memungkinkan untuk diperbaiki.
- 2) Laboratorium PTKMR memudahkan akses bagi pelanggan untuk berinteraksi dengan Laboratorium PTKMR. Untuk ini Laboratorium PTKMR telah mengembangkan sistem layanan *online* melalui "*track and trace*", membuka akun di media sosial seperti facebook dan twitter untuk menampung pengaduan masyarakat, memperbaiki saluran telepon layanan yang rusak, akses melalui google map, menempatkan Laboratorium PTKMR pada nomor pertama di halaman pertama *Google search engine*, memasang papan nama di pintu gerbang, membuat *banner*, dan lain-lain.
- 3) Laboratorium PTKMR menerapkan prosedur mutu dalam layanan publik.

Dari usaha tersebut di atas, Laboratorium PTKMR memperoleh hasil sebagai berikut.

- 1) Laboratorium PTKMR termasuk dalam lima besar Layanan Publik Populer karena masuk ke dalam lima layanan publik terbanyak yang dipilih oleh masyarakat. Atas hasil ini, Laboratorium PTKMR diberi kesempatan untuk

*on-air* di RRI pada tanggal 12 Juli 2012. *On-air* di RRI diwakili oleh Dr. Susilo Widodo, Kepala PTKMR yang juga merupakan Kepala Laboratorium PTKMR.

- 2) Laboratorium PTKMR termasuk dalam 20 besar Layanan Publik Terprogresif. Atas hasil ini, Laboratorium PTKMR diundang ke Istana Wakil Presiden dalam Acara Penganugerahan Layanan Publik Terprogresif oleh Wakil Presiden.

## J. TARIF LAYANAN

Kegiatan layanan kalibrasi dan pengukuran yang dilakukan PDS memiliki tarif yang diatur dalam Keputusan Dirjen BATAN Nomor 32/DJ/III/1985. Pungutan yang diperoleh dari tarif tersebut ditetapkan menjadi penerimaan negara, atau yang saat ini dikenal sebagai Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP). Satu tahun kemudian, besar tarif pelayanan tersebut diubah dengan Keputusan Dirjen BATAN Nomor 23/DJ/III/86 tentang Pungutan Pelayanan oleh Pusat Dosimetri dan Standardisasi. Tabel 4.6 meunjukkan besar tarif pungutan layanan yang diberikan PDS saat itu.

**Tabel 4.6** Tarif Pungutan Pelayanan Pusat Dosimetri dan Standardisasi BATAN

No.	Jenis pelayanan	Tarif	Jumlah	Keterangan
1.	Pelayanan kalibrasi:			
	- Kalibrasi survey meter	Rp15.000,00	per buah	
	- Kalibrasi dosimeter saku	Rp7.500,00	per buah	
2.	Pelayanan pengukuran keluaran sumber radiasi	*)	-	*) Besarnya biaya/tarif berdasarkan jumlah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk pelayanan pengukuran keluaran sumber radiasi

Sumber: Kepdirjen BATAN No. 23/DJ/III/86 (1986)

Dengan adanya tugas tambahan pemeriksaan kandungan radioaktif pada bahan makanan, Keputusan Direktur Jenderal BATAN terkait pungutan pelayanan oleh PSPKR direvisi dengan Keputusan Direktur Jenderal BATAN Nomor 608/DJ/XII/1993 tentang Pungutan Pelayanan oleh Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi. Tarif atas layanan kalibrasi dan sertifikat bebas radiasi komoditi ekspor/impor yang dilakukan oleh PSPKR ditambahkan pada Keputusan Dirjen BATAN tahun 1993 tersebut.

Dalam perkembangan lebih lanjut, pada tahun 1997, terbit Undang-Undang Nomor 20 Tahun 1997 tentang Penerimaan Negara Bukan Pajak. Salah satu peraturan pelaksanaan dari UU Nomor 20 Tahun 1997 tersebut adalah Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2001 tentang Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional. Dengan demikian, besar tarif pungutan layanan tidak lagi ditetapkan oleh Direktur Jenderal BATAN atau Kepala BATAN seperti nomenklatur yang disebutkan pada Keputusan Presiden Nomor 197 Tahun 1998, tetapi langsung oleh pemerintah.

Pada tahun 2005, jenis dan tarif atas jenis penerimaan negara bukan pajak yang berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional kembali diubah dengan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 77 Tahun 2005. Pada tahun ini nama P3KRBiN juga telah diubah menjadi PTKMR. Pada PP ini diatur pula bahwa tarif yang berlaku antara lain, kalibrasi, tidak termasuk biaya transportasi, akomodasi, dan asuransi. Namun, tarif yang berlaku untuk layanan yang diberikan oleh PTKMR masih sama dengan tarif yang diberlakukan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2001. Tarif yang berubah adalah tarif yang berlaku untuk layanan yang diberikan oleh unit kerja lain yang masih dalam lingkungan BATAN.

Dengan berkembangnya kegiatan dan kemampuan PTKMR, layanan yang dapat diberikan juga makin bervariasi. Jenis radionuklida yang dapat diukur untuk keperluan sertifikasi bebas radiasi komoditi ekspor/impор juga makin bertambah. Demikian juga klinik PTKMR sudah bisa melayani masyarakat untuk keperluan *medical check up*.

Dengan kondisi demikian dan juga dengan kemampuan melakukan layanan dari unit kerja lain yang makin banyak, Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2005 direvisi menjadi Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2008 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional. Dalam PP ini diatur pula bahwa tarif atas jenis pelayanan tertentu, antara lain jasa kalibrasi, tidak termasuk biaya konsumsi, transportasi, akomodasi, dan/atau asuransi. Biaya konsumsi, transportasi, akomodasi, dan/atau asuransi dibebankan kepada wajib bayar.

Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2008 selanjutnya dicabut dan diganti dengan Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2011. Seperti pada PP sebelumnya, pada PP Nomor 29 Tahun 2011 juga ditetapkan bahwa tarif atas jenis PNBP tidak termasuk biaya transportasi, akomodasi, dan/atau asuransi, tetapi dibebankan kepada wajib bayar

Pada tahun 2019, kembali terjadi penyesuaian jenis dan tarif atas jenis penerimaan negara bukan pajak yang berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional melalui Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2019. Seperti dalam PP sebelumnya, dalam PP Nomor 8 Tahun 2019 ini juga diatur bahwa tarif tidak termasuk biaya transportasi, akomodasi, dan/atau asuransi. Biaya ini dibebankan kepada wajib bayar sesuai peraturan perundang-undangan.

Ketentuan lain yang baru adalah dalam hal terjadi kondisi tertentu, BATAN dapat mengenakan tarif sebesar Rp0,00 (nol rupiah). Ketentuan mengenai kondisi tertentu diberikan oleh Peraturan BATAN Nomor 3 Tahun 2020 tentang Persyaratan dan Tata Cara Pengenaan Tarif Penerimaan Negara Bukan Pajak terhadap pihak tertentu dan kondisi tertentu. Tabel 4.7 memberikan tarif untuk layanan yang diberikan oleh PTKMR berdasar Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2019.

**Tabel 4.7** Tarif untuk Layanan yang Diberikan oleh PTKMR BATAN

Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak	Satuan	Tarif (Rp)
I. Jasa Kalibrasi		
A. Alat ukur paparan radiasi		
1. Surveymeter	per alat	500.000,00
2. Area monitor radiasi gamma in situ	per buah	750.000,00
B. Alat Ukur dosis radiasi		
1. Pocket dosimeter	per alat	250.000,00
2. Dosimeter perorangan	per buah	75.000,00
C. Dosimeter		
1. Dosimeter gamma terapi	per buah	2.500.000,00
2. Dosimeter gamma proteksi Co-60	per buah	2.500.000,00
3. Dosimeter gamma proteksi Cs-137	per buah	2.500.000,00
4. Dosimeter sinar-X proteksi (2 energi)	per buah	3.000.000,00
5. Tambahan energi untuk kalibrasi dosimeter sinar-X proteksi	per energi	500.000,00
6. Dosimeter sinar-X diagnostik (2 energi)	per buah	3.000.000,00
7. Tambahan energi untuk kalibrasi dosimeter sinar-X diagnostik	per energi	500.000,00

Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak	Satuan	Tarif (Rp)
D. Keluaran radiasi (radiation output)		
1. Pesawat gamma terapi	per unit	2.500.000,00
2. Pesawat gamma proteksi	per unit	2.500.000,00
3. Pesawat akselerator foton	per energi	1.500.000,00
4. Pesawat akselerator elektron	per energi	1.500.000,00
5. Pesawat sinar-X diagnostik tetap	per unit	1.000.000,00
6. Pesawat sinar-X diagnostik mobile	per unit	500.000,00
7. Pesawat sinar-X gigi intraoral	per unit	500.000,00
8. Pesawat sinar-X gigi panoramik	per unit	1.000.000,00
9. Pesawat sinar-X gigi Cone Beam Computed Tomography (CBCT)	per unit	1.000.000,00
10. Pesawat sinar-X mamografi	per unit	1.000.000,00
11. Pesawat Computed Tomography Scan (CT Scan)	per unit	1.000.000,00
12. Pesawat sinar-X fluoroskopi biasa	per unit	1.000.000,00
13. Pesawat sinar-X fluoroskopi angiografi	per unit	1.000.000,00
14. Pesawat sinar-X campuran fluoroskopi dan radiografi		1.000.000,00
E. Sumber standar titik	per buah	500.000,00
F. Sumber standar elektrodeposisi	per buah	500.000,00
G. Sumber standar cair	per buah	600.000,00
II. Jasa Sertifikasi		
A. Sertifikasi bebas radiasi komoditi ekspor/impor		
1. Analisis radionuklida Sr-90	per analisis	1.200.000,00
2. Analisis radionuklida Pu-239	per analisis	1.200.000,00
3. Analisis radionuklida Ra-226	per analisis	500.000,00
4. Analisis radionuklida thoron (Rn-220)	per analisis	575.000,00
5. Analisis radionuklida radon (Rn-222)	per analisis	575.000,00
6. Analisis radionuklida Am-241	per analisis	1.200.000,00
7. Analisis radionuklida I-131	per buah	450.000,00
8. Analisis radionuklida Th-228	per analisis	500.000,00
9. Analisis radionuklida Th-232	per analisis	500.000,00
10. Analisis radionuklida K-40	per buah	450.000,00
11. Analisis radionuklida tritium (H-3)	per analisis	575.000,00
12. Analisis radionuklida C-14	per analisis	575.000,00
13. Analisis radionuklida Po-210	per analisis	575.000,00
14. Analisis radionuklida U-238	per analisis	500.000,00
15. Analisis radionuklida Pb-210	per analisis	500.000,00
16. Analisis radionuklida Cs-137	per analisis	450.000,00
17. Analisis radionuklida Cs-134	per analisis	450.000,00
18. Analisis radionuklida Co-60	per analisis	450.000,00
19. Analisis radionuklida $\alpha$ total	per analisis	350.000,00
20. Analisis radionuklida $\beta$ total	per analisis	350.000,00

Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak	Satuan	Tarif (Rp)
B. Sertifikasi kandungan radionuklida		
1. Analisis uji usap	per analisis	350.000,00
2. Analisis Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (TENORM)	per paket	4.000.000,00
3. Analisis Rn-222 di tempat kerja	per radionuklida	200.000,00
III. Jasa analisis pemantauan radiasi perorangan dan daerah kerja		
A. Analisis film monitor g	per film	25.000,00
B. Analisis thermoluminescent dosimeter (TLD)		
1. Monitor neutron	per dosimeter	100.000,00
2. Monitor $\beta$ g	per dosimeter	80.000,00
3. Monitor sinar-X	per dosimeter	80.000,00
C. Analisis tingkat radiasi daerah kerja (minimal 5 titik)	per titik	150.000,00
D. Analisis tingkat kontaminasi benda uji (bungkusan, kontainer)	per item	750.000,00
E. Analisis tingkat kontaminasi zat radioaktif	per analisis	750.000,00
F. Uji bungkusan tipe A (8 jenis uji)	per kontainer	2.500.000,00
G. Uji bungkusan tipe B (8 jenis uji)	per kontainer	3.300.000,00
H. Analisis tingkat radiasi dan uji visual X-ray bagasi	per pesawat	1.100.000,00
I. Analisis uji kamera gamma untuk gauging (3 jenis uji)	per pesawat	1.100.000,00

Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak	Satuan	Tarif (Rp)
VIII. Jasa penyiapan sampel dan analisis		
G. Analisis klinik untuk pekerja radiasi		
1. Darah (SGOT/ASAT, SGPT/ALAT, alkalin phospatase, ureum, creatinine, uric acid, trigliceride, kolesterol total, HDL kolesterol, glukosa puasa, glukosa 2 jam setelah makan, glukosa sewaktu)	per item	25.000,00
2. Darah (darah lengkap, total protein/albumin/globulin, total bilirubin/direct/indirect, gamma GT, LDL kolesterol, limfosit absolut)	per item	50.000,00
3. Darah (total lipid)	per item	75.000,00
4. Ultrasonografi (USG) (ginjal, hepar, kandungan)	per item	75.000,00
5. Ultrasonografi (USG) (abdomen)	per item	125.000,00
6. Ultrasonografi (USG) (mammar)	per item	200.000,00
7. Elektrokardiografi (ECG)	per pemeriksaan	40.000,00
8. Roentgen thorax	per pemeriksaan	75.000,00
9. Roentgen thorax PA+lateral	per 2 film	90.000,00
10. Roentgen gigi	per film	20.000,00
11. Radiologi (thorax lateral, thorax top lordotic)	per pemeriksaan	75.000,00
12. Fisik (fisik umum, fisik gigi, buta warna, jaeger)	per pemeriksaan	20.000,00
13. Fisik (jaeger + buta warna)	per paket	25.000,00
14. Urin lengkap	per sampel	20.000,00
15. Darah (aberasi kromosom)	per sampel	1.078.500,00
16. Sperma	per pemeriksaan	60.000,00
17. Pemeriksaan analisis klinik (fisik, darah lengkap, urin lengkap, roentgen thorax, glukosa puasa, kolesterol, asam urat, kreatinin, trigliserida, SGPT, SGOT, ureum, bilirubin total)	per paket	350.000,00
18. Pemeriksaan analisis klinik (fisik, darah lengkap, urin lengkap, roentgen thorax, glukosa puasa, kolesterol, asam urat, kreatinin, trigliserida, SGPT, SGOT, ureum, bilirubin total, limfosit absolut, glukosa 2 jam PP, HDL, LDL, gamma GT, analisa sperma)	per paket	550.000,00

Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak	Satuan	Tarif (Rp)
H. Analisis klinik dengan teknik nuklir		
1. Darah (pemeriksaan hormon T3)	per pemeriksaan	130.000,00
2. Darah (pemeriksaan hormon T4)	per pemeriksaan	130.000,00
3. Darah (pemeriksaan hormon TSH)	per pemeriksaan	130.000,00
4. Darah (pemeriksaan hormon FT4)	per pemeriksaan	150.000,00
5. Darah (pemeriksaan hormon T3 uptake)	per pemeriksaan	80.000,00
6. Darah (pemeriksaan hormon neonatal T4)	per pemeriksaan	80.000,00
7. Darah (pemeriksaan hormon neonatal TSH)	per pemeriksaan	100.000,00
8. Darah (pemeriksaan hormon FSH)	per pemeriksaan	200.000,00
9. Darah (pemeriksaan hormon LH)	per pemeriksaan	200.000,00
10. Darah (pemeriksaan hormon prolaktin)	per pemeriksaan	200.000,00
11. Darah (pemeriksaan hormon progesteron)	per pemeriksaan	200.000,00
12. Darah (pemeriksaan hormon estradiol)	per pemeriksaan	200.000,00
13. Darah (pemeriksaan hormon testosteron)	per pemeriksaan	200.000,00
14. Darah (pemeriksaan hormon beta-hCG)	per pemeriksaan	140.000,00
15. Darah (pemeriksaan penanda tumor CA-125)	per pemeriksaan	350.000,00
16. Darah (pemeriksaan penanda tumor CEA)	per pemeriksaan	200.000,00
17. Darah (pemeriksaan penanda tumor PSA)	per pemeriksaan	270.000,00
18. Urin (pemeriksaan mikro albumin)	per pemeriksaan	100.000,00
X. Jasa teknis uji tidak merusak		
K. Uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional		
1. Pesawat sinar-X tetap	per unit	2.000.000,00
2. Pesawat sinar-X mobile	per unit	750.000,00
3. Pesawat sinar-X gigi intraoral	per unit	750.000,00
4. Pesawat sinar-X gigi panoramik	per unit	2.000.000,00
5. Pesawat sinar-X Cone Beam CT Scan	per unit	2.000.000,00
6. Pesawat sinar-X mamografi	per unit	2.000.000,00
7. Pesawat CT Scan	per unit	2.000.000,00
8. Pesawat sinar-X fluoroskopi biasa	per unit	2.000.000,00
9. Pesawat sinar-X fluoroskopi angiografi	per unit	2.000.000,00
10. Pesawat sinar-X campuran (fluoroskopi + radiografi)	per unit	3.000.000,00

Sumber: PP No. 8 (2019)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# Bab 5

## Kegiatan Ilmiah

### A. KEGIATAN BERSKALA BATAN DAN NASIONAL

Berbagai lokakarya, seminar, dan pertemuan ilmiah lainnya telah diselenggarakan oleh PTKMR sejak tahun 1990-an. Beberapa kegiatan ilmiah berskala BATAN, nasional, dan pertemuan ilmiah penting lainnya tersebut diuraikan dengan singkat pada Bab 5 ini.

#### 1. Lokakarya Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Lokakarya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada tingkat BATAN diselenggarakan pertama kali oleh PSPKR di Serpong, tanggal 26–28 Februari 1991. Lokakarya ini dimaksudkan sebagai forum untuk memperkenalkan berbagai peraturan terkait K3, dan juga saling berbagi antara unit kerja dalam pengalaman masing-masing mengelola isu K3 di unit kerja masing-masing. Gambar 5.1 memperlihatkan suasana saat penyelenggaraan Lokakarya K3 yang pertama tahun 1991. Lokakarya ini selanjutnya diselenggarakan secara rutin setiap tahun pada sekitar bulan Maret–April sebagai bagian dari kegiatan memperingati bulan K3 nasional.

Lokakarya K3 BATAN terakhir diadakan pada tanggal 20 Februari 2020 bertempat di Gedung 71 Kawasan Nuklir Serpong (KNS) dengan mengambil tema “Peningkatan Kinerja K3 BATAN Berbasis Teknologi Informasi”. Selain itu, PTKMR mengadakan Sosialisasi Penerapan Budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada tanggal 29 Januari 2020 dan dihadiri oleh seluruh pegawai PTKMR dan juga perwakilan unit kerja lain yang berada di Kawasan Nuklir Pasar Jumat.



**Ket.:** Dari Kiri ke Kanan, Mudiar Masdja (pembicara), F.P. Sagala (Deputi Umum BATAN), dan Joesran Zoebar (Ketua Sidang)

**Gambar 5.1** Lokakarya Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Serpong, 26–28 Februari 1991

## 2. Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan

Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan (PIKRL) diselenggarakan pertama kali pada tanggal 18–19 Agustus 1993 di Jakarta. PIKRL dimaksudkan sebagai wadah bagi para pejabat fungsional P3KRBiN untuk menyebarluaskan hasil penelitiannya dan berinteraksi dengan pejabat fungsional lainnya untuk dapat saling berbagi pengetahuan dan menjalin kerja sama. Gambar 5.2 memperlihatkan suasana penyelenggaraan Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan yang pertama tahun 1993.

PIKRL kemudian berlangsung tahunan hingga tahun 2004. Pada tahun 2005, seminar diperluas hingga berskala nasional dan namanya diubah menjadi Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan.



**Ket.:** Dari Kiri ke Kanan, Iyos R. Subki (Deputi Dirjen BATAN), Djali Ahimsa (Dirjen BATAN), Soekarno Suyudi (Ketua Sidang), dan Eri Hiswara (Sekretaris Sidang)

**Gambar 5.2** Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, Jakarta, 18–19 Agustus 1993

### 3. Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan

Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, dan Lingkungan (SNKKL) merupakan seminar pengganti Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan dan diselenggarakan pertama kali pada tahun 2005. SNKKL biasanya diselenggarakan bekerja sama dengan instansi lain, seperti FKM UI, FMIP UI, BAPETEN, dan Kemenkes. SNKKL VIII yang diselenggarakan pada 10 Juli 2012 merupakan SNKKL terakhir karena pada tahun 2013 PTKMR menyelenggarakan Konferensi Internasional Mengenai Sumber, Efek, dan Risiko Radiasi Pengion di Bali.

### 4. Workshop Petugas Proteksi Radiasi

*Workshop* Petugas Proteksi Radiasi (PPR) diselenggarakan pertama kali pada tahun 2015 dan merupakan wadah komunikasi serta saling bertukar ilmu dan pengalaman antar-Petugas Proteksi Radiasi terkait pelaksanaan upaya proteksi radiasi di BATAN. Selain itu, *workshop* juga diadakan untuk sosialisasi peraturan atau standar terbaru mengenai proteksi radiasi baik yang dikeluarkan BAPETEN di dalam negeri maupun yang diterbitkan oleh IAEA sebagai standar internasional.

*Workshop* kelima diselenggarakan pada tanggal 16 Juli 2019 di STTN BATAN, Yogyakarta. Pada *workshop* ini dibahas standar keselamatan GSR Part 3 dan panduan proteksi radiasi pekerja GSG-7 yang merupakan dokumen terbitan IAEA. Peserta juga diberikan informasi mengenai UNSCEAR yang merupakan

badan ilmiah PBB yang bergerak dalam membahas isu sumber dan efek radiasi pengion global. Gambar 5.3 memperlihatkan foto bersama para peserta di sela-sela kegiatan Workshop PPR ke-5 pada tanggal 16 Juli 2019.



**Gambar 5.3** Workshop Petugas Proteksi Radiasi BATAN, Yogyakarta, 16 Juli 2019

## 5. Forum Diskusi Proteksi Radiasi pada Aplikasi Radiasi di Bidang Medik

Forum Diskusi Proteksi Radiasi pada Aplikasi Radiasi di Bidang Medik merupakan suatu forum sosialisasi tentang UNSCEAR, badan PBB yang sangat berperan penting dalam pengembangan iptek proteksi dan keselamatan radiasi di dunia, tetapi jarang diketahui oleh masyarakat pengguna radiasi di Indonesia. Selain itu, dalam forum ini juga diuraikan mengenai perkembangan mutakhir efek radiasi pengion pada kesehatan, dan upaya proteksi serta keselamatan radiasi di rumah sakit. Forum diskusi sudah berlangsung sebanyak sepuluh kali di berbagai kota di Indonesia, yang meliputi Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Surabaya, Denpasar, Padang, Banjarmasin, Makassar, dan Manado. Gambar 5.4 memperlihatkan foto bersama peserta forum diskusi yang berlangsung di RSUP Prof. Dr. R.D. Kandou, Manado, pada tanggal 30 Juli 2019.



**Gambar 5.4** Forum Diskusi Proteksi Radiasi Pada Aplikasi Radiasi di Bidang Medik, RSUP Prof. Dr. R.D. Kandou, 30 Juli 2019

## 6. Kegiatan Ilmiah Lainnya

Beberapa kegiatan ilmiah berskala BATAN dan nasional yang diselenggarakan oleh PTKMR antara lain sebagai berikut.

### 1) Seminar Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Diadakan di Jakarta pada 24 April 1996 dan merupakan forum untuk membahas berbagai aspek dalam penyusunan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) untuk pembangunan PLTN pertama di Ujung Lemahabang, Jepara, Jawa Tengah. Gambar 5.5 memperlihatkan suasana Seminar AMDAL PLTN.



**Ket.:** Dari Kiri ke Kanan, Iyos R. Subki (Deputi Dirjen BATAN) dan Abdu Razak (Kepala PSPKR)

**Gambar 5.5** Seminar AMDAL PLTN, Jakarta, 24 April 1996

### 2) Lokakarya Standar Keselamatan Radiasi

Diadakan di Jakarta pada tanggal 11–12 Juni 1996 dan bertujuan untuk membahas standar keselamatan radiasi yang baru dikeluarkan oleh IAEA dalam publikasi yang berjudul "International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources", *Safety Series* No. 115, 1996. Gambar 5.6 memperlihatkan suasana Lokakarya Standar Keselamatan Radiasi ini.



**Ket.:** Dari kiri ke kanan, Suyati (Sekretaris Sidang), Marzaini Nareh (Ketua Sidang), Martua Sinaga (Pembicara), dan Indro Yuwono (Pembicara)

**Gambar 5.6** Lokakarya Standar Keselamatan Radiasi, Jakarta, 11–12 Juni 1996

### 3) Seminar Pranata Nuklir dan Litkayasa

Dilakukan sebagai forum bagi para fungsional pranata nuklir dan teknisi litkayasa untuk menyebarkan hasil pekerjaan dan pandangannya dalam suatu pertemuan terbuka. Seminar yang diadakan pertama kali pada tanggal 1–2 Oktober 1997 selanjutnya diubah namanya menjadi Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir sejak tahun 2006 hingga 2012. Gambar 5.7 memperlihatkan suasana Seminar Pranata Nuklir dan Litkayasa ini.



**Ket.:** Dari kiri ke kanan, Abdu Razak (Kepala PSPKR) dan Emlinarti (Ketua Sidang)

**Gambar 5.7** Seminar Pranata Nuklir dan Litkayasa, Jakarta, 1–2 Oktober 1997

#### 4) Semiloka Dosimetri Radioterapi Eksternal

Diadakan sebagai forum bagi pembahasan metode pengukuran keluaran sumber radiasi eksternal dari sumber radioterapi dan brakiterapi yang relatif baru diterima di Indonesia. Semiloka diadakan di Jakarta pada tanggal 4 Juni 2002 dan dihadiri oleh wakil dari beberapa rumah sakit yang memiliki sumber radioterapi eksternal. Gambar 5.8 memperlihatkan suasana semiloka tersebut.



**Ket.:** Dari kiri ke kanan, Iyos R. Subki (Dirjen BATAN) dan Zubaidah Alatas (Ketua Sidang)

**Gambar 5.8** Semiloka Dosimetri Radioterapi Eksternal, Jakarta, 4 Juni 2002

#### 5) Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan Pada Industri Nonnuklir

Diadakan di Jakarta pada tanggal 18 Maret 2003, seminar bertujuan untuk memberikan forum kepada semua pihak yang terkait dengan masalah keselamatan lingkungan yang berhubungan dengan pemanfaatan sumber alam yang mengandung radionuklida alam untuk berdiskusi dan memublikasikan kegiatan dan temuannya di lapangan dan di laboratorium. Seminar ini juga merupakan pernyataan bahwa BATAN memberi perhatian yang serius terhadap masalah NORM.

#### 6) Pertemuan Koordinasi Komisi Pemanfaatan Tenaga Nuklir di Bidang Kesehatan

Pertemuan Koordinasi Komisi Pemanfaatan Tenaga Nuklir di Bidang Kesehatan diselenggarakan di Bandung pada tanggal 12–13 Desember 2014. Pertemuan diadakan dalam rangka menyusun laporan pelaksanaan kerja sama dan rekomendasi setiap tahun untuk disampaikan kepada Menteri Kesehatan dan Kepala BATAN. Pertemuan dihadiri oleh 30 orang anggota komisi, dengan agenda pertemuan adalah presentasi empat orang narasumber, presentasi pelaksanaan program kelompok-kelompok kerja tahun 2014, diskusi kelompok

mengenai inventarisasi rencana kegiatan pokja tahun 2015, dan diskusi umum untuk penyusunan buku Laporan Tahun 2014. Gambar 5.9 memperlihatkan foto bersama peserta di sela-sela acara pertemuan.



**Gambar 5.9** Pertemuan Koordinasi Komisi Pemanfaatan Tenaga Nuklir di Bidang Kesehatan, Bandung, 12–13 Desember 2014

#### 7) Focus Group Discussion (FGD) Dosimetri Radiofarmaka Medik

Diselenggarakan dalam rangka berbagi pengetahuan antar-peneliti fisika medik, peneliti radiofarmaka, dan klinisi kedokteran nuklir sehingga tercapai sinergi dalam pengembangan litbang radiofarmaka beserta komponen keselamatan radiasi sebagai pendukung. FGD diadakan di Jakarta pada tanggal 24 November 2017 dan dihadiri oleh peserta yang terdiri atas klinisi kedokteran nuklir dari RSUP Hasan Sadikin Bandung, wakil dari Persatuan Kedokteran Nuklir Indonesia (PKNI), peneliti radiofarmaka Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR) BATAN Serpong, dan Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN Bandung, serta beberapa mahasiswa FMIPA UI peminatan fisika medik. Gambar 5.10 memperlihatkan foto bersama para peserta FGD di sela acara kegiatan.



**Gambar 5.10** Peserta Focus Group Discussion Dosimetri Radiofarmaka Medik, Jakarta, 12 November 2019

8) *Workshop* Proteksi dan Keselamatan Radiasi Fasilitas Kedokteran Nuklir Terapi *Workshop* diadakan di Jakarta pada tanggal 12 November 2019 dan bertujuan sebagai media komunikasi dan saling berbagi pengetahuan dari berbagai profesi yang terlibat dalam kegiatan kedokteran nuklir terapi. Selain Kepala Departemen Radiologi RSCM/FKUI, *workshop* dihadiri juga oleh beberapa dokter spesialis kedokteran nuklir, fisikawan medik, radiofarmasis, dan radiografer. Gambar 5.11 memperlihatkan foto bersama para peserta disela-sela pelaksanaan *workshop*.



**Gambar 5.11** Peserta *Workshop* Proteksi dan Keselamatan Radiasi Fasilitas Kedokteran Nuklir Terapi, Jakarta, 12 November 2019

## 7. Penerbitan Buletin dan Jurnal

Terbitan berkala ilmiah yang pernah dikelola oleh PTKMR sebagai berikut.

### 1) Buletin ALARA

*Buletin ALARA* merupakan media yang menampilkan tulisan ilmiah populer terkait keselamatan radiasi dan lingkungan. *Buletin ALARA* Vol. 1, No. 1 adalah terbitan pertama dipublikasikan pada Agustus 1997 dan selanjutnya terbit rutin tiga kali dalam setahun pada bulan April, Agustus, dan Desember. Namun, kesulitan pendanaan dan kelangkaan tulisan yang akan diterbitkan menyebabkan *Buletin ALARA* berhenti terbit pada bulan Agustus 2017 dengan terbitan Vol. 19, No. 1. Gambar 5.12 memperlihatkan contoh salah satu sampul depan *Buletin ALARA* yang pernah terbit.

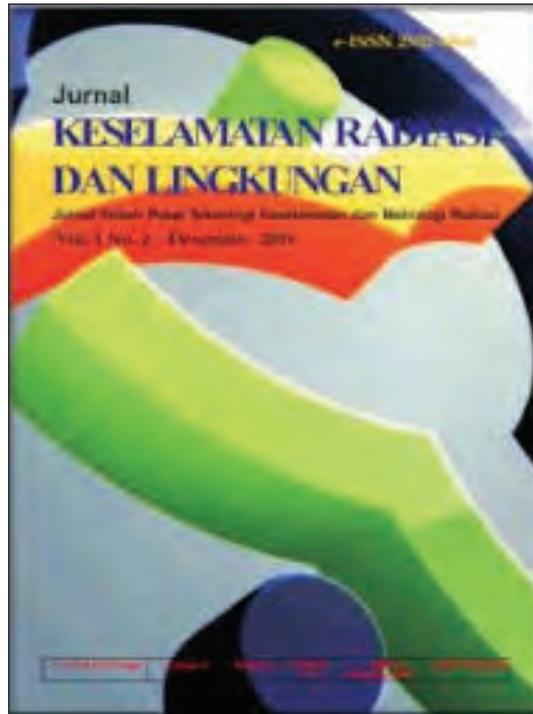


**Gambar 5.12** Sampul Depan *Buletin ALARA* Vol. 17, No. 3, April 2016

## 2) Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan

*Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan* merupakan media yang memuat tulisan ilmiah dengan lingkup keselamatan radiasi (radiasi alam, buatan, proteksi radiasi, monitoring radioaktivitas lingkungan, metrologi radiasi, kedokteran nuklir, biologi radiasi, radiokimia, radioekologi, dan lingkungan (isu-isu lingkungan, pengolahan limbah, daya dukung lingkungan, polutan nonradioaktif, perilaku kontaminan di lingkungan).

Jurnal ini terbit pertama kali (Vol. 1, No. 1) pada bulan Juni 2016 dan berisi empat tulisan ilmiah. Karena kesulitan pendanaan dan juga pasokan tulisan ilmiah yang akan dimuat, jurnal hanya sempat bertahan dua kali penerbitan, dengan terbitan kedua (Vol. 1, No. 2) terbit bulan Desember 2016 (Gambar 5.13). Jurnal terpaksa dihentikan penerbitannya karena sulitnya meminta kesediaan penulis untuk menerbitkan karya tulis ilmiahnya di jurnal ini.



**Gambar 5.13** Sampul Depan *Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan* Vol. 1, No. 2, Desember 2016

## 8. Perjanjian Kerja Sama

Dalam rangka meningkatkan kerja sama dengan mitra dalam hal pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) proteksi dan keselamatan radiasi, PTKMR dan organisasi pendahulunya sejak tahun 1990 telah mengikatkan diri dalam bentuk perjanjian kerja sama (PKS) dengan para mitranya tersebut. PKS yang pertama dilakukan dengan RSUP Fatmawati dalam rangka pengembangan iptek kedokteran nuklir. Beberapa PKS yang pernah dilakukan dan juga yang masih berlaku disajikan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Perjanjian Kerja Sama antara PTKMR dengan Para Mitranya

No.	Judul	No. Kerja Sama	Mitra
1.	Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan Pemanfaatan Isotop dan Radiasi di Bidang Kesehatan	104/Surkep/TU/UM/VIII/1990	RSUP Fatmawati
2.	Penelitian dan Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan Dalam Rangka Persiapan Pembangunan dan Pengoperasian Pusat Listrik Tenaga Nuklir	03/HK01/SKR/1993 163/PT09/H8/N/1993	Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro

<b>No.</b>	<b>Judul</b>	<b>No. Kerja Sama</b>	<b>Mitra</b>
3.	Penelitian, Pemantauan dan Pengamatan Meteorologi dan Kualitas Udara	1654/KS.00.01/ KMR/2014 KS.303/397/ KPL/XI/2014	Pusat Penelitian Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
4.	Kegiatan terkait dengan pengembangan teknologi keselamatan radiasi dan intervensi tenorm	73/KMR/XII/2014 0451/ DIR1/XII/GOV2/2014	PT. Sucofindo (Persero)
5.	Kegiatan terkait dengan Pengembangan Teknologi Keselamatan Radiasi dan Intervensi Technologically Enhanced Naturally-Occuring Radioactive Material (TENORM)	B-564/BATAN/KMR/KS 00 02/03/2015 B.0727/HK 503/KI-15	PT. BKI
6.	Penelitian pajanan radiasi alam terhadap kesehatan masyarakat di kabupaten Mamuju, Propinsi Sulawesi Barat	484/KS0001/02/2016 HK.05.01/IV/1008/2016	Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan
7.	Kajian perubahan iklim dan pemantauan kualitas udara	1252/KMR/KS 00 01/06/2016 KS.301/019/ KPI/VI/2016	BMKG
8.	Pelaksanaan Penelitian Dosimetri dan Efek Sitogenetik Radiasi	1475/KMR/KS 0001/05/2016 HK.05.01/ IV/20992/2016	Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sardjito Yogyakarta
9.	Pelaksanaan Penelitian Dosimetri dan Efek Sitogenetik Radiasi	B-499/BATAN/KMR.3/ KS 00 01/03/2018 423.4/064/KUM.INF/ SPK-KEM/RUSD/III/2018	Rumah Sakit Umum Daerah Ulin
10.	Penelitian Radiobiologi dan Radioekologi Kelautan	B-564/BATAN/KMR.2/ KS 00 01/03/2018 833/ UN.16.03.D/PP/2018	Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
11.	Penelitian Dosimetri dan Efek Sitogenetik Radiasi	B-1478/BATAN/KMR/KS 00 01/08/2018 HK.03.01/ VIII.2/8740/2018	Rumah Sakit Umum Pusat Fatmawati
12.	Penelitian Radiologi Kelautan dan Penerapan IPTEK Nuklir di bidang Kelautan.	B-1647/BATAN/KMR.2/ KS 0001/09/2018 3092/ UN7.5.10/KS/2018	Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro (UNDIP)
13.	Pemanfaatan Teknologi Untuk Analisis Parameter Kimia Atmosfer di Indonesia	B-2057/BATAN/KMR.2/ KS 0001/11/20178 KS.301/PKS.10/KB/ XI/2018	Pusat Informasi Perubahan Iklim Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG)

No.	Judul	No. Kerja Sama	Mitra
14.	Penelitian Dosimetri Dan Efek Sitogenetik Radiasi	B-2134/BATAN/KMR.1/KS 00 01/11/2018 HK.0301/XVII.2/25208/2018	Rumah Sakit Umum Pusat DR. Wahidin Sudirohusodo Makassar
15.	Pengembangan Daya Manusia di Bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi	B-2135/BATAN/KMR.1/KS 00 01/11/2018 5408/UN4.11/HK.07/2018	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
16.	Pemanfaatan Iptek Nuklir Dalam Bidang Penelitian Radioekologi Kelautan dan Ekotoksikologi Lingkungan	B705/BATAN/KMR.2/KS 00 01/06/2019	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia
17.	Penelitian Radiokimia dan Radioekologi	B-843/KMR/KS 00 01/07/2019	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Syiah Kuala

## B. KEGIATAN BERSKALA REGIONAL DAN INTERNASIONAL

### 1. *Mid-term Review Meeting on Enhancement and Harmonization of Radiation Protection (RAS/9/018)*

*Enhancement and Harmonization of Radiation Protection (RAS/9/018)* adalah judul proyek kerja sama teknis dalam kerangka RCA-IAEA untuk memajukan proteksi radiasi di wilayah Asia Pasifik yang memasuki fase ketiga pelaksanaannya pada tahun 1998–2002. Pertemuan pertengahan kegiatan pada tahun 2000 diselenggarakan di Bali dengan tuan rumah BATAN, c.q. P3KRBiN, untuk mengevaluasi kegiatan yang telah berlangsung dan mematangkan rencana kegiatan selanjutnya. Pertemuan dihadiri oleh pejabat teknis IAEA dan *project counterpart* dari negara yang terlibat dalam proyek RAS/9/018, kecuali Myanmar yang tidak bisa hadir karena masalah teknis dalam negeri mereka.

### 2. *International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*

Bekerja sama dengan United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), PTKMR menyelenggarakan *International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (SERIR)* pada tanggal 10–11 Oktober 2013, bertempat di Sanur Paradise Plaza Hotel, Sanur, Bali. Konferensi membahas upaya untuk meningkatkan pengumpulan data dan menyebarkan temuan ilmiah yang berkaitan dengan isu-isu sumber, efek dan risiko dari radiasi pengion, serta mencari cara komunikasi antara para pemangku kepentingan

(masyarakat ilmiah, pihak berwenang, dan publik) pada isu-isu tersebut. Gambar 5.14 memperlihatkan suasana konferensi saat diadakan diskusi panel.

Bertindak sebagai pembicara kunci pada konferensi adalah Dr. Malcolm Crick, Sekretaris UNSCEAR. Sementara itu, pembicara undangan dan panelis adalah beberapa tenaga ahli internasional yang terkait, yaitu Dr. Abel Gonzalez (Argentina), Dr. Ohtsura Niwa (Jepang), Dr. Carl-Magnus Larsson (Australia), Dr. Peter Zagyvai (Hungaria), Dr. Somporn Chongkum (Thailand), dan Dr. M. Lebai Juri (Malaysia), dan juga tenaga ahli dalam negeri, yaitu Dr. Soehartati Gondhowiardjo, SpRad(K) Onk.Rad. (PORI), Dr. Bambang Budyatmoko (PDSRI), Dr. Anhar R. Antariksawan (BATAN), Drs. Martua Sinaga (BAPETEN), Dr. Susilo Widodo (BATAN), Dr. Inswiasri Supriyanto (Kemenkes), dan Usman Kansong (Media Indonesia).

Konferensi dihadiri oleh sekitar 200 orang peserta dari dalam dan luar negeri dengan berbagai latar belakang seperti peneliti, manajer rumah sakit, profesional medik, pejabat pemerintah, dan pemerhati isu proteksi dan keselamatan radiasi. Dengan beragamnya latar belakang peserta ini diharapkan bahwa pesan mengenai pentingnya upaya proteksi dan keselamatan radiasi dalam setiap kegiatan yang melibatkan sumber radiasi dan bahan nuklir telah dapat disampaikan ke masyarakat dengan baik.



**Ket.:** Dari kiri ke kanan, Inswiasri Supriyanto (Kemenkes), Martua Sinaga (BAPETEN), Usman Kansong (Media Indonesia), Ng Kwan Hoong (Malaysia), Malcolm Crick (UNSCEAR), Abel Gonzalez (Argentina), Peter Zagyvai (Hungaria), dan Carl-Magnus Larsson (Australia)

**Gambar 5.14** Diskusi Panel Konferensi SERIR tanggal 10–11 Oktober 2013

### 3. *2<sup>nd</sup> International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation dan 14<sup>th</sup> Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association (SPERA)*

*2<sup>nd</sup> International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (SERIR)* diselenggarakan bersamaan dengan *14<sup>th</sup> Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association (SPERA)* di Sanur, Bali, pada tanggal 5–9 September 2016. Kedua konferensi bertujuan untuk berbagi data dan informasi tentang sumber radiasi dari berbagai negara Asia Pasifik yang dihasilkan dari kegiatan penelitian, paparan lingkungan, dan berbagai aktivitas manusia, termasuk penggunaan sumber radioaktif di berbagai bidang industri. Gambar 5.15 menunjukkan saat Kepala BATAN Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto dan perwakilan SPERA sedang melakukan jumpa pers di tengah acara SERIR 2 dan SPERA 14.

Pada konferensi Internasional SERIR yang kedua ini, pihak panitia mengundang 15 pakar dari Australia dan Jepang dengan total peserta yang hadir mencapai hingga 35 orang. Dari jumlah pakar yang sebagian besar berasal dari Australia, Justin Lee selaku perwakilan dari SPERA mengatakan bahwa hal ini merupakan cerminan komitmen Australia untuk menjalin lebih banyak lagi kerja sama penelitian yang berhubungan dengan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang nuklir antara Indonesia dan Australia, dan selanjutnya mengharapkan agar kerja sama kedua negara di bidang iptek nuklir makin meningkat di masa mendatang.



**Gambar 5.15** Kepala BATAN Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto dan perwakilan SPERA sedang melakukan jumpa pers.

#### 4. *Workshop on Establishment of a Radiodiagnostic Calibration Facility*

Melalui program kerja sama teknis IAEA INS/6/016, PTKMR mengadakan [\*Workshop on Establishment of a Radiodiagnostic Calibration Facility\*](#) pada tanggal 13 Oktober 2016. *Workshop* diselenggarakan dalam rangka pengembangan SSDL Jakarta menjadi fasilitas kalibrasi radiologi diagnostik dan intervensi. Narasumber kegiatan ini adalah Prof. Dr. Chul-Young Yi dari KRIS (Korea Research Institute of Standards and Science), Korea Selatan. Gambar 5.16 memperlihatkan foto bersama peserta di tengah acara *workshop*.



**Gambar 5.16** Peserta *Workshop on Establishment of a Radiodiagnostic Calibration Facility* Bersama Narasumber, Prof. Dr. Chul-Young Yi dari KRIS, Korea Selatan

*Workshop* diikuti oleh 40 peserta yang berasal dari Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Jakarta, Surabaya, Medan, Makassar, BAPETEN, dan staf PTKMR. *Workshop* dirasakan sangat bermanfaat bagi SSDL Jakarta selaku LDTN untuk mempersiapkan fasilitas kalibrasi untuk alat ukur radiasi yang digunakan pada bidang radiologi diagnostik dan intervensional di rumah sakit.

#### 5. *Regional Workshop on Occupational Radiation Protection in High Exposure Operations (RAS/9/080)*

*Workshop* ini diselenggarakan berdasar kerja sama teknik regional IAEA RAS/9/080 di Yogyakarta pada tanggal 10–14 April 2017. Tujuan *workshop* adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan kesadaran tentang upaya proteksi radiasi pada paparan radiasi tinggi. *Workshop* dihadiri H.B. Okyar sebagai wakil IAEA dan 20 orang peserta dari 10 negara di kawasan Asia Pasifik. Gambar 5.17 memperli-

hatkan foto bersama peserta di tengah acara *workshop*. Pada akhir acara, para peserta yang berasal dari luar negeri mengungkapkan bahwa *workshop* sangat bermanfaat bagi tugas mereka di negara masing-masing dan juga mengucapkan terima kasih kepada panitia yang telah menyelenggarakan *workshop* dengan sangat baik.



**Gambar 5.17** Peserta *Regional Workshop on Occupational Radiation Protection in High Exposure Operations* di Yogyakarta, 10–14 April 2017

#### 6. *Final Project Review Meeting RAS/6/071, Strengthening Radionuclide Therapy for High Impact Cancer Treatment Strategy in Member States of the Regional Cooperative Agreement (RCA)*

Proyek RAS/6/071 merupakan proyek kerja sama regional di antara negara anggota RCA IAEA di kawasan Asia Pasifik yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dan pengetahuan para klinisi terkait layanan terapi radionuklida untuk pengobatan kanker melalui peningkatan tenaga terlatih dalam tata laksana kanker dengan tujuan akhir dapat mengurangi angka kematian dan kesakitan serta memperbaiki kualitas hidup pasien kanker di negara-negara anggota RCA.

Pertemuan kali ini merupakan pertemuan terakhir para peserta proyek dan digunakan untuk mengevaluasi kegiatan proyek melalui penyampaian laporan dari masing-masing peserta terkait pelaksanaan kegiatan litbang dan layanan terapi radionuklida di negara masing-masing. Pertemuan diikuti oleh 25 orang peserta yang berasal dari 15 negara. Gambar 5.18 memperlihatkan foto bersama peserta di sela-sela acara pertemuan.



**Gambar 5.18** Peserta *Final Project Review Meeting RAS/6/071* di Jakarta, 21–25 Agustus 2017

# Bab 6

## Penutup

Kegiatan pemanfaatan teknologi nuklir, termasuk sumber radiasi, di seluruh dunia saat ini semakin luas. Di Indonesia saja, berdasar data BAPETEN pada akhir Juli 2020, tercatat ada sebanyak 13.620 izin pemanfaatan yang dikeluarkan untuk 3.755 instansi. Sebagai perbandingan, pada bulan Mei 2019 tercatat baru dikeluarkan 12.163 izin pemanfaatan untuk 3.377 instansi.

Pemanfaatan radiasi dalam jumlah yang terus bertambah tidak lepas dari telah terbuktinya manfaat tersebut oleh masyarakat luas. Sebagai pemanfaat terbesar, bidang medis telah makin maju dan cepat dalam melakukan diagnosis dan terapi bagi para pasiennya berkat dukungan berbagai sumber radiasi yang digunakan.

Namun, radiasi memiliki potensi bahaya atau efek yang sangat besar bagi kesehatan manusia. Efek tersebut dapat dialami segera oleh individu jika dosis radiasi yang diterimanya cukup tinggi, atau dapat dialami setelah melewati periode waktu tertentu jika dosis radiasinya cukup rendah. Penerimaan dosis radiasi rendah juga memiliki peluang untuk menyebabkan terjadinya kelainan pada keturunan orang yang menerima radiasi tersebut.

Dengan adanya kedua jenis efek yang berbahaya ini, setiap penggunaan radiasi harus diatur dan diawasi secara ketat oleh instansi yang diberi tanggung jawab untuk melaksanakan pengawasan tersebut. Instalasi yang memanfaatkan radiasi juga harus melakukan tindakan proteksi dan keselamatan radiasi guna menjamin keselamatan dan kesehatan pekerjanya, atau juga pasiennya dalam hal penggunaan dilakukan di bidang medis, masyarakat umum, dan juga lingkungan hidup di sekitarnya.

PTKMR merupakan instansi yang membantu para pengguna dalam melaksanakan kewajibannya dalam proteksi dan keselamatan radiasi. Layanan yang diberikan PTKMR, seperti pemantauan dosis radiasi perorangan, kalibrasi alat ukur radiasi, dan pengukuran keluaran sumber radiasi terapi, merupakan bantuan yang sangat fundamental bagi diberikannya izin pemanfaatannya oleh BAPETEN kepada para pengguna tersebut.

PTKMR juga melakukan berbagai penelitian dan pengembangan (litbang) yang dapat membantu dalam memahami pergerakan zat radioaktif, termasuk efeknya, baik di dalam tubuh manusia maupun di alam bebas. Litbang dosimetri klinik dapat membantu dalam mengetahui berapa dosis radiasi yang diterima pasien saat menjalani tindakan medis, sementara litbang standardisasi radionuklida dapat menentukan dengan teliti jumlah radioaktivitas yang dimasukkan ke dalam tubuh dalam kegiatan diagnosis atau terapi radiasi. Dengan demikian, tampak jelas bahwa PTKMR merupakan suatu instansi yang sangat strategis, yang keberadaannya sangat diperlukan dalam pengembangan dan pemanfaatan teknologi nuklir dan radiasi di Indonesia.

Dengan peranannya yang sangat strategis dalam seluruh kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia, PTKMR menjadi salah satu unit kerja yang terpenting di BATAN. Namun, para pegawai PTKMR tidak pernah memikirkan status tersebut dan tetap bekerja dengan sikap *low profile*. Mereka tidak pernah lantang atau bersuara keras dalam 'membanggakan' baik kerja litbang maupun kerja layanannya. Sifat ini dapat tertelusuri ke para pendirinya yang hampir seluruhnya merupakan manusia yang rendah hati, tetapi sebenarnya pekerja keras di bidangnya. Sifat ini ternyata menjadi budaya kerja yang diwariskan ke generasi pegawai PTKMR berikutnya.

Meskipun demikian, dalam situasi dan kondisi dunia yang sudah jauh berubah, para pegawai PTKMR saat ini dituntut untuk dapat lebih vokal dalam menyuarakan betapa pentingnya PTKMR bagi BATAN dan bahkan bagi Indonesia. "Tiada pemanfaatan ketenaganukliran tanpa kehadiran PTKMR", demikian barangkali motonya.

# Daftar Pustaka

- Google. (t.t.-a). [Citra satelit Kantor Pusat BATAN]. Diakses 3 Agustus, 2020, dari <https://www.google.co.id/maps/place/Badan+Tenaga+Nuklir+Nasional/@-6.2364026,106.8208214,779m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x2e69f3ddb8e9ce41:0x190558229fb1c712!8m2!3d-6.2363845!4d106.8230507>
- Google. (t.t.-b). [Citra satelit PTKMR BATAN]. Diakses 3 Agustus, 2020, dari <https://www.google.co.id/maps/place/Pusat+Teknologi+Keselamatan+dan+Metrologi+Radiasi/@-6.2936543,106.7723975,779m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x2e69f1d2df6fc0dd:0x5c0cc1fd1fd6affc!8m2!3d-6.2936473!4d106.7744916>
- Google. (t.t.-c). [Lokasi Kantor Pusat BATAN]. Diakses 3 Agustus, 2020, dari <https://www.google.co.id/maps/place/Badan+Tenaga+Nuklir+Nasional/@-6.2364026,106.8208214,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x2e69f3ddb8e9ce41:0x190558229fb1c712!8m2!3d-6.2363845!4d106.8230507>
- Google. (t.t.-d). [Lokasi PTKMR BATAN]. Diakses 3 Agustus, 2020, dari <https://www.google.co.id/maps/place/Pusat+Teknologi+Keselamatan+dan+Metrologi+Radiasi/@-6.2936543,106.7723975,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x2e69f1d2df6fc0dd:0x5c0cc1fd1fd6affc!8m2!3d-6.2936473!4d106.7744916>
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 31/DJ/13/IV/1981 tentang Organisasi Badan Tenaga Atom Nasional. (1981).

- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 78/DJ/V/1984 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi, Pengukuran Keluaran Sumber Radiasi dan Fasilitas Kalibrasi. (1984).
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 79/DJ/V/1984 tentang Penetapan Pusat Dosimetri dan Standardisasi sebagai Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional. (1984).
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 23/DJ/III/'86 tentang Pungutan Pelayanan oleh Pusat Dosimetri dan Standardisasi. (1986).
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 84/DJ/V/'86 tentang Perubahan Penetapan Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional. (1986).
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 127/DJ/XII/1986 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Atom Nasional. (1986).
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 84/DJ/VI/1991 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi, Standardisasi Radionuklida, dan Fasilitas Kalibrasi. (1991).
- Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor 608/DJ/XII/1993 tentang Pungutan Pelayanan oleh Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi. (1993).
- Keputusan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 73/KA/IV/1999 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional. (1999).
- Keputusan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 123/KA/V/2013 tentang Penetapan Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi sebagai Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder. (2013).
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 00474/B/II/87 Tahun 1987 tentang Keharusan Menyertakan Sertifikat Kesehatan dan Sertifikat Bebas Radiasi untuk Makanan Impor. (1987).
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1980 tentang Badan Tenaga Atom Nasional. (1980). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/66711/keppres-no-14-tahun-1980>
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 1985 tentang Badan Tenaga Atom Nasional. (1985). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/65074/keppres-no-82-tahun-1985>
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 197 Tahun 1998 tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional. (1998). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/59500/keppres-no-197-tahun-1998>

- Peraturan Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 3 Tahun 2020 tentang Persyaratan dan Tata Cara Pengenaan Tarif Penerimaan Negara Bukan Pajak Terhadap Pihak Tertentu dan Kondisi Tertentu. (2020). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/181600/peraturan-batan-batan-no-3-tahun-2020>
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 03-P/Ka-BAPETEN/I-03 tentang Persyaratan Laboratorium Uji Bungkus Zat Radioaktif Tipe A dan Tipe B. (2003). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/keputusan-kepala-badan-pengawas-tenaga-nuklir-nomor-03-pka-bapeten-i--03-tentang-persyaratan-laboratorium-uji-bungkusan-zat-radioaktif-tipe-a-dan-tipe-b>
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2006 tentang Laboratorium Dosimetri, Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi Terapi, dan Standardisasi Radionuklida. (2006). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-kepala-badan-pengawas-tenaga-nuklir-nomor-1-tahun-2006-tentang-laboratorium-dosimetri-kalibrasi-alat-ukur-radiasi-dan-keluaran-sumber-radiasi-terapi-dan-standardisasi-radionuklida>
- Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 166/KA/IV/2001 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2001).
- Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 392/KA/XI/2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2005).
- Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2013). <https://jdih.go.id/files/145/446097414002013-14.pdf>
- Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 20 Tahun 2014 tentang Klinik Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2014). [https://jdih.batan.go.id/unduh/jdih/40869342908Perka\\_BATAN\\_Nomor\\_20\\_Thn\\_2014.pdf](https://jdih.batan.go.id/unduh/jdih/40869342908Perka_BATAN_Nomor_20_Thn_2014.pdf)
- Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 13 Tahun 2017 tentang Standar Pelayanan Publik. (2017). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/181848/perka-batan-no-13-tahun-2017>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 00474/B/II/87 tentang Keharusan Menyertakan Sertifikat Kesehatan dan Sertifikat Bebas Radiasi. (1987).
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1031/MENKES/PER/V/2011 tentang Batas Maksimum Cemaran Radioaktif dalam Pangan. (2011). <https://peraturan.go.id/common/dokumen/bn/2011/bn345-2011.pdf>

- Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 20 Tahun 2010 tentang Roadmap Reformasi Birokrasi 2010–2014. (2010). <https://www.dpr.go.id/doksetjen/dokumen/reformasi-birokrasi-permenpan-rb-nomor-20-tahun-2010-tentang-road-map-reformasi-birokrasi-2010-2014-1442914340.pdf>
- Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 14 Tahun 2017 tentang Pedoman Penyusunan Survei Kepuasan Masyarakat Unit Penyelenggara Pelayanan Publik. (2017). [https://jdih.menpan.go.id/data\\_puu/permen%2014%202017.pdf](https://jdih.menpan.go.id/data_puu/permen%2014%202017.pdf)
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2020 tentang Pengawasan Keamanan Pangan Segar Asal Hewan dan Pangan Segar Asal Tumbuhan Dari Negara Jepang Terhadap Kontaminasi Zat Radioaktif (<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161290/permentan-no-5-tahun-2020>).
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif. (2002). <https://jdih.bapeten.go.id/unggah/dokumen/peraturan/48-full.pdf>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2005 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2005). <https://jdih.mkri.id/mg58ufsc89hrsg/pp772005.pdf>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2008 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2008). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/4896/pp-no-77-tahun-2008>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2011 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2011). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5159/pp-no-29-tahun-2011>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2019 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2019). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/102673/pp-no-8-tahun-2019>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2010 tentang Grand Design Reformasi Birokrasi 2010–2025. (2010). <https://jdihn.go.id/files/4/2010pr081.pdf>
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2012). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah 2011*.

- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2013). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah 2012*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2014). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah 2013*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2015). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah 2014*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2016). *Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah 2015*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2017). *Laporan Tahunan dan Laporan Kinerja Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi 2016*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2018). *Laporan Tahunan dan Laporan Kinerja Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi 2017*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2019). *Laporan Tahunan dan Laporan Kinerja Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi 2018*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2020). *Laporan Tahunan dan Laporan Kinerja Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi 2019*.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2021). Standar Pelayanan PTKMR-BATAN. [https://elsatur.brin.go.id/public/uploads/layanan\\_file/2601/sop\\_layanan\\_2601.pdf](https://elsatur.brin.go.id/public/uploads/layanan_file/2601/sop_layanan_2601.pdf).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. (1997). [https://jdih.batan.go.id/unduh/jdih/20190711133747\\_UUNomor10Tahun1997.pdf](https://jdih.batan.go.id/unduh/jdih/20190711133747_UUNomor10Tahun1997.pdf)<https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/undang-undang-republik-indonesia-nomor-10-tahun-1997-tentang-ketenaganukliran>

Buku ini tidak diperjualbelikan.

# Lampiran

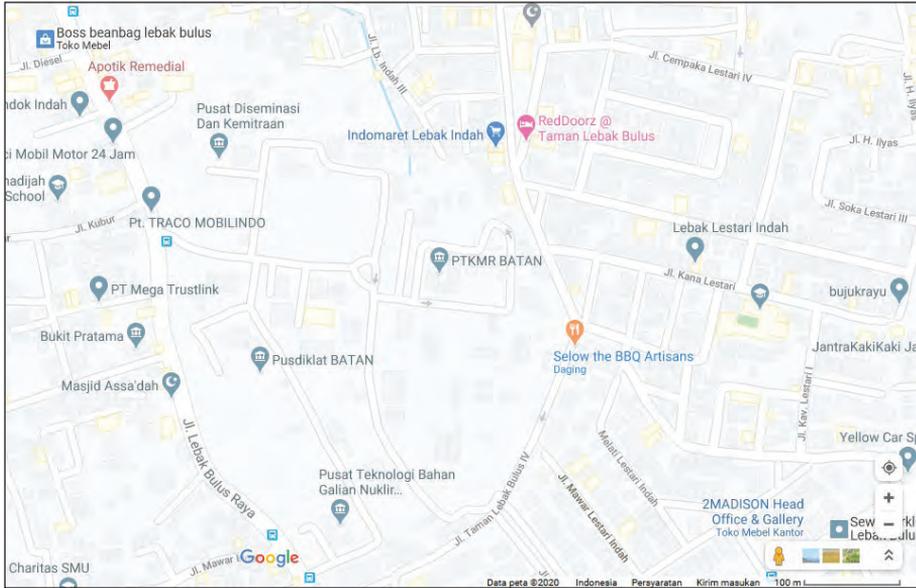
## LAMPIRAN 1. LOKASI PTKMR

### Alamat di Kawasan Nuklir Pasar Jumat

PTKMR BATAN berada di dua lokasi yang berbeda. Lokasi pertama sebagai tempat utama kegiatan berada di Kawasan Nuklir Pasar Jumat (KNPJ). Alamat lengkap di KNPJ sebagai berikut.

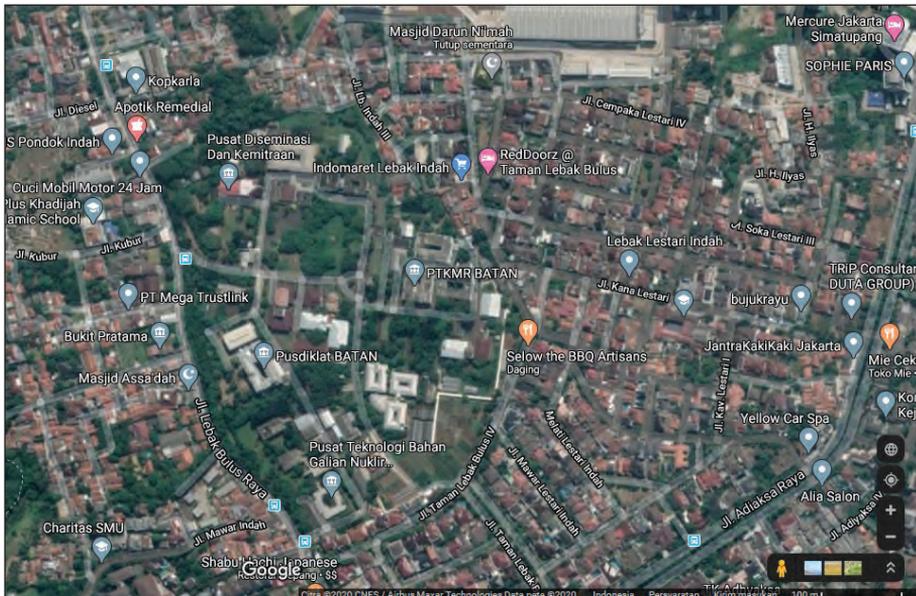
Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR)  
Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)  
Jalan Lebak Bulus Raya No.49  
RT 003/RW 02  
Kelurahan Lebak Bulus, Kecamatan Cilandak  
Jakarta Selatan 12440  
Telepon: 62 21 7513906  
Faks: 62 21 7657950  
E-mail: [ptkmr@batan.go.id](mailto:ptkmr@batan.go.id)

Secara geografis, PTKMR di KNPJ berada pada koordinat 6°17'36.3"S 106°46'28.8"E. Dua gambar berikut memperlihatkan peta dan citra satelit PTKMR di KNPJ.



Sumber: Google (t.t-d)

Peta PTKMR di Kawasan Nuklir Pasar Jumat



Sumber: Google (t.t-b)

Citra satelit PTKMR di Kawasan Nuklir Pasar Jumat

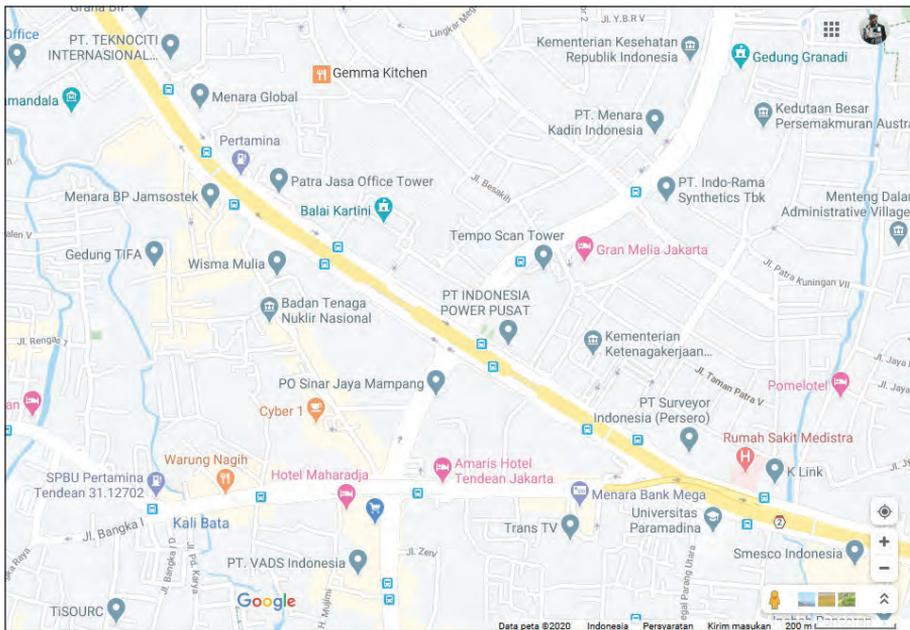
Buku ini tidak diperjualbelikan.

## Alamat di Kuningan Barat

Selain di Pasar Jumat, PTKMR menempati sebagian ruangan di Gedung C lantai 1 Kantor Pusat BATAN. Disini PTKMR memiliki lima ruangan untuk kegiatan Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS) yang menjadi tanggung jawab Bidang Metrologi Radiasi. Keenam ruangan diisi oleh satu pesawat sinar-X, satu pesawat  $^{60}\text{Co}$  tingkat terapi, satu pesawat  $^{137}\text{Cs}$  tingkat proteksi, satu ruang staf, dan satu ruang tamu. Alamat LDSS sebagai berikut.

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)  
Jalan Kuningan Barat Raya No.1a  
RT 010/RW 001  
Kelurahan Kuningan Barat, Mampang Prapatan  
Jakarta Selatan 12710  
Telepon: 62 21 5255213  
Faks: 62 21 5251110

Secara geografis, LDSS PTKMR di Kantor Pusat BATAN berada pada koordinat  $6^{\circ}14'2.5''\text{S}$   $106^{\circ}49'23.2''\text{E}$ . Dua gambar berikut memperlihatkan peta dan citra satelit LDSS PTKMR yang menyatu dengan Kantor Pusat BATAN.



Sumber: Google (t.t.-c)

Peta LDSS PTKMR di Kawasan Kantor Pusat BATAN



## Lampiran 2. Fasilitas dan Peralatan PTKMR Tahun 2020

### A. Fasilitas

No.	Nama Fasilitas	Kegunaan
1.	Laboratoria Radioekologi, terdiri atas: - Laboratorium Preparasi dan Radiokimia; - Laboratorium Radiometrik; - Laboratorium TENORM; - Laboratorium Ekosistem Terrestrial; - Laboratorium Ekosistem Laut; dan - Laboratorium Radon.	Melakukan litbang dan layanan terkait radioaktivitas lingkungan
2.	Laboratoria Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi, terdiri atas: - Laboratorium Diagnostik in vivo; - Laboratorium Diagnostik in vitro; - Laboratorium Sitogenetik; dan - Laboratorium Radiobiologi Molekuler.	Melakukan litbang dan layanan terkait teknik nuklir kedokteran dan biologi radiasi
3.	Laboratoria Keselamatan Kerja dan Dosimetri, terdiri atas: - Laboratorium Dosimetri Perorangan; - Laboratorium Fisika Medik; - Fasilitas Uji Bungkusan Radioaktif; dan - Ruang Penanganan Tanggap Darurat Nuklir.	Melakukan litbang dan layanan terkait dosimetri medik dan keselamatan kerja radiasi
4.	Laboratoria Metrologi Radiasi, terdiri atas: - Laboratorium Standardisasi Radionuklida; - Laboratorium Preparasi Radionuklida; - Laboratorium Kalibrasi Alat Ukur Radiasi (beta, gamma dan neutron); dan - Secondary Standard Dosimetry Laboratory (SSDL).	Melakukan litbang dan layanan terkait dosimetri proteksi radiasi dan radioterapi, dan standardisasi radionuklida
5.	Klinik Kawasan Nuklir Pasar Jumat yang dilengkapi dengan pemeriksaan laboratorium klinik, USG dan radiografi sinar-X	Melakukan pelayanan kesehatan bagi pegawai BATAN di Kawasan Nuklir Pasar Jumat
6.	Fasilitas Penanganan Medik Korban Kecelakaan Radiasi.	Melakukan penanganan medik bagi korban kecelakaan radiasi
7.	Fasilitas penunjang: Fasilitas Instrumentasi dan Peralatan Elektromekanik Ruang Penyimpanan Sementara Limbah Radioaktif dan Limbah B3 Ruang Arsip Sampel Lingkungan	Membantu kelancaran tugas litbang dan layanan PTKMR

## B. Peralatan

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
<b>a. Bidang Radioekologi</b>			
1.	Spektrometer gamma dengan detektor HPGe	6 buah	Analisis radioaktivitas gamma
2.	Low Background Counter (LBC)	1 buah	Analisis gross alfa dan gross beta
3.	Spektrometer gamma in situ dengan detektor HPGe	1 buah	Analisis radioaktivitas gamma
4.	Radon detector RAD7	4 buah	Pengukuran radiasi lingkungan
5.	Liquid Scintillation Spectrometer Ultra Low Level Quantulus 1220	1 buah	Analisis radioaktivitas beta
6.	Spektrometer alfa dengan 4 chamber detektor	1 buah	Analisis radioaktivitas alfa
7.	Atomic Absorption Spektrometer (AAS)	1 buah	Analisis unsur
8.	Neraca analitik OHAUS	1 buah	Alat timbangan elektronik
9.	Oven Memert High Capacity	2 buah	Alat untuk mengeringkan sampel
10.	Spektrometer Atomtex detector NaI(Tl)	1 buah	Alat untuk mapping radiasi gamma lingkungan
11.	Mesin Press Filter	1 buah	Alat untuk memadatkan sampel filter
12.	HVAS (High Volume Air Sampler)	3 buah	Alat untuk sampling udara dengan kapasitas besar
13.	Mikroskop	2 buah	Alat untuk memindai jejak radon thoron dalam filem CR-39
14.	Ruang kalibrasi radon thoron	1 buah	Ruangan untuk melakukan kalibrasi alat ukur radon thoron
15.	Fluxer	1 buah	Alat untuk menghancurkan sampel
<b>b. Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi</b>			
1.	Biological Safety Cabinet (BSC)	1 buah	Sitogenetik
2.	Fume hood (lemari asam)	1 buah	Sitogenetik
3.	Inkubator	2 buah	Sitogenetik
4.	Centrifuge	2 buah	Sitogenetik
5.	Microcentrifuge	1 buah	Sitogenetik
6.	Waterbath	2 buah	Sitogenetik
7.	Timbangan digital	1 buah	Sitogenetik
8.	Mikroskop cahaya	8 buah	Sitogenetik
9.	Mikroskop fluoresence	1 buah	Sitogenetik dan Biomarker
10.	Metaphase Finder (slide scanning system) Metafer	1 buah	Sitogenetik
11.	Mikroskop inverter	1 buah	Sitogenetik
12.	Mikroskop dengan imaging system	1 buah	Sitogenetik
13.	Autoclave	2 buah	Sitogenetik
14.	pH Meter	1 buah	Sitogenetik
15.	Mesin PCR	1 buah	Biologi Molekuler

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
16.	Tangki Elektroforesis horizontal	2 buah	Biologi Molekuler
17.	Gel-Doc Imaging System	1 buah	Biologi Molekuler
18.	Shaker / Vortexer	2 buah	Biologi Molekuler
19.	Hot plate	2 buah	Biologi Molekuler
20.	UV Sterilization Cabinet	1 buah	Biologi Molekuler
21.	Tangki Elektroforesis vertikal	2 buah	Biologi Molekuler
22.	Qubit	1 buah	Biologi Molekuler
23.	Refrigerated microcentrifuge	1 buah	Biologi Molekuler
24.	Ice Maker	1 buah	Biologi Molekuler
25.	Cryogenic Tank	1 buah	Biologi Molekuler
26.	Spin down centrifuge	1 buah	Biologi Molekuler
27.	Biological Safety Cabinet (BSC)	1 buah	Biologi Molekuler
28.	Incubator	1 buah	Biologi Molekuler
29.	Freezer	1 buah	Biologi Molekuler
30.	Power supply	1 buah	Biologi Molekuler
31.	Drybath	1 buah	Biologi Molekuler
32.	Mesin tangki (pompa) RTE	1 buah	Biologi Molekuler
33.	Tangki Elektroforesis horizontal untuk Comet Assay	1 buah	Biologi Molekuler
34.	Centrifuge	1 buah	Biologi Molekuler
35.	Microcentrifuge	1 buah	Biologi Molekuler
36.	Retrieval microwave	1 buah	Biomarker
37.	Ultra low refrigerator	1 buah	Biomarker
38.	Drying oven	1 buah	Biomarker
39.	Gamma Camera Mediso AnyScan S	1 buah	TNK
40.	Dose Calibrator Commecer	1 buah	TNK
41.	Gamma Counter Automatic Berthold	1 buah	TNK
42.	Realtime PCR	1 buah	TNK
43.	ELISA Reader	1 buah	TNK
44.	Kamera Gamma Toshiba	1 buah	TNK
<b>c. Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri</b>			
1.	TLD reader BARC Automatic	3 buah	Evaluasi dosis perorangan
2.	TLD Reader Harshaw 6600 Automatic	1 buah	Evaluasi dosis perorangan
3.	TLD Reader BARC manual	1 buah	Evaluasi dosis perorangan
4.	Oven	2 buah	Annealing
5.	OSL reader	1 buah	Evaluasi dosis perorangan
6.	Surveymeter	2 buah	Alat ukur paparan radiasi
7.	Monitor Kontaminasi	1 buah	Alat ukur kontaminasi radiasi
8.	Set X-ray beam Analyzer	4 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
9.	LEEDS phantom	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
10.	Fluoro Phantom	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
11.	Mammographic Accreditation Phantom	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
12.	RMI alignment Test Tool	2 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
13.	RMI collimator Test Tool	2 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
14.	RMI High Contrast Resolution test tool	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
15.	Image Intesifier Collimator Test Tool	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
16.	CIRS Mammographic Phantom 11A	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
17.	Mammo forcemeter	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
18.	Mam/Rad Filter Set	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
19.	Catphan phantom	2 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
20.	Radiopaque Ruler	2 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
21.	Set CTDI Phantom	1 buah	Uji Kesesuaian pesawat sinar-X
22.	TLD Reader Harshaw 3500	1 buah	Membaca dosis TLD
23.	Furnace PTW-Freiburg	1 buah	Annealing TLD
24.	Oven Memmert	1 buah	Annealing TLD
25.	Furnace Thermolyne	1 buah	Annealing TLD/sampel
26.	Fantom Benchmarking Fluoro Nema	1 buah	Penelitian dosis radiasi
27.	Fantom Triple Modality Abdominal	1 buah	Penelitian dosis radiasi
28.	Dose Area Product (DAP)	1 buah	Mengukur dosis radiasi
29.	Magnetic Stirrer	1 buah	Menghomogenkan larutan
30.	Neraca Ohaus	1 buah	Menimbang bahan
31.	QED Detector 1-4 MV	1 buah	Detektor
32.	QED Detector 6-12 MV	1 buah	Detektor
33.	QED Detector Scatter	1 buah	Detektor
34.	QED Detector 15-25 MV	1 buah	Detektor
35.	QED Detector Electron	1 buah	Detektor
36.	Sr-90 Irradiator	1 buah	Penyinaran
37.	Dosimeter D-Shuttle	20 buah	Pengukuran dosis radiasi
38.	RadEye-G	1 buah	Pengukuran dosis gamma lingkungan
39.	RadEye-NL	1 buah	Personal Neutron Meter
40.	RadEye PRD-ER	1 buah	Personal Radiation Detector Extended Range
41.	Canbera Dosicard	1 buah	Dosimeter Personal Aktif (gamma)
42.	OSLD microStar Reader Sn.11340537 & asesorisnya	1 buah	Evaluasi dosis personal, dosis ambient, dan dosis medis (beta/gamma)
43.	Surveymeter Atomtex AT 6130	1 buah	Pengukuran laju dosis ambient/tingkat kontaminasi permukaan (beta/gamma)
44.	Dosimeter Saku Hitachi PDM-222C-SH	1 buah	Pemantauan dosis personal (beta/gamma)
45.	Whole Body Counter Accuscan Canberra	1 buah	Pengukuran dosis interna

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
d. Bidang Metrologi Radiasi			
1.	Calibrator OB-85 (Cs-137) A: 740 GBq (20 Ci)	1 buah	Kalibrasi alat ukur radiasi gamma
2.	Detektor Exradin A6 Vol.800cc Ref.92716 Sn. XQ100534	1 buah	Dosimeter standar
3.	Elektrometer Keithley 6517B Sn.1331921	1 buah	Kalibrasi dosimeter
4.	Detektor NE 2575C Vol.600 cc Sn.282	1 buah	Dosimeter standar
5.	Neutron Monitor Mk7NRM Sn. 218	1 buah	Alat ukur radiasi neutron
6.	Detektor (RIC) Aloka DRM 201-1/07R041 (400 cc)	1 buah	Dosimeter standar
7.	Elektrometer (DIRC) Aloka DRM 201-A/07R041	1 buah	Kalibrasi dosimeter
8.	Sumber standar luasan kontaminasi beta <sup>90</sup> Sr	1 buah	Kalibrasi monitor/surveymeter kontaminasi beta
9.	Sumber standar luasan kontaminasi alfa <sup>241</sup> Am	1 buah	Kalibrasi monitor/surveymeter kontaminasi alfa
10.	Sumber standar luasan kontaminasi gamma <sup>129</sup> I	1 buah	Kalibrasi monitor/surveymeter kontaminasi gamma
11.	Sumber Neutron <sup>252</sup> Cf	1 buah	Kalibrasi alat ukur radiasi neutron
12.	Spektrometer gamma Detektor HPGe Model GC 1018 Buatan Canberra S/N. 08057902 Geometry: coaxial50	1 buah	Pengukuran aktivitas
13.	Spektrometer Gamma Detektor HPGe Model GEM 15-70 Buatan Ortec S/N. 53-P42642B Geometry: coaxial	1 buah	Pengukuran aktivitas
14.	Vacum Metalizer Merek Sogev	1 buah	Pembuatan standar
15.	Kamar Ionisasi Centronic	1 buah	Pengukuran aktivitas
16.	Kamar Ionisasi Merlin Gerin	1 buah	Pengukuran aktivitas
17.	Dose Calibrator Vinten Model 271/671	1 buah	Pengukuran aktivitas
18.	Dose Calibrator Capintec CRC-7BT	1 buah	Pengukuran aktivitas
19.	Dose Calibrator Capintec CRC-712	1 buah	Pengukuran aktivitas
20.	Sistem Pencacah Absolut 4πβ(LS)-γ(NaI) TI Koinsidensi	1 buah	Pengukuran aktivitas
21.	Sistem Pencacah Absolut 4πβ(P-C)-γ(NaI)TI Koinsidensi	1 buah	Pengukuran aktivitas
22.	Alpha Beta Sample Counter Model 3030	1 buah	Pengukuran aktivitas
23.	Multi Wire Propotional Counter	1 buah	Pengukuran aktivitas
24.	Sistem Pencacah Absolut 4πβ(PS)-γNaI(Tl) Koinsidensi	1 buah	Pengukuran aktivitas
25.	Detektor NaI(Tl) Well Tye	1 buah	Pengukuran aktivitas
26.	Dose Calibrator Cal/Rad Victoreen	1 buah	Pengukuran aktivitas
27.	Alpha spectrometer	1 buah	Pengukuran aktivitas
28.	Analytic Balance, Merek Mettler, Type H54 AR	1 buah	Pembuatan standar

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
29.	Electronic Analytical Balance, Merek KERN, Type ABT 220-5DM S/N WB10E0091	1 buah	Pembuatan standar
30.	Electronic Analytical Balance, Merek KERN, Type ABT 220-5DM S/N WB10E0089	1 buah	Pembuatan standar
31.	Electronic Balance, Merek Mettler, Type PM 4600, S/N H63971	1 buah	Pembuatan standar
32.	Thermohygrorometer Merek HAAR-SYNTH.HYGRO	1 buah	Pemantau kondisi ruangan
33.	Pesawat Co-60 Cirus – 90131 Oris Industrie S. A.	1 buah	Sumber kalibrasi
34.	Pesawat Co-60 Terragam Czechoslovakia	1 buah	Sumber kalibrasi
35.	Pesawat Co-60 OB. 6 Buchler	1 buah	Sumber kalibrasi
36.	Pesawat Cs-137 OB. 2 Buchler	1 buah	Sumber kalibrasi
37.	Pesawat X-Ray YXLON Comet A. G. Switzerland	1 buah	Sumber kalibrasi
38.	Check Source (Sr-90) 8921 -617 P. T . W.	1 buah	Sumber pengecek
39.	Check Source (Sr-90) 81 – 103 Nuclear Enterprises L. T. D	1 buah	Sumber pengecek
40.	Check Source (Sr-90) 2503/3A – 2629 Nuclear Enterprises L. T. D	1 buah	Sumber pengecek
41.	Check Source (Sr-90) 2503/3 – 1136 Nuclear Enterprises L. T. D	1 buah	Sumber pengecek
42.	Check Source (Sr-90) 2503/3A – 2241 Nuclear Enterprises L. T. D	1 buah	Sumber pengecek
43.	Check Source (Sr-90) 2503/3A – 2218 Nuclear Enterprises L. T. D	1 buah	Sumber pengecek
44.	Check Source (Sr-90) 2576 – 139 Nuclear Enterprises L. T. D	1 buah	Sumber pengecek
45.	Check Source (Sr-90) 2562 – 016 NPL	1 buah	Sumber pengecek
46.	Check Source (Am-241) SB no. 117 Austrian R. C. S.	1 buah	Sumber pengecek
47.	Farmer NE 2570/IB – 1319 N. E. Tehcnology	1 buah	Elektrometer
48.	Farmer NE 2570/IB – 1182 N. E. Tehcnology	1 buah	Elektrometer
49.	Keithley Picoammeter 6487 U. S. A.	1 buah	Elektrometer
50.	PTW Unidos Webline T10022 / 268 Germany	1 buah	Elektrometer
51.	PTW Unidos Universal T10001 / 11841 Germany	1 buah	Elektrometer

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
52.	Farmer (0,6 cc) NE 2571 – 3154 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
53.	Farmer (0,6 cc) NE 2571 – 2693 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
54.	Farmer (0,6 cc) NE 2571 – 2491 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
55.	Farmer (0,6 cc) NE 2581 – 333 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
56.	Farmer (0,6 cc) NE 2581 – 338 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
57.	Farmer (0,6 cc) NE 2581 – 327 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
58.	PTW vol. C M 23331 – 123 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
59.	PTW vol. D M 23332 – 204 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
60.	Ross W 34001 – 0125 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
61.	Markus W 23343 – 1946 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
62.	Markus vol. E3 M 23343 – 208 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
63.	PTW vol. B M 23342 – 097 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
64.	PTW vol. E3 M 23344 – 053 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
65.	Praparathalter Type 17737 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
66.	Exradin A101 REF 92680 - SN XAD073331 Standard Imaging	1 buah	Detektor
67.	Exradin A12 REF 92700 - SN XA083191 Standard Imaging	1 buah	Detektor
68.	Exradin A4 REF 92715 - SN XP 072342 Standard Imaging	1 buah	Detektor
69.	N. E. 30cc Type 089 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
70.	T. K. 30 Type TK30 – 107 Austrian R. C. S.	1 buah	Detektor
71.	Farmer Type (0,6 cc) TW 30013 / 6367 Germany	1 buah	Detektor
72.	Farmer Type (0,6 cc) TM 30013 Germany	1 buah	Detektor
73.	Roos (0,35 cc) TM 34001 Germany	1 buah	Detektor
74.	PinPoint (0,016 cc) TW 31016 Germany	1 buah	Detektor
75.	Semiflex (0,125 cc) TW 31010 Germany	1 buah	Detektor
76.	PTW vol. B M 23361 – 039 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
77.	MHV - P3 DDK (Proteksi) N. E. Technology	1 buah	Detektor
78.	Low Level S. S. LS-10 Austrian R. S. C.	1 buah	Detektor
79.	Farmer 600cc NE 2575 – 135 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor

No.	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
80.	Farmer 600cc NE 2575 – 576 Nuclear Enterprises L. T. D.	1 buah	Detektor
81.	Extrapolation Böhm T 23392 – 00131 PTW Freiburg	1 buah	Detektor
82.	Phantom Air – a - IAEA	1 buah	Phantom
83.	Phantom Air – b - IAEA	1 buah	Phantom
84.	Phantom Air – c - IAEA	1 buah	Phantom
85.	Phantom Air IBA – Horizontal Germany	1 buah	Phantom
86.	Phantom Air 1D Scanner - Sun Nuclear USA	1 buah	Phantom
87.	Babyline 31A E433A – 2546 Nardeux – Loches	1 buah	Surveymeter
88.	Monitor Area VAMP – Victoreen Victoreen - I. N. C	1 buah	Surveymeter
89.	Telescope Wild 01 Wild Heerbrugg	2 buah	Kelengkapan lain
90.	Aligment Laser Spinder & Hayer Germany	2 buah	Kelengkapan lain
91.	Meja Kalibrasi - IAEA	4 buah	Kelengkapan lain
92.	Barometer Oakton Japan	2 buah	Kelengkapan lain
93.	Higrometer Oakton Japan	2 buah	Kelengkapan lain
94.	Termometer Digital Digi -	2 buah	Kelengkapan lain
95.	Filter Al dan Cu - PTW Freiburg	2 set	Kelengkapan lain
96.	Termometer Alkohol - -	2 buah	Kelengkapan lain
97.	Komputer Dekstop	3 buah	Kelengkapan lain
98.	Stopwatch	2 buah	Kelengkapan lain
<b>e. Klinik Kawasan Nuklir Pasar Jumat</b>			
1.	Miura	1 buah	Pemeriksaan kimia darah
2.	Sysmex XNL	1 buah	Pemeriksaan hematologi
3.	Humastar 80	1 buah	Pemeriksaan kimia darah
4.	Micros 60	1 buah	Pemeriksaan hematologi
5.	Urisys	1 buah	Pemeriksaan urinalisa
6.	Rayto	1 buah	Pemeriksaan kimia darah
7.	Digital X-Ray Allengers	1 buah	Pemeriksaan foto rontgen
8.	EKG	1 buah	Pemeriksaan Jantung
9.	Centrifuge Hettic EBBA 3S	1 buah	Pemutar darah dan urine
10.	Centrifuge Hettic EBBA 200	1 buah	Pemutar Darah dan Urine
11.	Mikroskop Olympus CX31	1 buah	Pemeriksaan urine, semen, papsmear, FNAB, dan sitopatologi
12.	Sterilisator	3 buah	Sterilisasi peralatan

## Lampiran 3. Sertifikat dan Tanda Registrasi

### A. Sertifikat Akreditasi KAN

#### 1. Laboratorium Pengujian, No. LP-206-IDN



#### 2. Laboratorium Kalibrasi, No. LK-142-IDN



Buku ini tidak diperjualbelikan.

## B. Sertifikat SUCOFINDO

### 1. Penerapan Sistem Manajemen Mutu, Nomor QSC 01569



Sertifikat utama

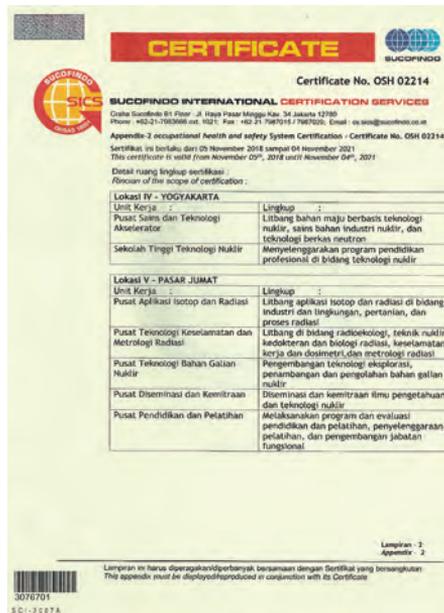


Lampiran

### 2. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, Nomor QSC 01569



Sertifikat utama



Lampiran

C. Sertifikat KNAPPP (Komite Nasional Akreditasi Pranata Penelitian dan Pengembangan)



D. Sertifikat Penguji Berkualifikasi dari BAPETEN untuk Pengujian Pesawat Sinar-X



Buku ini tidak diperjualbelikan.

## E. Tanda Registrasi Laboratorium Dosimetri Eksterna dari BAPETEN

  
**BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA**

**SURAT TANDA REGISTRASI  
LABORATORIUM DOSIMETRI EKSTERNA  
Nomor: 0077/HK 00 07/DKKN/1/2018**

Surat Tanda Registrasi ini diberikan kepada

Nama instansi	: Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) - Badan Tenaga Nuklir Nasional
Nama pimpinan	: Drs. Abarrul Ikram, M.Sc, Ph.D
Alamat instansi	: Jalan Lebak Bulus Raya Nomor 49 Jakarta 12240
E-mail	: ptkmr@batan.go.id
Telepon/faksimili	: 021-7513906 / 021-7657950
Lokasi laboratorium	: Jalan Lebak Bulus Raya Nomor 49 Jakarta 12240
Nama organisasi induk	: Badan Tenaga Nuklir Nasional

\*\*\*

Surat Tanda Registrasi ini diterbitkan berdasarkan

Surat permohonan registrasi	: Nomor B-11/BATAN/KMR.6/KN 09 01/1/2018, Tanggal 3 Januari 2018
Sertifikat akreditasi	: Nomor LP-206-IDN
Kriteria akreditasi	: SNI ISO/IEC 17025:2008
Lingkup akreditasi	: Evaluasi besaran Hp(10) pada peralatan pemantau dosis perorangan jenis termoluminisensi
Lembaga pemberi akreditasi	: Komite Akreditasi Nasional
Tanggal pengakuan dalam MRA	: 20 Juni 2001
Masa berlaku sertifikat akreditasi	: 25 April 2017 sampai dengan 24 April 2021

Masa berlaku Surat Tanda Registrasi

Diterbitkan pada tanggal	: <b>9 Januari 2018</b>
Berlaku hingga tanggal	: <b>24 April 2021</b>

Dalam hal sertifikat akreditasi dicabut, Surat Tanda Registrasi ini dinyatakan tidak berlaku.

s.n. Kepala,  
Direktur Keteknikan dan Kesiapsiagaan Nuklir

  
Yudi S. Sumargo  
NIP. 196601251990121001

F. Tanda Registrasi Laboratorium Penguji Radioaktivitas dari BAPETEN

  
**BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**  
**REPUBLIC INDONESIA**

**SURAT TANDA REGISTRASI**  
**LABORATORIUM PENGUJI RADIOAKTIVITAS**  
**Nomor: 0078/HK 00 07/DKKN/1/2018**

Surat Tanda Registrasi ini diberikan kepada

Nama instansi : **Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) - Badan Tenaga Nuklir Nasional**  
Nama pimpinan : **Dr. Abarrul Ikram, M.Sc, Ph.D**  
Alamat instansi : **Jalan Lebak Bulus Raya Nomor 49 Jakarta 12240**  
E-mail : **ptkmr@batan.go.id**  
Telepon/faksimili : **021-7513906 / 021-7657950**  
Lokasi laboratorium : **Jalan Lebak Bulus Raya Nomor 49 Jakarta 12240**  
Nama organisasi induk : **Badan Tenaga Nuklir Nasional**

Surat Tanda Registrasi ini diterbitkan berdasarkan

Surat permohonan registrasi : **Nomor B-11/BATAN/KMR.6/KN 09 01/1/2018,**  
**Tanggal 3 Januari 2018**  
Sertifikat akreditasi : **Nomor LP-206-IDN**  
Kriteria akreditasi : **SNI ISO/IEC 17025:2008**  
Lingkup akreditasi : **Analisis kandungan radioaktivitas (Sr-90, Cs-137, Cs-134, Co-60, Th-228, Th-230, Th-232, U-238, Ra-226, Ra-228, K-40, I-131, alfa total, beta total) dalam sampel bahan pangan, air, biota, rumput, tanaman, sayuran, susu, tanah, sedimen, bahan bangunan, dan norm/tenorm.**

Lembaga pemberi akreditasi : **Komite Akreditasi Nasional**  
Tanggal pengakuan dalam MRA : **20 Juni 2001**  
Masa berlaku sertifikat akreditasi : **25 April 2017 sampai dengan 24 April 2021**

Masa berlaku Surat Tanda Registrasi

Diterbitkan pada tanggal : **9 Januari 2018**  
Berlaku hingga tanggal : **24 April 2021**  
Dalam hal sertifikat akreditasi dicabut, Surat Tanda Registrasi ini dinyatakan tidak berlaku.

a.n. Kepala,  
Direktur Keteknikan dan Kesiapsiagaan Nuklir

  
**Dedik Eko Sumargo**  
NIP. 196612251990121001

## Lampiran 4. Publikasi Ilmiah PTKMR Tahun 2017–2020

### A. Daftar Publikasi Ilmiah PTKMR Tahun 2017

<b>Nama Jurnal</b>	<b>Judul Karya Tulis Ilmiah</b>	<b>Penulis</b>
I. Jurnal internasional		
1. Regional Studies in Marine Science 10, 81–85, February 2017	Status of <sup>137</sup> Cs Concentrations in Sea Water at the Inlets of the Indonesian Through Flow (ITF)	<u>Heny Suseno</u> , Ikh-san Budi W, Muslim, <u>Muhammad Nur Yahya</u>
2. Atom Indonesia Vol.43 No.1 (2017), pp.47–54	Assessment of Ionizing Radiation Induced Dicentric Chromosome and Micronuclei in Human Peripheral Blood Lymphocytes for Preliminary Reconstruction of Cytogenetic Biodosimetry	<u>Mukh Syaifudin</u> , <u>Yanti Lusiyanti</u> , <u>So-fiat Purnami</u> , Yun Sil Lee, Cang Mo Kang
3. Atom Indonesia, Vol.43 No.1 (2017), pp.41–46	Behaviour of Cs-137 Activity in the Sayung Waters, Demak, Indonesia	Muslim, <u>Heny Suseno</u> and M.J. Pratiwi
4. Journal of Environmental Radioactivity, Vol.171 (2017), pp. 212–216	Study of $\gamma$ -H2AX as DNA Double Strand Break Biomarker in Resident Living in High Natural Radiation Area of Mamuju, West Sulawesi	lin Kurnia, Darlina Yusuf, Tur Rahardjo, Siti Nurhayati, Devita Tetriana, Dwi Ramadhani, Zubaidah Alatas, So-fiat Purnami, Teja Kisananto, Yanti Lusiyanti, and Mukh Syaifudin
5. J. Appl. Clin. Med. Phys Vol.18 No.4 July 2017, pp.144–154	Effect of VERO Pan-Tilt Motion on the Dose Distribution	<u>Heru Prasetyo</u> , Indra Yohannes, and Christoph Bert
6. Biosaintifika Journal of Biology and Biology Education, Volume 9(2), 201–208	Capability Of Vitamin E as a Radio-protector in Suppressing DNA Damage Determined with Comet Assay	<u>Darlina</u> , Lusy Dahlia A., <u>Teja Kisananto</u> , dan <u>Mukh Syaifudin</u>

- |     |  |   |   |
|-----|--|---|---|
| 7.  | International Journal of Low Radiation Volume 10(4), 314–323, 2017 | Assessment of DNA Damage in Lymphocytes of Mamuju (A High Background Radiation Area) Inhabitants Using Alkaline Single Cell Gel Electrophoresis (SCGE)  | Tur Rahardjo, Wiwin Mailana, Teja Kisananto, Darlina, Siti Nurhayati, Devita Tetriana, Dwi Ramadhani and Mukh Syaifudin |
| 8.  | Atom Indonesia, Vol.43 No.2 (2017), pp.75–80                       | Biological Dosimetry Using Micronucleus Assay in Simulated Partial Body Exposure to Ionizing Radiation  | Sofiati Purnami, Siti Nurhayati, Mukh Syaifudin, and Dwi Ramadhani  |
| 9.  | American Institute of Physics, 1801, 060004 (2017)                 | Measurement of Radiation Distribution for Radon (Rn) and Thoron (Th) Concentrations in Heritage Gua Batu and Gua Mimpi of Maros Regency, South Sulawesi | Syamsir Dewang, Aryo Suryo Akmal, Bualkar Abdullah, and <u>Syarbaini</u>  |
| 10. | Atom Indonesia, Vol.43 No.3 (2017)                                 | Comparative Analysis of Direct and Indirect <sup>131</sup> I Measurement Methods from The Stack to Outdoor  | Gatot Suhariyono and Bunawas  |
| 11. | Global Journal of Healthy Science, Vol. 9 No. 12, 2017             | Health Risk Implications of Terrestrial Gamma Radiation Dose Rate in Central Jakarta, Indonesia; Short Communication                                    | Nursama Heru Apriantoro, Muzilman Muslim, <u>Dadong Iskandar</u> , Purwatiningsih, Witri Mulyani dan Samsun             |
| 12. | International Journal of Radiation Biology, 93(1), 20–29, 2017     | RENEB Intercomparison Applying the Conventional Dicentric Chromosome Assay (DCA)  | U. Oestreicher, D. Samaga, E. Ainsbury, A.C. Antunes, ..., <u>Lusiyanti, Y.</u> , et al.                                |
| 13. | Jurnal Sains Nuklear Malaysia, 2017, 29(1): 45–61                  | Relative Effect of Water Quality on <sup>137</sup> Cs Activity in Larangan Water, Tegal   | Muslim, <u>Wahyu Retno Prihatiningsih</u> and Adi Budi Nugroho  |
| 14. | Atom Indonesia, Vol.43 No.3 (2017) pp.167–171                      | <i>In Vitro</i> Infectivity Study of Cryopreserved Irradiated Intraerythrocytic Form of <i>Plasmodium falciparum</i>                                    | Siti Nurhayati, Tur Rahardjo, Darlina, Devita Tetriana, Teja Kisananto, Mukh Syaifudin, and Dwi Ramadhani               |

15. Biosaintifika, Vol 9, No 3 (2017), pp.585–591 [Evaluation of Chromosomal Aberrations and Micronuclei in Medical Workers Chronically Exposed to Low Dose Ionizing Radiation](#) Yanti Lusiyanti, lin Kurnia, Viria Agesti Suvifan, Sardini, Sofiaty Purnami, Nastiti Rahajeng
16. Radiotherapy and Oncology 123, S828–S829, Mei 2017 [EP-1541: 4D dose reconstruction using a standard TPS in combination with a respiratory motion model](#) M Ziegler, J Woelfelschneider, [Heru Prasetio](#), C Bert

---

#### II. Jurnal nasional terakreditasi

1. Jurnal Natural, Vol.17, No.2, 2017, halaman 96–101 Determination of Radon Concentrations in Dwelling in Aceh Wahyudi, Dadong Iskandar, Rini Safitri dan Kusdiana
2. Omni-Akuatika, 13 (2): 180–189, 2017 Marine Radioecology in Bali and Lombok Waters: Present Status of <sup>137</sup>Cs and Natural Radionuclides in Lombok Strait Deddy Irawan Permana Putra and Heny Suseno
3. M.PI. Vol.11 No 1, April 2017, hal. 23–30 Analisis Potensi Bahaya Ledakan SPPBE di Sekitar Calon Tapak RDE Siti Alimah, Dedy Priambodo, [June Mellawati](#)
4. Jurnal Matematika dan Sains 22 (1), 18–19, 2017 Pengaruh Penambahan SiO<sub>2</sub> dan PTFE Terhadap Respon Termoluminesensi TLD CaSO<sub>4</sub>: Dy [Nunung Nuraeni](#), [Dewi Kartikasari](#), F Iskandar, F Haryanto, Abdul Waris, [Eri Hiswara](#)

---

#### III. Prosiding pertemuan ilmiah internasional dan regional

1. The 3<sup>th</sup> Internasional Symposium on Current Progress In Mathematics and Science (ISCPMS) 2017 Synthesis and Characterization of Calcium Sulphate (CaSO<sub>4</sub>) Thermoluminescence Dosimeter (TLD) using Dysprosium (Dy) and Thulium (Tm) Dopant [Dewi Kartikasari](#), Agustino Zulys, [Eri Hiswara](#), [Nunung Nuraeni](#)
2. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 214 021036 doi: 10.1088/1757-899X/214/1/012036 PTFE Additive and Re-annealing Effect on Thermoluminescence Response of CaSO<sub>4</sub>:Dy Derived from Co-precipitation Method [Nunung Nuraeni](#), Ricky Dwi Septianto, Ferry Iskandar, Freddy Haryanto, Abdul Waris, [Eri Hiswara](#)
3. J.Phys.: Conf. Ser.877 012065 doi: 10.1088/1742-6596/877/1/012065 Preliminary Studies of Thermoluminescence Dosimeter (TLD) CaSO<sub>4</sub>:Dy Synthesis [Nunung Nuraeni](#), Ferry Iskandar, Freddy Haryanto, Abdul Waris

- |    |   |   |  |
|----|---|---|--|
| 4. | The 2 <sup>nd</sup> Internasional Conference on Global Health, FKUI Jakarta 14–16 Agustus 2017                                  | Baseline parasite profile in Developing Iradiation malaria vaccine in Indonesia: Molecular Analysis of Papua samples  | <u>Mukh Syaifudin, Darlina, Siti Nurhayati, Tur Rahardjo, Harry Nugroho E.S., Puji Budi S., Asih, Sylvia S. Marantina, Din Syafrudin, Yuliwati, Antonius Octavian, Lidwina Anwar</u> |
| 5. | Presented in 4 <sup>th</sup> Educational Symposium Radiation and Health (ESRAH 2017) Hiroasaki University, 23–24 September 2017 | Cytogenetic and Molecular Damages in Blood Lymphocyte of Inhabitants Living in High Level Natural Radiation Area (HNLRA) of Botteng Village, Mamuju, West Sulawesi, Indonesia | Mukh Syaifudin   |
| 6. | Presented in Internasional Conference onCON-RAD 2017, 9–11 Mei 2017 Munich Germany  | Evaluation on the Supplementation of Bawang Lanang (Fermented Garlic) Extract in Protecting Human Lymphocytes in Vitro from the Genotoxic Activity of Gamma-rays              | Mukh Syaifudin dkk   |
| 7. | Presented in Internasional Conference onCON-RAD 2017, 9–11 Mei 2017 Munich Germany  | Assessment of Genome Damage Using Microinucleus Assay in High Background Radiation Area in Indonesia  | Dwi Ramadhani dkk.   |
| 8. | Presented in Internasional Conference onCON-RAD 2017, 9–11 Mei 2017 Munich Germany  | Preliminary Study on The Expression of Gamma H2AX and 53PBI in Medical Radiation Workers  | lin Kurnia dkk.  |
| 9. | Presented in Internasional Conference onCON-RAD 2017, 9–11 Mei 2017 Munich Germany  | Chromosomal Aberration Analysis of Mamuju Inhabitants Using Single Color FISH and Conventional Giemsa Stain   | Sofiaty Purnami dkk.   |

---

#### IV. Prosiding pertemuan ilmiah nasional

- |    |   |  |  |
|----|---|--|--|
| 1. | Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan PTRR 2016, Maret 2017, pp.8–13 | Penentuan Faktor Koreksi Attenuasi dan Faktor Kalibrasi Kamera Gamma pada Pencitraan <sup>177</sup> Lu untuk Protokol Dosimetri Terapi | <u>Nur Rahmah Hidayati, Prasetya Widodo, Titis Sekar Humani, dan Martalena Ramli</u> |
|----|---|--|--|

- |    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| 2. | Seminar Keselamatan Nuklir, BAPETEN, Yogyakarta, 1 Agustus 2017, pp.63–66                      | Penentuan Dosis Serap Air Berkas Radiasi $^{60}\text{Co}$ Pesawat Pisau Gamma <i>LEKSELL PERFEXION</i> No. Seri 6428   | Assef Firnando Firmansyah, Sri Inang Sunaryati, Nurman Rajagukguk, Gatot Wurdianto |
| 3. | Seminar Keselamatan Nuklir, BAPETEN, Yogyakarta, 1 Agustus 2017, pp.71–77                      | PLTN dan Pendapat Publik   | Eri Hiswara  |
| 4. | Seminar Keselamatan Nuklir, BAPETEN, Yogyakarta, 1 Agustus 2017, pp.153–161                    | Pengaruh Sinar-X/ Foton Pada Rentang Energi (12,7- 661,6) keV Terhadap Respon TLD BARC ( $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ) dan Algoritma untuk Evaluasi Respon TLD | Nazaroh, Rofiq Syaifudin, C. Tuti Budiantari                                       |
| 5. | Seminar Keselamatan Nuklir, BAPETEN, Yogyakarta, 1 Agustus 2017, pp.238–242                    | Perkembangan Teknologi Pada Pesawat Teleterapi di Indonesia dan Aspek Keselamatannya   | Assef Firnando Firmansyah, Sri Inang Sunaryati, Nurman Rajagukguk, Gatot Wurdianto |
| 6. | Seminar Keselamatan Nuklir, BAPETEN, Yogyakarta, 1 Agustus 2017, pp.248–251                    | Proses Daur Ulang Zat Terbungkus $^{137}\text{Cs}$ yang sudah Tidak Digunakan Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013                           | <u>Suhaedi Muhammad</u> , Rr. Djarwanti RPS  |
| 7. | Seminar Keselamatan Nuklir, BAPETEN, Yogyakarta, 1 Agustus 2017, pp.368–371                    | Kajian Penatalaksanaan Kesehatan Pekerja Radiasi Yang menerima Dosis Radiasi Berlebih.   | <u>Suhaedi Muhammad</u> , Rr. Djarwanti RPS, <u>Susyati</u>                        |
| 8. | 5 <sup>th</sup> Annual Scientific Meeting Indonesian Heart Society, Jakarta 18–19 Agustus 2017 | Improving Radiation Safety for Electrophysical Laboratory Personnel  | Eri Hiswara  |

B. Daftar Publikasi Ilmiah PTKMR Tahun 2018

	<b>Nama Jurnal</b>	<b>Judul Karya Tulis Ilmiah</b>	<b>Penulis</b>
<b>I. Jurnal internasional</b>			
1.	Atom Indonesia, Vol.44 No.1 (2018), pp. 43–48	Micronucleus frequencies and DNA repair gene XRCC3 polymorphism in radiation workers of Center for Multipurpose Reactor	Dwi Ramadhani, Yanti Lusiyanti and Mukh Syaifudin

2. Atom Indonesia, Vol.44 No.2 (2018), pp. 105–111  
Polymorphism of XRCC1 gene Exon 6 (Arg194Trp) in relation to micronucleus frequencies in hospital radiation workers  
Harry Nugroho, Eko Surniyantoro, Yanti Lusiyanti, Tur Rahardjo, Devita Te-triana, Siti Nurhayati and Hiroyuki
3. Marine Pollution Bulletin, 127. pp. 458–462  
Present status of <sup>137</sup>Cs in seawaters of the Lombok Strait and the Flores Sea at the Indonesia Through Flow (ITF) following the Fukushima accident  
Heny Suseno, Ikh-san Budi Wahono
4. Atom Indonesia, Vol.44 No.2 (2018), pp. 63–67  
Present status of marine radioecology in Jakarta Bay  
Heny Suseno, Budiawan, Muslim, Muslim, Murdahayu, Makmur and Muhammad Nur Yahya
5. Atom Indonesia, Vol.44 No.2 (2018), pp. 99–104  
Determination of the dosimetric characteristics of BATAN's <sup>125</sup>I source for brachytherapy: An experimental study  
Kri Yudi Pati Sandy, Suprianto Paw-iro and Djarwani Soejoko
6. Genome Integrity, 9 (1). (10)  
Micronucleus assay-based evaluation of radiosensitivity of lymphocytes among inhabitants living in high background radiation area of Mamuju, West Sulawesi, Indonesia.  
Mukh Syaifudin, Siti Nurhayati, Sofhati Purnami and Eko Pudjadi
7. Radiation Environment Medicine, 7 (2). pp. 65–76  
Cytogenetic and molecular damages in blood lymphocyte of inhabitants living in high level natural radiation area (HLNRA) of Botteng Village, Mamuju, West Sulawesi, Indonesia.  
Mukh, Syaifudin, Sofhati Purnami, Tur Rahardjo, lin Kurnia, Nastiti Rahajeng, Darlina, Siti Nurhayati, Dwi Ramadhani and Eko Pudjadi
8. Advanced Science Letters, 24 (9). pp. 6409–6413  
Baseline parasite profile in developing irradiation malaria vaccine in Indonesia: molecular analysis of Papua samples  
Mukh Syaifu-din, Darlina, Siti Nurhayati and Tur Rahardjo

- |     |   |   |  |
|-----|---|---|--|
| 9.  | Biodiversitas, Volume 19, Number 5, September 2018  | Association between XRCC1 exon 10 (Arg-399Gln) gene polymorphism and micronucleus as a predictor of DNA damage among radiation workers  | H.N.E. Surniyantoro, Y. Lusiyanti, T. Rahardjo, D. Tetriana, dan S. Nurhayati                                |
| 10. | Rasayan J Chem Vol. 11 No.3 (2018) pp. 1222 – 1228  | Effect of pH and anion interferences on determination of orthophosphate speciation by diffusive gradient in thin film (DGT) technique   | Askal Maimulyanti, Budiawan, Asep Saefumillah and <u>Henry Suseno</u>  |
| 11. | Physics in Medicine and Biology, Vol 63, (2018), 035043<br>doi: <a href="https://doi.org/10.1088/1361-6560/aaa617">https://doi.org/10.1088/1361-6560/aaa617</a> | Dose calculation and verification of the Vero gimbal tracking treatment delivery  | <u>H. Prasetio</u> , J. Wölfelschneider, M. Ziegler, M. Serpa, B. Witulla and C. Bert                        |
| 12. | The Indonesian Biomedical Journal Volume 10(1), April 2018, pp.66–73  | Lymphocyte proliferation kinetics in inhabitant of Takandeang Village, Mamuju : A high background radiation area in Indonesia   | Dwi Ramadhani, Siti Nurhayati, Tur Rahardjo, Eko Pudjadi and Mukh Syaifudin                                  |
| 13. | Journal of Biological Researches Vol. 24(1), Desember 2018  | In vitro radiosensitivity of lymphocytes from high background radiation area inhabitants in Indonesia: a pilot study using the G0 micronucleus assay  | <u>Dwi Ramadhani</u> , <u>Sofiati Purnami</u> , Siti Nurhayati <u>Eko Pudjadi</u> and <u>Mukh Syaifudin</u>  |
| 14. | Jurnal Materials Research Mater. Res. Express 5 (2018) 044003.  | The effect of addition of PTFE or urea on luminescence response of copper-doped lithium tetraborate   | Ferry Iskandar, Annisa Fajri, <u>Nunung Nuraeni</u> , Erythrina Stavila, Akfiny H Aimon and Bebeh W Nuryadin |
| 15. | Jurnal Materials Research Mater. Res. Express 5 (2018) 106201.  | The enhancement on thermoluminescence response of rare earth metal-doped CaSO <sub>4</sub> /CaF <sub>2</sub> -based thermoluminescence dosimetry driven by polytetrafluoro-ethylene decomposition | <u>N. Nuraeni</u> , F. Iskandar, A. Waris, F. Haryanto and <u>E. Hiswara</u>                                 |
-

---

II. Jurnal nasional terakreditasi

---

- |    |   |  |   |
|----|---|--|---|
| 1. | Jurna Teknologi Lingkungan, 19 (2) (2018) pp. 221–226                     | Analisis Unsur dalam Fly Ash dari Industri PLTU Batubara dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron   | Muji Wiyono and Wahyudi   |
| 2. | Journal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Vol.14 No.2 (2018) pp. 125–131 | Pengaruh Radiasi Pengion terhadap kerusakan DNA Pada Sel limfosit Pekerja Medis dengan menggunakan Uji Komet                                   | Teja Kisnanto, Darlina dan Tur Rahardjo   |
| 3. | Journal Biotek Medisiana Indonesia Volume 7 No 1 tahun 2018               | Efek jenis pekerjaan usia dan gender terhadap kerusakan DNA sel limfosit pekerja radiasi medik   | Darlina, Teja Kisnanto dan Yanti Lusiyanti  |
| 4. | Jurnal Biotek Medicina Indonesia Vol. 7 No. 1 April 2018, hal. 71         | Optimalisasi pewarnaan Giemsa pada apusan darah tipis parasite rodensia <i>P. berghei</i> untuk mendukung pengembangan vaksin malaria iradiasi | <u>Mukh Syaifudin</u> , Indah Irma, dan <u>Dwi Ramadhani</u>                                |
| 5. | Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Volume 20. No. 1. Juni (2018)           | Study of Dispersion Hazard Potential of the LPG Stations around The RDE Site in Rainy and Dry Season   | Siti Alimah and <u>June Mellawati</u>   |
| 6. | Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Vol. 14(2) Desember 2018       | Micronucleus frequencies in mononucleated cells of people living in Takandeang Village – a high level of natural radiation area in Indonesia   | Sofiati Purnami, Masneli Lubis, D Suryadi, Siti Nurhayati, Dwi Ramadhani and Mukh Syaifudin |
| 7. | Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Vol. 14(2) Desember 2018       | Evaluasi hubungan dosis radiasi terhadap kerusakan DNA sel limfosit dengan menggunakan tes Comet   | Darlina, Tur Rahardjo dan Mukh Syaifudin  |
| 8. | Indonesian Journal of Cancer, 2018 Apr–Jun;12(2): 47–51.                  | Expression of $\gamma$ -H2AX Using Immunofluorescence Assay as an Adaptive Response of PBMC in Radiation Workers at Dharmais Cancer Hospital   | Arifn Musthafa, Fielda Djuita, <u>lin Kurnia</u>  |
-

III. Prosiding pertemuan ilmiah internasional dan regional			
1.	Proceeding AIP Conference 2018 2023,020084	Synthesis of Thermoluminescence Dosimeter (TLD) Using Calcium Sulfate ( $\text{CaSO}_4$ ) with Variation of Dysprosium	<u>Dewi Kartikasari, A. Zulys, Eri Hiswara, Nunung Nuraeni</u>
2.	Proceeding Book The Annual Basic Science International Conference 6–7 March 2018 Brawijaya University Malang	Detection of Micronucleus and $\gamma\text{H2AX}$ on Lymphocyte in Medical workers cronicallly Exposed to Low Dose Ionizing Radiation	Yanti Lusiyanti, lin Kurnia, Siti Nurhayati and Nastiti Rahajeng
IV. Prosiding pertemuan ilmiah nasional			
1.	Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Fisika Medis dan Biofisika 2018, Semarang, 10–12 Agustus 2018	Evaluasi laju filtrasi glomerulus pada kasus diabetes melitus dengan kamera gamma menggunakan radiofarmaka $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$	<u>A. F. Jundi, L. E. Lubis, dan F. Nazir</u>
2.	Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Fisika Medis dan Biofisika 2018, Semarang, 10–12 Agustus 2018	Determination of the absorbed dose rate to water for photon beams with a small field size using the PTW microdiamond detector	Assef Firnando Firmansyah, Sri Inang Sunaryati, Nurman Rajagukguk
3.	Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Fisika Medis dan Biofisika 2018, Semarang, 10–12 Agustus 2018	Karakteristik berkas foton 6 MV tanpa flattening filter pesawat pemercepat linier medik Varian Trilogy	<u>Assef Firnando Firmansyah, Dea Ryangga, Sri Inang Sunaryati, Nurman Rajagukguk, Akbar Azzi</u>
4.	Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.21–26	Deteksi Komplikasi Penyakit Diabetes Tipe 2 Pada Ginjal Menggunakan Metode Renografi Dengan $\text{Tc-}^{99\text{m}}$ Etylen Cysteine Dan Diaethylene Penta Acetic Acid	Fadil Nazir dan Maria Evalisa
5.	Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.74–79	Bungkusan Tipe A untuk Pengangkutan Zat Radioaktif Molybdenum-99 atau Iodium-131	<u>Suhaedi Muhammad</u> dan Rr. Djarwanti RPS
6.	Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.115–119	Penentuan Laju Kerma Udara Pesawat Brakiterapi $\text{Co-}^{60}$ GZP6/167	Assef Firnando Firmansyah

7. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.120–125 Preliminary study on image quantification of anthropomorphic phantoms for dosimetry protocol using MIRD 16 method [Nur Rahmah Hidayati](#), Diah Shanti U., Johan S. Noor, and [Prasetya Widodo](#)
8. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.160–165 Penentuan Luaran Berkas Foton 6 dan 10 MV Menggunakan Dua Buah Fantom Air Hafidz Reza Assegaf, [Assef Firmando Firmansyah](#)
9. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.237–242 Pemantauan Radiasi Darah Kerja Gamma Metrics CB Omni di Mining Hambalang Office Farida Tusafariah, Rofiq Syaifudin
10. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.429–433 Karakteristik Beton Tipe K-500 Sebagai bahan Perisai Radiasi Prototipe Siklotron DECY 13 MeV B.Y. Eko Budi Jumpeno, Nazaroh, Iman Taufik
11. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.493–500 Jaminan Mutu Pengukuran Output Sumber Radiasi  $^{137}\text{Cs}$  untuk Kalibrasi Alat Ukur Radiasi (AUR) di laboratorium Kalibrasi BPFK Jakarta Febrianto Herawan, [Nazaroh](#)
12. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017, pp.501–508 Characteristic Study of  $\text{LiI}(\text{Eu})$  Scintillation Detector towards  $^{241}\text{AmBe}$  Neutron Nazaroh, Fendinugroho, C. Tuti Budiantari
13. Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2017, BATAN, 21–23 November 2017 Biodistribusi Radiofarmaka  $\text{Tc-99m}$  Sestamibi Menggunakan Teknik Pencitraan Perfusi Myocard pada Pasien dengan Penyakit Jantung Koroner Syarifuddin, Khaerul Ansory, Budi Santoso dan [Fadil Nazir](#)
14. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858–3601, terbit April 2018. Pengukuran fluks neutron  $^{241}\text{AmBe}$  dan  $^{252}\text{Cf}$  dengan BSS dan detektor sintilasi  $\text{LiI}(\text{Eu})$  [Nazaroh](#) dan Rasito
15. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858–3601, terbit April 2018. Kilas balik kejadian kegagalan penggunaan produk  $\text{Ir-192}$  untuk radiografi industri di Kutai Kertanegara Suhaedi Muhammad

- |     |  |   |   |
|-----|--|---|---|
| 16. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Pengukuran aktivitas $^{99m}\text{Tc}$ secara absolut dengan metode koinsidensi $4\pi e-\gamma$   | Agung Agus Budiman, Holnisar  |
| 17. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Penentuan luaran berkas radiasi elektron laju dosis tinggi pesawat pemercepat linier Elekta Versa HD dan Varian Clinac iX                                 | Assef Firnando Firmansyah, Sri Sunaryati  |
| 18. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Evaluasi imunitas selular (CD8) pada pekerja radiasi medis  | Darlina dan Yanti Lusiyanti   |
| 19. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Peran sembilan objek pemantauan pada sken hati (liver scan) menggunakan Tc-99m sulfur colloid untuk mempertajam diagnostik kelainan fungsi hati dan limpa | Fadil Nazir, Maria Evalisa  |
| 20. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Genetic polymorphism in DNA base excision repair gene XRCC1 among medical radiation workers   | Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Yanti Lusiyanti, Wiwin Mailana, Devita Tetriana                             |
| 21. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Pemanfaatan biomarker mikronuklei untuk mendukung program proteksi radiasi  | Siti Nurhayati, Mukh Syaifudin  |
| 22. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Hubungan fragmen asentrik kromosom dan mikronuklei pada sel limfosit dengan paparan radiasi sinar X   | <u>Sofiaty Purnami</u> ,<br><u>Farhanah Assagaf</u> ,<br><u>Pudji Pertiwi</u> dan<br><u>Yanti Lusiyanti</u> |

- |     |  |  |   |
|-----|--|--|---|
| 23. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Pemeriksaan jumlah leukosit, limfosit dan hitung jenis sel darah pekerja radiasi di rumah sakit  | Tur Rahardjo, Darlina, Kristina Dwi Puranti dan Siti Nurhayati  |
| 24. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Mikronuklei pada pasien kanker serviks pra dan pasca radioterapi   | <u>Yanti Lusiyanti</u> , <u>Masnelli Lubis</u> , <u>Viria AS</u> , <u>Suryadi</u> , Cahya Kurdjana, <u>Nastiti Rahajeng</u>           |
| 25. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Konsentrasi radon di rumah penduduk di wilayah Kalimantan Timur  | Wahyudi, Eka Djatnika Nugraha, Kusdiana, Dadong Iskandar  |
| 26. | Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Bandung, 14 November 2017. ISSN: 1858-3601, terbit April 2018. | Radioaktivitas $^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Th}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{238}\text{U}$ , dan $^{40}\text{K}$ dalam Bahan Pangan di Desa Takandeang, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat. | Ceiga Nuzulia Sofyaningtyas, Eko Pudjadi, Wahyudi dan Oktisya Devi W.   |
| 27. | Seminar Nasional Keselamatan Nuklir 2018; Bapeten, Malang 2 Agustus 2018<br>ISSN 1412-3258                                 | Kalibrasi Luaran Berkas Foton 6 MV Tanpa Flattening Filter Dua Buah Pesawat Pemercepat Linier Varian Trilogy   | Assef Firnando Firmansyah   |
| 28. | Seminar Nasional Keselamatan Nuklir 2018; Bapeten, Malang 2 Agustus 2018<br>ISSN 1412-3258                                 | Pembuatan sumber standar $^{57}\text{Co}$ bentuk rod untuk kedokteran nuklir   | Hermawan Candra   |
| 29. | Seminar Nasional Keselamatan Nuklir 2018; Bapeten, Malang 2 Agustus 2018<br>ISSN 1412-3258                                 | Analisis uji korelasi karakteristik pasien dengan dosis permukaan pada pemeriksaan CT abdomen  | Rini Marini, Puji Hartoyo dan <u>Hasnel Sofyan</u>  |
| 30. | Prosiding APISORA 2018 PAIR-BATAN  | Analisis Sitogenetik dan SNPs Pada Sel Limfosit Pekerja radiasi Medik  | Yanti Lusiyanti, Viria Agesti Sufivan, Masnelly Lubis, Suryadi, Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Sofiati Purnami, dan Nastiti Rahajeng |

- |     |  |   |  |
|-----|--|---|--|
| 31. | Prosiding APISORA 2018 PAIR-BATAN  | Study The Response of TLD-BARC Against X-Ray And Photon Energy And Algorithm for Evaluation of Personnel Dose Equivalent, Hp(10)                    | <u>Nazaroh, Rofiq Syaifudin, Assef F.F.</u> dan AS Pradhan |
| 32. | Prosiding APISORA 2018 PAIR-BATAN  | Studi Respon TLD-700 [LiF:Mg, Ti] Terhadap Gamma ( $^{137}\text{Cs}$ ) Dan Beta [ $^{147}\text{Pm}$ , $^{85}\text{Kr}$ dan $^{90}\text{Sr}$ ]       | Nazaroh, Pardi, dan C. Tuti Budiantari                     |
| 33. | Prosiding APISORA 2018 PAIR-BATAN  | Pengaruh sebaran normal dosis radiasi personil pada zona quartil atas terhadap nilai pembatas dosis   | Suhaedi Muhamad  |
| 34. | Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Peng- etahuan dan Teknologi Nuklir, PSTA Yogyakarta 24 Juli 2018   | Konsentrasi radon di rumah penduduk di wilayah Kalimantan Barat   | Wahyudi, Kusdi- ana, Muji Wiyono, Dadong Iskandar          |
| 35. | Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Peng- etahuan dan Teknologi Nuklir, PSTA Yogyakarta 24 Juli 2018   | Komparasi penentuan NPD antara metode quartilisasi dosis mak- simum dengan metode distribusi frekuensi pada zona quartil atas.                      | Suhaedi M  |
| 36. | Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Peng- etahuan dan Teknologi Nuklir, PSTA Yogyakarta 24 Juli 2018   | Karakteristik Berkas Radi- asi Foton 6 MV Dua Buah Pesawat Pemercepat Linier Medik Shinva   | Assef Firnando Fir- mansyah, Sri Inang Sunaryati           |
| 37. | Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Peneli- tian Dasar Ilmu Peng- etahuan dan Teknologi Nuklir, PSTA Yogyakarta 24 Juli 2018 | Penentuan Luaran Berkas Elektron Energi Nominal 4, 6, 9, 12, dan 15 MeV Dari Pesawat Pemercepat Linier Medik Varian Menggunakan Dua Buah Fantom Air | Assef Firnando Firmansyah                                  |
| 38. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.1-6                          | Peningkatan sifat me- kanik poliester dengan penambahan silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ )   | Meri Suhartini, San- toso Prayitno, <u>June Mellawati</u>  |

- |     |   |   |  |
|-----|---|---|--|
| 39. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.182–189 | Sistem manajemen BAT-AN dan penerapan ISO 45001:2018  | Suzie Darmawati, Widjanarko dan <u>Eri Hiswara</u>   |
| 40. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.203–208 | Karakteristik berkas radiasi foton 6 MV pesawat pemercepat linier medik monoenergi Elekta Synergy Platform                              | Assef Firnando Firmansyah  |
| 41. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.209–214 | Penentuan laju dosis serap air berkas foton 6 MV menggunakan empat tipe detektor ionisasi   | Assef Firnando Firmansyah  |
| 42. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.222–227 | Penentuan residence time radiofarmaka <sup>99m</sup> Tc-MDP menggunakan Ms-Excel, Matlab dan Olinda/EXM untuk estimasi dosis ke manusia | <u>Nur Rahmah Hidayati</u> , Iswahyudi, Teguh Hafiz Ambar Wibawa, Deka Andini, Isnaini Nur Islami, Isti Daruwati |
| 43. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.228–233 | Uji karakteristik multi detektor pada 2 Well Gamma Counter berbeda tipe menggunakan sumber standar <sup>125</sup> I                     | Wijono dan Gatot Wurdianto   |
| 44. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.281–288 | Pembuatan sumber standar pemancar gamma campuran <sup>137</sup> Cs- <sup>60</sup> Co untuk kalibrasi spektrometer gamma                 | Hermawan Candra, Gatot Wurdianto, Holnisar   |
| 45. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.365–373 | Profil respons tiga jenis beton terhadap radiasi neutron AmBe (16 Ci)   | Nazaroh, BY Eko Budi Jumpeno dan Iman Taufik   |

- |     |   |  |  |
|-----|---|--|--|
| 46. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.399–404 | Data riset persiapan kalibrasi “hand and foot contamination monitor”   | Nazaroh, Hermawan Candra, Holnisar, Eko Pramono dan Rosdiani         |
| 47. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.491–502 | Gambaran implementasi sistem manajemen keselamatan radiasi di PTKMR-BATAN dengan metode distribusi frekuensi relatif.                              | Suhaedi Muhammad   |
| 48. | Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Manusia Teknologi Nuklir 2018, Yogyakarta, 20 Agustus 2018, pp.512–517 | Perbandingan sensitivitas TLD-100H (LiF:Mg,Cu,P) dan OSLD NanoDot (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :C) dalam aplikasi medis pemantauan dosis rendah | Raras Hanifatunnisa, Hasniah Aliah dan <a href="#">Hasnel Sofyan</a> |
| 49. | Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018, Yogyakarta, 25 Oktober 2018, pp.21–30            | Status terkini mengenai pemanfaatan PLTN di dunia dan prospek pembangunannya di Indonesia  | Eri Hiswara  |
| 50. | Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018, Yogyakarta, 25 Oktober 2018, pp.123–130          | Karakteristik nilai pembatas dosis dengan metode quartilisasi dosis maksimum   | <a href="#">Suhaedi Muhammad</a> , Rr. Djarwanti RPS                 |
| 51. | Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018, Yogyakarta, 25 Oktober 2018, pp.141–150          | Kajian fauna di propinsi Nusa Tenggara Barat (NTB): Studi kasus rencana pembangunan PLTN   | <a href="#">June Mellawati</a> , Meri Suhartini                      |
| 52. | Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018, Yogyakarta, 25 Oktober 2018, pp.161–172          | Pengukuran bobot indikator keselamatan radiasi di lingkungan PTKMR-BATAN dengan metode aproksimasi relatif   | Suhaedi Muhammad   |
| 53. | Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018, Yogyakarta, 25 Oktober 2018, pp.193–200          | Tingkat radioaktivitas gross beta dan <sup>137</sup> Cs dalam air hujan di kawasan nuklir Serpong  | Leli Nirwani, R. Buchari, Wahyudi, Muji Wiyono, June Mellawati       |

- |     |  |  |  |
|-----|--|--|--|
| 54. | Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir 2018, Yogyakarta, 25 Oktober 2018, pp.447–454               | Pembuatan sumber standar I-131 untuk kalibrasi alat ukur aktivitas stack monitor pada fasilitas nuklir | Hermawan Candra, Gatot Wurdianto, Holnisar |
| 55. | Prosiding 6 <sup>th</sup> Annual Scientific Meeting Indonesian Heart Rhythm Society, Jakarta, 21–22 September 2018 | Occupational radiation protection to eyes in interventional cardiology procedures                      | Eri Hiswara                                |

---

V. Buku nasional

- |    |  |   |                |
|----|--|---|----------------|
| 1. | Penerbit BATAN Press                         | Penanggalan Radioaktif: Mengungkap Sejarah Bumi dan Peradabannya dengan Teknik Nuklir | Mukhlis Akhadi |
| 2. | Penerbit BATAN Press, ISBN 978-979-8500-92-3 | Istilah dan Definisi dalam Proteksi dan Keselamatan Radiasi                           | Eri Hiswara    |

C. Daftar Publikasi Ilmiah PTKMR Tahun 2019

	<b>Nama Jurnal</b>	<b>Judul Karya Tulis Ilmiah</b>	<b>Penulis</b>
<b>I. Jurnal internasional</b>			
1.	Genome Integrity Vol. 10:2 (2019) pp. 1–5.	Development of dose-response calibration curve for dicentric chromosome induced by X-rays	Yanti Lusiyanti, Mukh Syaifudin, Tuti Budiantari, Sofiati Purnami, Dwi Ramadhani
2.	Journal of Physics: Conf. Series 1198 (2019) 022006.	Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials (TENORM) Analysis of Bangka Tin Slag	Onek Gunawan, <u>Eko Pudjadi</u> , Musaddiq Musbach, <u>Wahyudi</u> .
3.	Radiat. Environ. Medicine 8(2) (2019) pp. 70–76.	Preliminary Study of Expression of $\gamma$ -H2AX and 53BP1 in Medical Radiation Workers.	Iin Kurnia Hasan Basri, Yanti Lusiyanti, nastiti Rahajeng, Tur Rahardjo, Darlina Yusuf and Setiawan Soetopo
4.	Atom Indonesia Vol.45 No.1 (2019), pp. 27–35	Assessment of individual radiosensitivity in inhabitants of Takandeang village – A high background radiation area in Indonesia	<u>D. Rahadhani</u> , <u>S. Purnami</u> , <u>S. Nurhayati</u> , <u>M. Lubis</u> , <u>D. Tetriana</u> , <u>W. Mailana</u> , <u>K.D. Purwanti</u> , <u>E. Pudjadi</u> , <u>I. Kashiwakura</u> , <u>R. Okazaki</u> , <u>M. Syaifudin</u>

5. Atom Indonesia Vol.45 No.1 (2019), pp. 37–41 Occupational and patient doses in interventional cardiology in Indonesia: Preliminary result [E. Hiswara](#), [K.H. Ng](#), [H. Sofyan](#), [D. Kartikasari](#), [N. Nuraeni](#)
6. Atom Indonesia Vol.45 No.2 (2019), pp. 81–87 Release of radioactive particulate into the air during forest fire in Riau Province, Indonesia [S. Syarbaini](#), [M. Makhsun](#), [W. Wahyudi](#), [S. Syahrial](#), [J. Jasmiyati](#)
7. Atom Indonesia Vol. 45 No.2 (2019), pp. 103–108 Expression of  $\gamma$ -H2AX, 53BP1 and micronuclei as genome damage biomarker of population in Keang and Salumati village, Mamuju, West Sulawesi Province [A.D. Pratiwi](#), [I.K.H. Basri](#), [S. Purnami](#), [M. Syaifudin](#), [D. Tetriana](#), [D. Yusuf](#), [T. Rahardjo](#), [S. Nurhayati](#), [N. Rahajeng](#), [Y.U. Anggraito](#), [I. Kashiwakura](#)
8. Atom Indonesia Vol.45 No.2 (2019), pp. 109–113 Application of digital anti-coincidence counting method for primary activity determination of  $^{59}\text{Fe}$  [A. Agusbudiman](#), [K.B. Lee](#), [J.M. Lee](#)
9. Atom Indonesia Vol.45 No.2 (2019), pp. 123–129 Assessment of ionizing radiation effects on the hematological parameters of radiation-exposed workers [H.N.E. Surniyantoro](#), [T. Rahardjo](#), [Y. Lusiyanti](#), [N. Rahajeng](#), [A.H. Sadewa](#), [P. Hastuti](#), [H. Date](#)
10. Atom Indonesia Vol.45 No.3 (2019) pp. 147–152 Evaluation of kidney dose in neuroendocrine tumor patients after peptide receptor radionuclide therapy using  $^{177}\text{Lu}$ -DOTATATE [N.R. Hidayati](#), [A. Poon](#), [K. Willowson](#), [E. Eslick](#), [H. Ryu](#), [D.L. Bailey](#)
11. Atom Indonesia Vol.45 No.3 (2019) pp. 183–188 The absolute standardization methods of  $^{32}\text{P}$  for calibrate nuclear medicine instruments in Indonesia [G. Wurdianto](#), [H. Candra](#), [H. Holnisar](#), [V. Pungkun](#)
12. Biodiversitas Vol.20 No.8 (2019), pp. 2128–2133. Interaction of Arg194Trp and Arg399Gln genotypes with the risk of radiation on cancer patients [Harry Nugroho](#), [Eko Surniyantoro](#), [Nastiti Rahajeng](#), [Yanti Lusiyanti](#), [Tur Rahardjo](#), [Dyah Erawati](#), [Lina Choridah](#), [Wigati Dharmiyati](#), [Sri Retna Dwidanarti](#).

13.	Biodiversitas Vol.20 No.3 (2019) pp. 893–899	A mutant variant of Nix gene on $\gamma$ -irradiated <i>Aedes aegypti</i> as a male-determination factor	Beni Ernawan, <u>Harry Nugroho</u> , <u>Eko Surniyantoro</u> , Irawan Sugoro, Usman Sumo Friend Tambunan
14.	Journal of Medical Sciences Vol. 51 No.4 (2019) pp. 301–308.	Genetic polymorphism in DNA base excision repair gene XRCC.1 among medical radiation workers.	Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Yanti Lusiyanti, Wiwin Mailana, Devita Tetriana.
15.	Journal of Applied Physical Science International Vol. 10 No. 5 (2019) pp. 241–246	The Absolutely Standardization Methods Of 153Sm For Calibrating Nuclear Medicine Instruments in Indonesia	Gatot Wurdianto, Hermawan Candra, dan Agung Agusbudiman
16.	Regional Studies in Marine Science 25 (2019) 100496	The distribution of radiocesium in the Indian ocean and its relation to the exit passage of the Indonesian Throughflow	Ali Alkatiri, <u>Henry Suseno</u> , Sumi Hudiyo, Setyo Sarwanto Moersidik

---

II. Jurnal nasional terakreditasi

1.	Aceh Journal of Animal Science, Vol. 4(1) (2019), pp. 18–26	Irradiation of intraerythrocytic plasmodium berghei with a fractionated dose of gamma rays does not effectively reduce the infectivity in mice <i>Mus musculus</i>	Mukh Syaifudin, Siti Nurhayati, Darlina, Yanti Lusiyanti, Teja Kisnanto
2.	Jurnal Kelautan Tropis Vol. 22(1), Mar 2019, pp. 35–41	Aktivitas Cesium ( <sup>137</sup> Cs) di perairan hutan mangrove Karangsong Kabupaten Indramayu	Muslim, <u>Wahyu Retno Prihatiningsih</u> , Adhi Prasajo, Jarot Marwoto, Purwanto
3.	Jurnal Kimia Valensi Vol. 5(1), Mei 2019, pp. 63–71	Kemampuan kerang hijau ( <i>Perna viridis</i> ) mengakumulasi plutonium melalui jalur air laut	Budiawan, Nur Hidayati Febriana, <u>Henry Suseno</u>
4.	Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Vol. 15 No.2 Desember 2019, pp.129–137	Detection of the Resistance of Parasite to Sulfadoxine-pyrimet-thamine drugs and msp-2 Genotyping as A Baseline in Developing Malaria Vaccine with Ionizing Radiation	<u>M. Syaifudin</u> , <u>H. N. E. Surniyantoro</u> , <u>T. Kisnanto</u> , A. Octavian, P. B. S. Asih

- |     |  |  |   |
|-----|--|--|---|
| 5.  | Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 21, No. 1, (2019), pp.35–44           | Prospeksi Tapak PLTN berdasarkan Survey Geologi Awal di Pulau Singkep dan Lingga, Kepulauan Riau   | Frederikus Dian Indrastomo, Heri Syaeful, Kurnia Anzhar, <u>June Mellawati</u>  |
| 6.  | Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 21, No. 1, (2019), pp.19–24           | Indeks Keberlanjutan Dimensi Peraturan Dalam Perencanaan Pembangunan PLTN di Indonesia   | Maya Dewi D.M, <u>June Mellawati</u>  |
| 7.  | Majalah Iptek Nuklir Ganendra Vol. 22 No. 2, Juli 2019, pp.63–72             | Analisis dosis radiasi alam radon dan sinar gamma di rumah penduduk Kalimantan Barat   | Wahyudi, Kusdiana, Muji Wiyono, Dadong Iskandar   |
| 8.  | Majalah Iptek Nuklir Ganendra Vol.22 no.2 Juli 2019, pp. 85–93               | Studi Awal Estimasi Dosis Internal <sup>99m</sup> Tc-MDP Hasil Produksi PSTNT BATAN pada Manusia untuk Deteksi Metastasis dan Inflamasi Tulang Berbasis Uji Biodistribusi Hewan Model Mencit | Isnaini Nur Islami, <u>Nur Rahmah Hidayati</u> , Teguh Hafiz Ambar Wibawa, Iswahyudi, Isti Daruwati, Moch Nurul Subkhi                                    |
| 9.  | Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Vol. 15 No. 1 Juni 2019, pp.37–43. | Efek Vaksinasi Berulang Plasmodium berghei Radiasi dalam Menginduksi Kekebalan Humoral dan Proteksi pada Mencit ( <i>Mus musculus</i> ) Swiss Webster  | Darlina Yusuf, Tur Rahardjo, Siti Nurhayati, Teja Kisananto   |
| 10. | Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia, Volume 20(1) (2019), pp.45–54.  | Biodistribusi <sup>177</sup> Lutetium-(R)-Nodaga-PSMA pada ginjal dan kandung kemih tikus galur Wistar jantan  | Brigitta Silalahi, A. Hussein S. Kartamihardja, N. Elly Rosilawati, Rini Shintawati, <u>Nur Rahmah Hidayati</u>   |
| 11. | Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia, Volume 20(1) (2019), pp.19–28.  | Estimasi dosis Tc- <sup>99m</sup> glutation untuk diagnosis kanker kepala dan leher berdasarkan uji biodistribusi hewan model mencit   | Durotul Intokiyah, Teguh Hafiz Ambar Wibawa, Iswahyudi, <u>Nur Rahmah Hidayati</u> , Isti Daruwati, Yudha Satya Perkasa                                   |
| 12. | Jurnal Biotek Medisiana Indonesia Vol. 8 No. 1 (2019) pp. 33–41              | Evaluasi dosis fraksinasi sinar gamma dalam melemahkan <i>P. berghei</i> pada mencit untuk pengembangan vaksin iradiasi  | <u>Mukh Syaifudin</u> , Hartati Mahmudah, <u>Teja Kisananto</u> , <u>Devita Tetriana</u> , <u>Siti Nurhayati</u> , <u>Tur Rahardjo</u> dan <u>Darlina</u> |

- |     |   |  |  |
|-----|---|--|--|
| 13. | Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas Vol. 11 No. 2 (2019) pp. 81–87     | Kalibrasi TLD-100 di Udara Menggunakan Radiasi Sinar-X pada Rentang Radiation Qualities in Radiodiagnostic (RQR)                                 | N.C. Yeni, D. Milvita, <u>H. Prasetio</u>  |
| 14. | Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas Vol. 8 No. 1 (2019) pp. 57–63      | Analisis Nilai Noise dari Citra Pesawat CT-Scan pada Beberapa Rekonstruksi Kernel dengan Variasi Slice Thickness                                 | Almuslimawati, D. Milvita, <u>H. Prasetio</u>                                      |
| 15. | Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia, Vol. 20(2) (2019), pp.89–98. | Analisis Penentuan PDD Berkas Foton 6 Dan 10 MV Tanpa Flattening Filter (FFF) Pada Lapangan Kecil Menggunakan Variasi Detektor                   | Okky Agassy Firmansyah dan Assef Firmando Firmansyah                               |
| 16. | Jurnal Imejing Diagnostik Vol.5 No.1 (2019) pp. 7–10                      | Radiation dose reduction on breast area by using lead apron: A pre-experimental study in abdominal CT  | Akhmad Haris Sulistiyadi, Susi Tri Isnoviasih, Dartini Dartini, <u>Eri Hiswara</u> |
| 17. | Indonesian Journal of Chemistry Vol.19 No.3 (2019) pp. 615–625            | Effect of Salinity and Oxygen Condition on Phosphate Release from Marine Sediment Measured Using Diffusive Gradient in Thin Film (DGT) Technique | Askal Maimulyanti, Budiawan, Asep Saefulmilah, <u>Heny Suseno</u>                  |

---

### III. Prosiding pertemuan ilmiah internasional dan regional

---

- |    |  |   |  |
|----|--|---|--|
| 1. | Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1373 (1) (2019)      | Comparison Of Hi-Art Tomotherapy Machine Outputs Using AAPM TG-148 And IAEA TRS 483 Codes Of Practice                               | <u>O.A. Firmansyah</u> , <u>A.F. Firmansyah</u> , <u>S.I. Sunaryati</u> , W.E. Wibowo                |
| 2  | International Conference of Radon in Environment 2019, Polandia. | <sup>226</sup> Radium and <sup>222</sup> Radon Concentration in Drinking Water at High Radiation Background Area Mamuju, Indonesia. | Eka <u>Djatinika Nugraha</u> , Masahiro Hsada, <u>Kusdiana</u> , <u>Ilma DW</u> , <u>Eko Pudjadi</u> |

---

### IV. Prosiding pertemuan ilmiah nasional

---

- |    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| 1. | Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir ke-6, PTKRN BATAN, pp. 131–138. | Konsentrasi radon dalam rumah (radon indoor) di wilayah Maluku Utara | Wahyudi, Ilma Dwi Winarni, Kusdiana, Oktisya Devi Widyaningsih |
|----|--|--|--|

- |    |  |  |   |
|----|--|--|---|
| 2. | Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir ke-6, PTKRN BATAN, pp. 157–166. | Kajian upaya menuju aplikasi ketenaganukliran yang aman dan andal melalui BATAN 4.0  | Eri Hiswara   |
| 3. | Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir ke-6, PTKRN BATAN, pp. 329–336  | Metode diagnostik kedokteran nuklir untuk penilaian disfungsi kelenjar tiroid pada diabetes mellitus tipe-2  | Fadil Nazir dan Maria Evalisa   |
| 4. | Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir ke-6, PTKRN BATAN, pp. 353–358. | Kalibrasi in-situ detektor ionisasi well type untuk Ir-192 di Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang  | <u>Assef Firnando Firmansyah</u> , <u>Sri Inang Sunaryati</u> , <u>Okky Agassy Firmansyah</u> , Fiqi Diyona, Muhammad Al Jabbar Kanie   |
| 5. | Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2019, BAPETEN, pp. 395–401                    | Kalibrasi Luaran Berkas Foton 6 Dan 10 MV Tanpa Flattening Filter Pesawat Pemercepat Linier Medik Elekta Versa HD Dengan Menggunakan TRS. 483.                 | <u>Assef Firnando Firmansyah</u> , <u>Sri Inang Sunaryati</u> , <u>Nurman Rajagukguk</u> , <u>Okky Agassy Firmansyah</u> , Yosi Sudarsi |
| 6. | Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2019, BAPETEN, pp. 402–405                    | Participation of SSDL Jakarta in The 2018 IAEA/WHO TLD Postal Dose Quality Audit For A Cobalt-60 Beams.  | Assef Firnando Firmansyah   |
| 7. | Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2019, BAPETEN, pp. 395–401                    | Determination Of Density, Linear Attenuation Coefficient, HVL And TVL Of Concrete and Paraffin for Radiation Shielding of Cyclotron Decy-13                    | Nazaroh, Eko Budi Jumpeno, Iman Taufiq  |
| 8. | Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2019, BAPETEN, pp.                            | Konsentrasi Radioaktivitas Alamiah $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ dan $^{40}\text{K}$ Dalam Air Hujan di Wilayah Indonesia: Studi Pemantauan Tahun 2017 | Muji Wiyono, Wahyudi, Leli Nirwani, Ceiga Nuzulia S dan Eka Suharguniyawan  |
| 9. | Prosiding PPIS 2019, BSN, pp. 149–156  | Perbandingan Karakteristik Short Term Stability Dari Detektor IBA Razor Dioda Dan PTW Pinpoint 3D.   | <u>Assef Firnando Firmansyah</u> , <u>Okky Agassy Firmansyah</u> , Syarifatul Ulya, Pamuji Widodo                                       |

10.	Prosiding PPIS 2019, BSN, pp. 65–74	Standardisasi Radionuklida $^{57}\text{Co}$ secara Relatif Menggunakan Sistem Pencacah Spektrometer Gamma dan Kamar Pengion $4\pi$ -	Hermawan Candra, Gatot Wurdianto, Holnisar
11.	Prosiding PPIS 2019, BSN, pp. 23–34	Penentuan Respons dan Efisiensi Identifier Terhadap Sumber Gamma untuk Proteksi Radiasi	Nazaroh, Iman Taufiq, Radhia Pradana
12.	Seminar Nasional Jaringan Kerja Sama Kimia Indonesia, Yogyakarta 7–8 November 2019.	Radiasi Alamiah Tanah Sekitar Bandar Udara Tampa Padang Mamuju Sulawesi Barat.	Nurokhim, Muji Wiyono, Wahyudi.
13.	Seminar Nasional Jaringan Kerja Sama Kimia Indonesia, Yogyakarta 7–8 November 2019.	Tingkat Radiasi Dan Radioaktivitas Lingkungan di Sekitar PLTU Batubara Pelabuhanratu Sukabumi Provinsi Jawa Barat	Muji Wiyono, Dadong Iskandar, Wahyudi dan Kusdiana

#### V. Jurnal nasional belum terakreditasi

1.	Jurnal Forum Nuklir Vol.13 No.1 (2019) pp. 19–26	Strategi nasional untuk pendidikan dan pelatihan di bidang proteksi dan keselamatan radiasi	Eri Hiswara
2.	Telcomnica Vol. 17:3 (2019) pp. 1474–1482	Statistical Approach on Pulmonary Tuberculosis Detection System Based on X-Ray Image	Ratnasari <u>Nur Rohmah</u> , Bana Handaga, <u>Nurokhim</u> , Indah Susanti

#### VI. Buku nasional

1.	Penerbit: Deepublish, (CV. Budi Utama) ISBN 978-623-209-820-6	Sentuhan Teknik Nuklir dalam Aktivitas Industri	Mukhlis Akhadi
----	---	---	----------------

#### D. Daftar Publikasi Ilmiah PTKMR Tahun 2020

	<b>Nama Jurnal</b>	<b>Judul Karya Tulis Ilmiah</b>	<b>Penulis</b>
I. Jurnal internasional			
1.	Atom Indonesia Vol. 46 No. 1 (April 2020) 19–24. (Q4)	Radiomitigative Effects of Approved Hematopoietic Drugs on Mice Exposed to Lethal Total-body Irradiation	T Nishida, M. Yamaguchi, S. Miura, K. Waga, N. Kawabata, <u>M. Syaifudin</u> and I. Kashiwakura

- |    |  |   |   |
|----|--|---|---|
| 2. | Atom Indonesia Vol. 46<br>No. 1 (April 2020) 53–60.<br>(Q4)      | Effect of Garlic, Stinky Bean, Dogfruit, Tomato Extracts, and N-acetylcysteine on Rats after 5 Gy Irradiation   | <u>Teja Kisananto, lin Kurnia, M. Sadikin</u>   |
| 3. | Atom Indonesia Vol.46<br>No.2 (Agustus 2020)<br>99–105<br>(Q4)   | Natural Radionuclides Determination and Radiological Hazard Assessments in Soil from Tua and Kei Islands, Indonesia                                     | S. Syarbaini, <u>K. Kusdiana, M. Wiyono, D. Iskandar</u>  |
| 4. | Atom Indonesia Vol.46<br>No.3 (December 2020)<br>127–133<br>(Q4) | The Use of Image Processing and Analysis in Automated Biological Dosimetry  | <u>D. Ramadhani, M. Syaifudin, S. Purnami, A. Naroeni</u>   |
| 5. | Atom Indonesia Vol.46<br>No.3 (December 2020)<br>135–140<br>(Q4) | Eye Lens Doses Received by Radiation Workers in Interventional Medical Procedures   | E. Hiswara, D. Kartikasari, H. Sofyan, N. Nuraeni, K.Y.P. Sandy   |
| 6. | Atom Indonesia Vol.46<br>No.3 (Desember 2020)<br>163–169<br>(Q4) | Molecular and in silico Study of TP53 Codon 72 Polymorphism (rs1042522) in a Population Exposed to High Background Radiation in Mamuju-West Sulawesi    | <u>D. Tetriana, S. Purnami, T. Rahardjo, W. Mailana, S. Nurhayati, E. Pudjadi, S. Tri Widyaningtyas, T. Ishida, D. Ramadhani</u>                              |
| 7. | Int. J. Environ. Res. Public Health 17 (2020) 3178<br>(Q2)       | Impact of Wind Speed on Response of Diffusion-Type Radon-Thoron Detectors to Thoron   | Yasutaka Omori, Yuki Tamakuma, <u>Eka Djatnika Nugraha, Takahito Suzuki</u>   |
| 8. | Nukleonika 65(2) (2020)<br>89–94<br>(Q3)                         | Exposures from Radon, Thoron, and Thoron Progeny in High Background Radiation Area  | Miki Arian Saputra, <u>Eka Djatnika Nugraha, Tri Purwanti, Rokhmat Arifianto, Roza Indra Lakmana, Richard P. Hutabarat, Masa-hiro Hosoda, Shinji Tokonami</u> |
| 9. | Biodiversitas Vol.21 No.8<br>(2020) 3805–3810<br>(Q3)            | The Effectiveness of <sup>60</sup> Co Gamma-ray Exposure to the Reproductive Systems of Rat ( <i>Rattus argentiventer</i> ) as a Sterile Male Technique | Gusti Ngurah Saputra, I Wayan Supartha, I Nyoman Wijaya, I Ketut Puja, Mukh Syaifudin   |

- |     |   |   |   |
|-----|---|---|---|
| 10. | Geosciences Vol.10 No.9 (2020) 376–389 (Q2)   | Natural Radioactivity of Laterite and Volcanic Rock Sample for Radioactive Mineral Exploration in Mamuju, Indonesia | Ilsa Rosianna, <u>Eka Djatnika Nugraha</u> , Heri Syaeful, Sugili Putra, Masahiro Hosoda, Naofumi Akata, Shinji Tokonami  |
| 11. | Int J Psycho Rehab Vol.24 Issue 6 (2020) 2721–2732 (Q4)                             | Optimization of Radiation Dose for Sacrum Bone Examination with AP, axial and axial PA projections                  | Rini Indrati, Siti Darwati, <u>Dewi Kartikasari</u> , Sri Mulyati   |
| 12. | Indonesian J Chem 20(5) (2020) 1061–1069 (Q3)                                       | Cellulose Acetate of Rice Husk Blend Membranes: Preparation, Morphology and Application                             | Meri Suhartini, Engela Evy Ernawati, Anisa Roshanova, Haryono, <u>June Mellawati</u>  |
| 13. | Int J Environ Research Public Health 17(16) (2020) 5660 (Q2)                        | Passive-Type Radon Monitor Constructed Using a Small Container for Personal Dosimetry                               | Yuki Tamakuma, Chutima Krankrod, Takahito Suzuki, Yuki Watanabe Thamaborn Ploykrathok, Ryoju Negami, <u>Eka Djatnika Nugraha</u> , Shinji Tokonami                                  |
| 14. | Sapporo Medical Journal, Vol. 54, Issue 05, (May, 2020) (Q4)                        | Ionizing radiation impact on hematopoietic cells system in hospitals radiation workers                              | Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Tur Rahardjo, Titin Prihatin, Mukh Syai-fudin   |
| 15. | Radiat Environ Med Vol.9 No.2 (2020) 79–83  | Dose Assessment of Radium-226 in Drinking Water from Mamuju, a High Background Radiation Area of Indonesia          | <u>Eka Djatnika Nugraha</u> , Masahiro Hosoda, <u>Kusdiana</u> , <u>Ilma D. Winarni</u> , <u>Ariska Prihantoro</u> , Takahito Suzuki, Yuki Tamakuma, naofumi Akata, Shinji Tokonami |
| 16. | Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences Vol. 16, No. 6 (2020) 654–657 | Optimization of radiation shielding design for 13 MeV cyclotron using K-500 concrete, paraffin and lead             | <u>Eko Jumpeno</u> , Rasisito Tursinah, <u>Naz- aroh</u> , Iman Taufik  |

---

## II. Jurnal nasional terakreditasi

---

1. Jurnal Kesehatan Andalas Vol. 9 No.1 (2020) 39–47 Dosis radiasi pekerja dan pasien pada Tindakan intervensi di RSUP Dr. M. Djamil. [Eri Hiswara](#), [Dewi Kartikasari](#), [Nunung Nuraeni](#), [Hasnel Sofyan](#), [Muhammad Sukri](#)
2. Jurnal Fisika Unand Vol 9, No 2 (2020) 190–195 Pemetaan Tingkat Radioaktivitas Lingkungan Pada Tanah di Kota Padang Yola Despriani, Dian Milvita, [Kusdiana](#), [Radhia Pradana](#)
3. Jurnal Fisika Unand Vol.9 No.2 (2020) 250–256 Analisis Konsentrasi Gas Radon (Rn-222) Menggunakan Detektor Jejak Nuklir CR-39 di Obyek Wisata Lobang Jepang Bukittinggi Suriza Putri, Dian Milvita, [Wahyudi](#)
4. Jurnal Fisika Unand Vol 9, No 2 (2020) 257–263 Kalibrasi TLD Badge di udara dan permukaan fantom menggunakan sumber radiasi pesawat sinar-X konvensional Rahmawati Dewi, [Heru Prasetyo](#), Dian Milvita, [Irma Dwi Rahayu](#), [Pardi](#), [Yahya Mustofa](#)
5. Jurnal Fisika Unand Vol.9 No.3 (2020) 284–291 Estimasi Laju Dosis Radiasi Yang Lolos Melalui Dinding Primer dan Sekunder Berdasarkan Beban Kerja Pesawat Teletarpi Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUP Dr. M. Djamil Padang Santri Ramadhani, Dian Milvita, [Heru Prasetyo](#), [Mursiyatun](#)
6. Jurnal Fisika Unand Vol.9 No.3 (2020) 323–330 Estimasi Dosis Radiasi 3D Energi Foton Berbasis Percentage Depth Dose (PDD) dan Profile Dose untuk Treatment Planning System (TPS) Pesawat LINAC Ervy Primadila, Dian Mulvita, [Heru Prasetyo](#), [Muhammad Al Jabbar Kanie](#)
7. Jurnal Fisika Unand Vol.9 No.3 (2020) 394–400 Penentuan Konsentrasi Radionuklida (Ra-226, Th-232, K-40, dan Cs-137) pada Bahan Pangan Menggunakan Spektrometer Gamma di Pasar Raya Kota Padang Muthmainnah, Dian Milvita, [Muji Wiyono](#)
8. Jurnal Fisika Unand Vol.9 No.4 (2020) 517–523 Evaluasi Penerapan Proteksi Radiasi Pada Pekerja Radiasi di Instalasi Radiologi RS Naili DBS, RS Selaguri, dan RS UNAND Aprizka Smartalova Syahda, Dian Milvita, [Heru Prasetyo](#)

9.	Jurnal Standardisasi Vol. 22 No. 1, Maret 2020, 45–54	Pengaruh Penggunaan Faktor Kalibrasi $^{137}\text{Cs}$ Pada Pengukuran Dosis Sinar-X Dengan Detektor Ionisasi Hp(10) Standar Sekunder	Assef Firnando F, Okky Agassy F, Sri Inang S dan Nurman R
10.	Jurnal Ilmu Fisika (JIF) Vol.12, No.1 (Maret 2020) 1–5	Pengaruh Efek Radiasi Melalui Pembentukan Foci $\gamma\text{H2AX}$ pada Sel Limfosit Radiografer	Harli Handa Hidayat, Dian Milvita, <u>lin Kurnia</u>
11.	Jurnal Ilmu Fisika (JIF) Vol.12, No.1 (Maret 2020) 16–25	Studi Awal Pengukuran Daisy Chaining Detektor Ionisasi pada Berkas Foton 6 MV Flattening Filter Free Lapangan Kecil	<u>Assef Firnando Firmansyah, Okky Agassy Firmansyah, Nurman Rajagukguk, Dea Ryangga</u>
12.	J Fis dan Apl Vol.16 No.2 (2020) 95–101	Evaluation of Well-Type Chamber Calibration Factor for Measurement of Ir-192 Brachytherapy Source Over 10 Institutions	A. F. Firmansyah, O. A. Firmansyah, S. I. Sunaryati, N. Rajagukguk
13.	Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Vol.16 No1 (Juni 2020) 7–14	Kopolimerisasi Cangkok Polivinil pirolidon dan Akrilamida pada Selulosa untuk Adsorben Ion Logam Cu	R. N. Zahra, M. Suhartini, S. Prayitno, <u>June Melawati</u>
14.	Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Vol.16 No.1 (Juni 2020) 31–36.	Experimental Study of Concrete Composites of Fly Ash and Ferronickel Slag for Gamma-Ray Shielding	P. M. Wongso, S. Dewang, <u>B. Y. E. B. Jumpeno, O. A. Firmansyah, J. Mellawati</u>
15.	Jurnal Segara Vol.16 No.1, April 2020, 29–38	Distribusi dan kajian dampak radionuklida $^{137}\text{Cs}$ di pesisir barat pulau Sumatera	Murdahayu Makmur, Wahyu Retno Prihatiningsih, Mohammad Nur Yahya

---

III. Prosiding pertemuan ilmiah internasional dan regional

---

1.	IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012004.	Quality assurance and quality control at dose calibrator to support nuclear medicine services	Nazaroh
2.	IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012012.	Indoor Radon measurements in Madura dwellings	Wahyudi, Ilma Dwi Winarni and Muji Wiyono

- |     |   |  |  |
|-----|---|--|--|
| 3.  | IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012023. | Alkaline Comet Assay as a Predictor of DNA Damage in Medical Radiation Workers   | Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Darlina, Tur Rahardjo                                |
| 4.  | IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012027. | Ambient dose measurement from high natural background radiation (HNBR) in Botteng Utara Village, Mamuju-Indonesia  | Sharah Nataz Shilfa, BY Eko Budi Jumpe-no, Nurokhim, Kusdiana                        |
| 5.  | IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012032. | The assessment of mitotic and nuclear division indexes as biomarkers for estimating the risk on the health of residents exposed to the high natural radiation of Mamuju, West Sulawesi | Sofiaty Purnami, Masneli Lubis, Suryadi, Mukh Syaifudin                              |
| 6.  | IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012035. | Characteristic of natural radionuclide in the rivers of Pontianak, Pontianak and Palangkaraya  | Gatot Suhariyono, Ilma Dwi Winarni, June Mellawati                                   |
| 7.  | IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012050. | Occupational dose during an interventional radiology procedure   | Dewi Kartikasari, Nunung Nuraeni, Hasnel Sofyan, Eri Hiswara                         |
| 8.  | IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series <b>1436</b> (2020) 012139. | Assessment of natural radioactivity levels in soil sample from Botteng Utara Village, Mamuju Regency Indonesia   | Nurokhim, Kusdiana, Eko Pudjadi  |
| 9.  | IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci <b>584</b> (2020) 012019                    | Ecological Risk Assessment of Plutonium in Primary Inlet of Indonesian through flow (ITF)  | M. Makmur, H. Suse-no, W.R. Prihatiningsih, M.N. Yahya, D.I.P. Putra, Y. Priasetyono |
| 10. | IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci <b>584</b> (2020) 012023                    | Novel Design and Implementation Extraction <sup>137</sup> Cs from Seawater Integrated with Water Quality Checker   | M.N. Yahya, H. Suseno, M. Makmur, D. Irawan, Y. Priasetyono, W.R. Prihatiningsih     |
| 11. | IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci <b>584</b> (2020) 012041                    | A Review on Status of Marine Radioecology in Indonesia after Fukushima Accident  | W.R. Prihatiningsih, H. Suseno, M. Makmur, M.N. Yahya, D.I.P. Putra, Y. Priasetyono  |

12.	IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci <b>584</b> (2020) 012045	A Review on Determination of $^{90}\text{Sr}$ from Alkaline Waters Using Precipitation of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$	D.I.P. Putra, W.R. Prihatiningsih, M. Makmur, M.N. Yahya, Y. Priase-tyono, H. Suseno
13.	IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci <b>584</b> (2020) 012067	Updating of Baseline Radionuclides Concentration in Jakarta Bay	Y. Priase-tyono, M. Makmur, M.N. Yahya, D.I.P. Putra, W.R. Prihatiningsih, H. Suseno
14.	Advances in Health Sciences Research Vol.26 (2020) 228–232	A Preliminary Study on DNA Damage in Peripheral Blood of Cancer patients after Radiotherapy with Comet Assay	Darlina Yusuf, Tur Rahardjo, Viria Agesti Suvifan
15.	Advances in Health Sciences Research Vol.26 (2020) 342–347	Molecular Damage Evaluation and Chromosome Aberration in Blood Lymphocyte of Medical Radiation Workers	Yanti Lusiyanti, Masnelly Lubis, Suryadi, Sardini, Sofiaty Purnami, Nastiti Rahajeng, Darlina, Siti Nurhayati

---

#### IV. Prosiding pertemuan ilmiah nasional

---

1.	Prosiding Seminar Nasional XXVIII, Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, ISSN 0854-4778, 15 April 2020	Rona Radiasi Lingkungan Sekitar Kawasan Nuklir Serpong	Nurokhim, Dadong Iskandar
2.	Prosiding Seminar Nasional XXVIII, Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, ISSN 0854-4778, 15 April 2020	Radiasi Alamiah Tanah Sekitar Bandar Udara Tampa Padang Mamuju Sulawesi Bara	Nurokhim, Muji Wiyono, Wahyudi
3.	Prosiding Seminar Nasional XXVIII, Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, ISSN 0854-4778, 15 April 2020	Kesesuaian Tataguna Lahan Kepulauan Kepri dengan Rencana Penetapan Tapak PLTN	<u>June Mellawati</u> , Siti Alimah, Murdaningsih
4.	Prosiding Seminar Nasional XXVIII, Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, ISSN 0854-4778, 15 April 2020	Korelasi Kandungan Pb dengan Cd, Cr, Cu, Ni, Zn dalam Sampel Tanah Mamuju	June Mellawati, Gatot Suharyono, Makhsun

5.	Prosiding Seminar Nasional XXVIII, Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, ISSN 0854-4778, 15 April 2020	Tingkat Radiasi dan Radioaktivitas Lingkungan di Sekitar PLTU Batubara Sukabumi Provinsi Jabar	Muji Wiyono, Dadong Iskandar, Wahyudi, Kusdiana
6.	Prosiding Seminar Nasional XXVIII, Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Yogyakarta, ISSN 0854-4778, 15 April 2020.	Karakteristik Debu Udara Di Area Industri Sandblasting Di Cilegon.	Makhsun, Bunawas, Bukhari, Muji Wiyono
7.	Seminar Nasional Biologi 2020 UNNES, 17 Sept 2020.	Optimasi Teknik Mikronukleus G0 dan G2 untuk Analisis Radiosensitivitas Kromosom Penduduk Daerah Radiasi Latar Tinggi di Indonesia	Sofiati Purnami, Era Refiani, Viria A Suvi-fan, Dwi Ramadhani

---

V. Jurnal nasional belum terakreditasi

1.	Jurnal Forum Nuklir (JFN) Volume 14, Nomor 1, Mei 2020.	Verification of the output determination of 12 MEV electron beam from an electa versa HD/154714 linear accelerator machine at Mayapada Hospital.	Assef Firnando Firmansyah, Okky Agassy Firmansyah, Yosi Sudarsi Asril
2.	SciMedicine Journal, Vol. 2, No. 1, March, 2020	Preparation for Eye Lens Dose Assessment at CSTRM-NNEA.	Nazaroh Kartubi, Assef F. Firmansyah, Pardi, C.T. Budiantari

---

VI. Buku nasional

1	Deepublish, Yogyakarta. Februari 2020. ISBN 978-623-02-0666-5	Sinar-X Menjawab Masalah Kesehatan	Mukhlis Akhadi
2	BATAN Press, 2020. ISBN 978-623-7425-06-9	Membaca Peta Nuklida	Mukhlis Akhadi

---

Catatan: Publikasi ilmiah dengan penulis dua orang atau lebih, nama penulis yang berasal dari PTKMR BATAN diberi garis bawah.

# Indeks

- $^{60}\text{Co}$ , vii, viii, 11, 12, 15, 23, 24, 29, 30, 38, 75, 86, 127, 146, 155, 164
- $^{85}\text{Kr}$ , 24, 154
- $^{90}\text{Sr}$ , 24, 72, 133, 154, 169
- $^{137}\text{Cs}$ , 8, 11, 15, 23, 56, 58, 66, 74, 75, 80, 127, 142, 143, 144, 146, 147, 151, 154, 155, 156, 159, 167, 168
- $^{147}\text{Pm}$ , 24, 154
- $^{241}\text{Am}$ , 23, 133
- Aang Hanafiah, 23
- Abarrul Ikram, viii, xvi, 45, 47, 48
- Abdu Razak, 22, 103, 104
- Abubakar Ramain, 7
- Agung Nugroho, 23
- Agus Suatmadji, 21, 22
- Ahmad Djaelani, 22
- Ahmed Meghzipene, 36
- alat cacah sintilasi cair, 37
- alat cacah tubuh sekujur, 27
- alat ukur radiasi lapangan, 34, 52
- Am-Be, 31, 82
- Annaliah Ismono, 21
- Arifin Samsul Kustiono, 7, 21
- Arif Rivai, 21
- Ari Wardhono, 21, 22
- Asep Warsona, 23
- Asia Pacific Metrology Program*, 30
- Australian Nuclear Science and Technology Organization, 18
- Austria, 12
- Badan Meteorologi dan Geofisika, 56
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 27, 33, 121
- Badan Tenaga Atom Internasional, 11
- Badan Tenaga Atom Nasional, 1, 7, 20, 27, 79, 119, 120
- Badan Tenaga Nuklir Nasional, v, xiii, xiv, xv, 1, 27, 40, 42, 92, 93, 120, 121, 122, 125, 127
- Bagian Tata Usaha, 7, 21, 22, 28, 31, 35, 36, 42, 45, 180
- Balai Instrumentasi Radiasi, 20, 22, 28
- Balai Makmal Dasar, 8
- Bandung, x, 6, 56, 58, 82, 102, 105, 106, 151, 152, 153, 181
- Bidang Biomedika, 28, 31, 35, 36, 41
- Bidang Dosimetri, 7, 8, 20, 21, 22, 28, 31, 35, 36, 41, 181, 182
- Bidang Dosimetri dan Kalibrasi, 7, 8, 181
- Bidang Efek Radiasi, 7, 8, 18, 20
- Bidang Kaji Efek Radiasi, 20, 21, 22, 28

Bidang Keselamatan Kerja dan  
     Dosimetri, 40, 41, 42, 45, 131,  
     180, 182  
 Bidang Keselamatan Kerja dan Kese-  
     hatan, 28, 30  
 Bidang Metrologi Radiasi, 28, 31, 35,  
     36, 40, 41, 42, 45, 127, 133,  
     181  
 Bidang Proteksi Radiasi, 7, 8, 20, 21,  
     22, 28  
 Bidang Radioekologi, 40, 41, 42, 45,  
     65, 130, 180  
 Bidang Radiomedis, 7, 8, 19, 21, 22,  
     28  
 Bidang Standardisasi, 20, 21, 22, 25,  
     28  
 Bidang Teknik Nuklir Kedokteran,  
     20, 28, 31, 35, 36, 40, 41, 42,  
     45, 130, 182  
 Bidang Teknik Nuklir Kedokteran  
     dan Biologi Radiasi, 40, 41,  
     42, 45, 130, 182  
 Blok M, 6, 7  
 Buletin ALARA, x, 107, 108  
  
 Calibrator OB-85, vii, 23, 133  
 Calibrator tipe OB-2, 11  
 Calibrator tipe OB-6, 11  
 Chernobyl, 58, 78  
 Chiyoda, ix, 81, 82  
 C.J. Soegiarto, 21  
 C. Tuti Budiantari, 23, 146, 151, 154  
  
 Dadong Iskandar, 23, 42, 45, 143,  
     144, 153, 154, 160, 163, 169,  
     170  
 Dani, 23  
  
 densitometer, 82  
 Deputi Bidang Aplikasi dan Jasa  
     Ilmiah, 7  
 Deputi Bidang Penelitian Dasar dan  
     Terapan, 27  
 Deputi Bidang Pengkajian Sains dan  
     Teknologi Nuklir, 20  
 Deputi Bidang Sains dan Aplikasi  
     Teknologi Nuklir, 40  
 Direktur Jenderal BATAN, 1, 5, 7, 14,  
     17, 18, 20, 21, 25, 39, 52, 79,  
     81, 84, 91, 92  
*dose calibrator*, 75, 86, 167  
 Dosimentor, 11  
 dosimeter biologik, 81  
 Dosimeter Farmer, 16  
 D-Shuttle, 73, 132  
  
 Elistina, 45  
 Emlinarti, 104  
 Eri Hiswara, 21, 22, 28, 31, 101, 144,  
     146, 150, 155, 156, 157, 161,  
     162, 163, 166, 168, 179  
  
 Fadil Nazir, 31, 35, 36, 150, 151, 152,  
     162  
 Fasilitas Kaji Efek Radiasi, 8  
 Fasilitas Kalibrasi, viii, ix, 8, 17, 21,  
     24, 25, 32, 52, 63, 84, 120  
 Fasilitas Kalibrasi Tingkat Lokal, 17,  
     24  
 Fasilitas Kalibrasi Tingkat Nasional,  
     17, 21, 25, 120  
 Fasilitas Kedokteran Nuklir, x, 8, 107  
 Fasilitas Perbengkelan, 8  
 Fukushima, 66, 80, 147, 168

- Gatot Wurdianto, 42, 45, 146, 155,  
157, 159, 163
- G. Drexler, 12
- Gerhard C. Lowenthal, 18
- Gunung Galunggung, 57
- Heru Prasetyo, 45, 142, 144, 166, 182  
*high pure germanium*, 37  
HPGe, 37, 130, 133
- Indonesia, iv, vi, ix, xiv, xvii, xviii,  
xix, 2, 4, 6, 17, 18, 19, 25, 27,  
30, 55, 56, 57, 58, 63, 64, 65,  
66, 70, 71, 72, 74, 76, 79, 82,  
84, 90, 102, 105, 106, 110,  
111, 112, 113, 117, 118, 120,  
121, 122, 123, 142, 143, 145,  
146, 147, 148, 149, 156, 157,  
158, 159, 160, 161, 162, 163,  
164, 165, 168, 170, 179, 181,  
182
- Instalasi Keselamatan Radiasi, 21, 22
- International Atomic Energy Agency,  
39
- in vitro, 41, 66, 67, 81, 87, 129
- in vivo, 41, 66, 67, 81, 87, 129
- IONEX, 11
- Ismanto Jumadi, 42, 45, 180
- Jalan Falatehan I, 6
- Jalan K.H. Abdul Rohim, 6
- Jalan Kuningan Barat, 6, 127
- Jalan Lauser, 6
- Jalan Lebak Bulus Raya, 125
- Jaringan SSDL IAEA/WHO, vii, 14,  
15, 16, 17, 29, 84
- jatuhan radioaktif, 56
- jejak neutron, 26
- J. Haider, 12
- Joesran Zoebar, 21, 100
- J.R. Dumais, 22, 36, 42
- kalibrasi alat ukur radiasi tingkat  
proteksi, 11, 24
- kamera gamma, 19, 95, 150
- Kantor Pusat BATAN, 13, 14, 24,  
119, 127, 128
- Kawasan Nuklir Serpong, 99, 169,  
183
- K.B. Lee, 52, 158
- Kecamatan Cilandak, 125
- kecelakaan radiologik, 19
- kedokteran nuklir, 19, 68, 81, 86, 87,  
106, 107, 108, 109, 153, 162
- Keithley, 11, 133, 134
- Kelurahan Kuningan Barat, 127
- Kelurahan Lebak Bulus, 125
- Kementerian Pertanian, 80
- kerma udara, 38, 42
- kesehatan radiasi, 20
- keselamatan radiasi, xiv, xix, 2, 3, 20,  
28, 51, 55, 61, 102, 103, 106,  
107, 108, 109, 110, 112, 117,  
118, 156, 163
- Kodak tipe 2, 81, 82
- Komisi Standardisasi BATAN, 53
- Komite Nasional Akreditasi Pranata  
Penelitian dan Pengembangan,  
53, 139
- kontaminasi, 27, 41, 58, 74, 80, 81,  
85, 86, 95, 131, 132, 133
- Korea Research Institute of Standards  
and Science, 40, 52, 114

- Kuningan Barat, 6, 127  
 Kunto Wiharto, xvii, 19, 22, 28, 31, 35
- Laboratorium Dosimetri Standar  
 Primer, 33, 39  
 Laboratorium Dosimetri Standar  
 Sekunder, 39, 120, 127  
 Laboratorium Dosimetri Standar  
 Tersier, 33  
 Laboratorium Dosimetri Tingkat  
 Nasional, 33  
 laboratorium inkubasi, 18  
 Laboratorium Kalibrasi dan Standardisasi,  
 6  
 laboratorium kalibrasi neutron termik, 31  
 Laboratorium Kimia Lingkungan,  
 vii, 9  
 Laboratorium Metrologi Radiasi  
 Nasional, 52  
 Laboratorium PTKMR, viii, ix, 49,  
 77, 86, 88, 90, 91  
 laboratorium steril, 18  
*liquid scintillation counter*, 37  
 Lokakarya Keselamatan dan Kesehatan Kerja, ix, 99, 100
- Mairing Matutu, 28, 31  
 Mampang Prapatan, 3, 6, 7, 13, 127  
 Mamuju, 59, 61, 70, 110, 142, 143,  
 145, 147, 148, 153, 158, 161,  
 163, 164, 165, 168, 169  
 Marzaini Nareh, 65  
 Maurizio Zifferero, 16  
 Menteri Kesehatan, 79, 105, 120, 121  
 meteorologi, 56  
 metrologi radiasi, 1, 4, 5, 40, 46, 52,  
 55, 73, 78, 86, 108  
 M. Fathony, 22, 28, 31  
 Mohammad Hasroel Thayeb, xvii,  
 7, 18  
 Moh. Birsam, 31  
 Moh. Isnaeni, 7, 21  
 MRCCC Siloam, 73  
 Mukhlis Akhadi, 31, 157, 163, 170  
 Mulyadi Rachmad, 12, 21
- Nastiti Rahajeng, 45, 144, 147, 150,  
 153, 158, 169  
 National Physical Laboratory, 25  
*Naturally Occuring Radioactive Materials*, 157  
 Ndory Wangge, 21  
 neutron, 24, 26, 31, 70, 73, 74, 82,  
 83, 84, 95, 129, 133, 151, 155  
 neutron cepat, 24, 31, 73, 82  
 neutron epitermik, 31  
 neutron termik, 31  
 Nina Herlina, 23  
 Nurman Rajagukguk, 23, 146, 150,  
 162, 167
- Otto P. Ruslanto, 23, 35, 36
- Paramita Pandansari, 45  
 Pardi, 23, 154, 166, 170  
 patofisiologi, 19  
 pemantauan dosis perorangan, 37  
 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir,  
 57, 103  
 pencacah radiasi berlatar rendah, 8  
 penganalisis saluran ganda, 37

- percutaneous coronary intervention*, 72
- Perjanjian Kerja Sama, 109
- pesawat sinar-X MG-420, 11, 12, 26
- pesawat teleterapi, 11, 12, 74
- peta laju dosis radiasi gamma lingkungan, 58
- Proyek Peningkatan Keselamatan Radiasi untuk Kesehatan Masyarakat, 5, 6
- Proyek SKIN, 1, 6, 56
- Proyek Standardisasi, Kalibrasi, dan Instrumentasi Nuklir, 1, 3, 5, 6
- PT DOW Chemical Indonesia, 82
- PT Fajar Mas Murni, 82
- PT Multi Bintang Indonesia, 82
- PT Schlumberger Indonesia, 82
- PT Video Display Glass Indonesia, 82
- Pujadi, 18, 22
- Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, 13, 18, 35, 81
- Pusat Dosimetri dan Standardisasi, v, xiii, xvii, 1, 3, 5, 7, 17, 77, 91, 120, 184
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir, xvii, 2, 27, 28, 31
- Pusat Penelitian Nuklir GAMMA, 56
- Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta, 80
- Pusat Penelitian Teknik Nuklir, 80
- Pusat Reaktor Atom Bandung, 56
- Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, 72
- Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi, v, xvii, 2, 20, 21, 22, 79, 91, 120
- Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, 13
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, v, xiii, xv, xvii, 1, 2, 5, 35, 36, 39, 42, 45, 46, 55, 77, 78, 80, 87, 88, 89, 120, 122, 123, 125
- Puslitbang KIM LIPI, 30
- RAD7, ix, 62, 63, 130
- radiasi kosmik, 70, 73
- radioaktivitas, 6, 8, 10, 17, 18, 25, 28, 34, 37, 43, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 75, 86, 108, 118, 129, 130, 156
- radioaktivitas lingkungan, 8, 28, 34, 43, 55, 56, 57, 60, 61, 63, 108, 129
- radioterapi, 11, 14, 36, 105, 129, 153
- radon, 55, 61, 62, 63, 94, 130, 153, 154, 160, 161
- reformasi birokrasi, 46, 48
- Riau Amorino, 23
- Rina L. Dewi, 36, 42
- RSUP Fatmawati, 66, 109
- Rukiyatmo, 21
- Rumah Sakit Kebon Jati, 82
- sampel susu sapi, 56
- Secondary Standard Dosimetry Laboratory, 12, 129
- sistem *carborne monitoring*, 60
- sitogenetik, 18, 41, 66, 69, 70
- Soekarno Suyudi, 21, 101
- spektrometer alfa, 10
- spektrometer gamma, 8, 10, 155

Sri Subandini Lolaningrum, 23  
 SSDL Jakarta, vii, 14, 15, 16, 17, 25,  
 26, 29, 30, 33, 35, 38, 42, 46,  
 52, 114, 162  
 standardisasi radionuklida, 18, 20,  
 25, 34, 35, 39, 41, 52, 73, 75,  
 86, 87, 118, 129  
 studi histologi, 18  
 Subbidang Dosimetri Medik, 41  
 Subbidang Kalibrasi, 41  
 Subbidang Kalibrasi Alat Ukur Radi-  
 asi, 41  
 Subbidang Kesehatan Radiasi, 41  
 Subbidang Keselamatan Kerja dan  
 Proteksi Radiasi, 41  
 Subbidang Keselamatan Lingkungan,  
 41, 65, 181  
 Subbidang Radioaktivitas Lingkungan,  
 10  
 Subbidang Standardisasi Radionuklida,  
 41  
 Sucofindo, 53, 110  
 Sugiono, 28  
 Sugiyana, 23  
 Suhartono Zahir, xvii, 6, 21, 22  
 Sumanto, 21, 22  
 sumber neutron, 24, 82, 83  
 Sunaryo, 21, 22  
 surveymeter, 24, 74, 86, 133  
 surveymeter beta, 86  
 surveymeter neutron, 24, 74  
 Susetyo Trijoko, 22, 28, 31, 35, 36, 42  
 Susilo Widodo, 22, 36, 91, 112  
 Susyati, 31, 146  
 Sutjipto Wijadi, 6  
 Suwarno Wiryosimin, 6, 21  
 Suyati, 23, 104  
 Syarbaini, 35, 36, 143, 158, 164  
 TLD Harshaw tipe BG-1, 83  
 TLD Harshaw tipe NG-67, 83  
 TLD reader, 26, 83, 131  
 Topo Suprihadi, 28, 31  
 Unit Jaminan Mutu, 41, 42, 45, 181  
 Unit Radiologi, 66  
 Universitas Indonesia, 18, 111, 179,  
 181, 182  
 Untara, 45  
 Untung Iskandar, 7, 19  
*whole body counter*, 27, 71  
 Yogyakarta, ix, x, 6, 24, 39, 56, 72,  
 80, 101, 102, 114, 115, 146,  
 154, 155, 156, 157, 163, 169,  
 170, 181, 183  
 Yurfida Nurdin, 23  
 Zubaidah Alatas, 31, 35, 36, 42, 45,  
 105, 142

# Biografi Penulis

## Eri Hiswara



Eri Hiswara lahir di Jakarta pada tanggal 11 Oktober 1957. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Fisika di Universitas Indonesia tahun 1982 dan S2 pada bidang Radiation and Environmental Protection di University of Surrey, Guildford, Inggris, pada tahun 1990. Masuk sebagai pegawai negeri di BATAN dengan status pegawai tugas belajar pada tahun 1980. Menjadi staf peneliti sejak tahun 1984 dengan jabatan Asisten Peneliti Madya hingga menjadi Ahli Peneliti Utama pada tahun 2001. Pada tahun 2003–2007, menjadi Atase Ilmu Pengetahuan di KBRI/PTRI Wina. Setelah menyelesaikan tugas di KBRI/PTRI Wina, ia kembali ke BATAN sebagai peneliti dan memperoleh jabatan Profesor Riset pada tahun 2008. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang bersangkutan menjadi staf periset pada Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir pada Organisasi Riset Tenaga Nuklir.

## Wahyudi



Wahyudi lahir di Karanganyar, Jawa Tengah, pada tanggal 16 Agustus 1965. Menyelesaikan pendidikan Diploma-IV pada jurusan Teknokimia Nuklir di STTN BATAN pada tahun 2007. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di PSPKR BATAN sejak tahun 1988. Kini aktif bekerja sebagai staf senior pada Bidang Radioekologi PTKMR BATAN dan menduduki jabatan fungsional Pranata Nuklir Madya sejak tahun 2015. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang

bersangkutan menjadi staf periset pada Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir.

## Ismanto Jumadi



Ismanto Jumadi lahir di Purworejo, Jawa Tengah, pada tanggal 2 Oktober 1967. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Teknik Nuklir di Universitas Gajah Mada pada tahun 1993. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di PSPKR BATAN sejak tahun 1994. Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri PTKMR pada tahun 2016–2018. Menduduki jabatan struktural Kepala Bagian Tata Usaha di PTKMR BATAN sejak

Agustus 2018. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang bersangkutan menjadi koordinator laboratorium radiasi di Kawasan Sains dan Teknologi Siwabessy, Pasar Jumat, pada Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset dan Kawasan Sains Teknologi, Kedeputan Bidang Infrastruktur Riset dan Inovasi.

## Tuti Budiantari



Caecilia Tuti Budiantari lahir di Jakarta pada tanggal 27 November 1960. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Fisika di Institut Teknologi Bandung pada tahun 1985 dan S2 pada jurusan Fisika dengan peminatan Fisika Medik di Universitas Indonesia pada tahun 2014. Masuk bekerja di PSPKR BATAN pada September 1985 dan menjadi pegawai negeri pada Maret 1986 sebagai staf Bidang Dosimetri dan Kalibrasi. Kini aktif bekerja sebagai staf senior pada Bidang Metrologi

Radiasi PTKMR BATAN dan meraih jabatan fungsional Pranata Nuklir Utama sejak 1 Oktober 2017. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang bersangkutan menjadi staf periset pada Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir.

## Asep Setiawan



Asep Setiawan lahir di Bandung pada tanggal 26 Desember 1972. Menyelesaikan pendidikan Diploma-III Teknokimia Nuklir di PATN/STTN BATAN Yogyakarta tahun 1999, S1 pada jurusan Kimia di Universitas Nusa Bangsa tahun 2002, dan S2 jurusan Kimia di Universitas Indonesia tahun 2012. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di PSPKR BATAN sebagai staf di Subbidang Keselamatan Lingkungan pada tahun 1993. Pada tahun 2014-2017 yang

bersangkutan menjadi Kepala Unit Jaminan Mutu PTKMR BATAN dan kemudian tahun 2017-2021 menjadi Kepala Bidang Metrologi Radiasi PTKMR BATAN. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang bersangkutan menjadi manajer/PIC Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi di Kawasan Sains dan Teknologi GA Siwabessy, Pasar Jumat, pada Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset dan Kawasan Sains Teknologi, Kedeputan Bidang Infrastruktur Riset dan Inovasi.

## Heru Prasetyo



Heru Prasetio lahir di Jakarta pada tanggal 15 Maret 1977. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 di Jurusan Fisika peminatan Fisika Medik di Universitas Indonesia pada tahun 2000 dan 2005, serta S3 di University of Erlangen-Nuremberg, Jerman, pada tahun 2018. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di P3KRBiN BATAN sebagai staf Bidang Dosimetri pada tahun 2000 dan menjadi Kepala Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri di PTKMR BATAN sejak Oktober 2018 hingga September 2021. Sejak tahun 2022 yang bersangkutan menduduki jabatan Kepala Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir pada Organisasi Riset Tenaga Nuklir BRIN.

## Yanti Lusiyanti



Yanti Lusiyanti lahir di Tasikmalaya pada tanggal 6 September 1963. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Biologi di Universitas Gajah Mada pada tahun 1988. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di PSPKR BATAN pada tahun 1990. Menjadi staf peneliti sejak tahun 2000 dengan jabatan Ajun Peneliti Muda. Posisi saat ini sebagai staf senior pada Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi PTKMR BATAN, dan menduduki jabatan fungsional Peneliti Madya sejak tahun 2010. Setelah BATAN bergabung ke dalam BRIN, yang bersangkutan menjadi staf periset pada Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Mutu Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir.

## Sandya Eko Restadhi



Sandya Eko Restadhi lahir di Jakarta pada tanggal 15 November 1962. Menempuh pendidikan tinggi di Universitas Tarumanegara dan memperoleh gelar Sarjana Hukum (SH) perdata pada tahun 1986. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di UPT-MPIN BATAN Kawasan Nuklir Serpong pada tahun 1986. Pindah ke PSPKR BATAN dan diangkat sebagai Kepala Subbagian Tata Usaha dan Kepegawaian pada tahun 1991–1998.

Pada tahun 2014–2018 menjabat sebagai Kepala Subbagian Perlengkapan di PTKMR BATAN, dan tahun 2018-2020 menjadi Kepala Subbagian Persuratan, Kepegawaian, dan Dokumentasi Ilmiah PTKMR BATAN. Sejak Desember 2020 yang bersangkutan sudah memasuki masa purna bakti sebagai Pegawai Negeri Sipil.

## Noor Puspita Putriana



Noor Puspita Putriana lahir di Yogyakarta pada tanggal 5 Agustus 1990. Menempuh pendidikan Diploma-III di Universitas Negeri Sebelas Maret (UNS) Solo, Jawa Tengah. Mendapat gelar Ahli Madya (A.Md) dalam bidang manajemen administrasi pada tahun 2011. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di PTKMR BATAN sebagai staf Subbagian

Persuratan, Kepegawaian, dan Dokumentasi Ilmiah sejak tahun 2014, dan menjadi Sekretaris untuk Kepala PTKMR BATAN. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang bersangkutan bekerja pada Pusat Riset Arkeologi Prasejarah dan Sejarah pada Organisasi Riset Arkeologi, Bahasa dan Sastra.

## Toni Prihatna



Toni Prihatna lahir di Cirebon pada tanggal 22 Agustus 1965. Menempuh pendidikan formal di SMA Negeri Cirebon jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan lulus tahun 1985. Pernah bekerja sebagai pegawai honorer di Pusat Dosimetri dan Standardisasi (PDS) BATAN tahun 1985. Masuk menjadi pegawai negeri dan bekerja di PSPKR BATAN sebagai staf di Subbagian Ilmiah dan Dokumentasi pada tahun 1986. Kini aktif bekerja di Subbagian Persuratan, Kepegawaian, dan Dokumentasi

Ilmiah PTKMR BATAN dengan jabatan Pengelola Kerja Sama dan Dokumentasi. Setelah BATAN bergabung kedalam BRIN, yang bersangkutan menjadi pelaksana pada Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi di Kawasan Sains dan Teknologi GA Siwabessy, Pasar Jumat, pada Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset dan Kawasan Sains Teknologi, Kedeputusan Bidang Infrastruktur Riset dan Inovasi.

**39 TAHUN PTKMR:  
LITBANG DAN LAYANAN  
DALAM PROTEKSI DAN KESELAMATAN  
RADIASI DI INDONESIA  
(1981–2020)**

**B**uku ini mengulas tentang kegiatan penelitian dan pengembangan serta layanan dalam proteksi dan keselamatan radiasi di Indonesia dari tahun 1981 hingga 2020 yang dilakukan oleh Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) yang berada di lingkungan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Kegiatan-kegiatan yang telah dilakukan selama 39 tahun PTKMR berdiri, dibahas dalam judul-judul bab yang tersusun dalam buku ini.

Sebagai catatan, dapat disampaikan bahwa sejak BATAN bergabung ke dalam BRIN pada akhir 2021, kegiatan penelitian dan pengembangan PTKMR dilanjutkan oleh Pusat Riset Teknologi Keselamatan, Metrologi, dan Mutu Nuklir BRIN, sedang kegiatan layanan dilaksanakan oleh Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains Teknologi BRIN.

Buku ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kegiatan dan peran serta PTKMR dahulu dalam mewujudkan aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir yang aman dan selamat di Indonesia.

Selamat membaca!



Diterbitkan oleh:  
**Penerbit BRIN**  
**Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah**  
Gedung BJ Habibie, Jln. M.H. Thamrin No. 8,  
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340  
Whatsapp: 0811-8612-369  
*E-mail:* [penerbit@brin.go.id](mailto:penerbit@brin.go.id)  
*Website:* [penerbit.brin.go.id](http://penerbit.brin.go.id)

DOI: 10.55981/brin.526

