



PROSIDING

SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR 2016

*"PENINGKATAN EFEKTIVITAS PENGAWASAN
KETENAGANUKLIRAN YANG SINERGI
DENGAN PERKEMBANGAN GLOBAL"*



**SUSUNAN PANITIA
SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR 2016
BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**

- | | |
|---|---|
| 1. Pengarah | <ul style="list-style-type: none"> 1. Kepala BAPETEN 2. Deputi PKN |
| 2. Penanggung Jawab | Ka. P2STPIBN |
| 3. Asisten penanggung jawab
(Tim Asistensi) | <ul style="list-style-type: none"> 1. Ir. Bintoro Aji, MT 2. Dr. Azizul Khakim, ST., M.Eng 3. Bambang Eko Aryadi, ST, MT |
| 4. Penyelenggara | |
| Ketua | Mohammad Tahril Azis, ST, M.Eng |
| Wakil ketua | Helen Raflis, S.Si, M.Eng |
| Sekretaris | Pandu Dewanto, ST., MT |
| Bendahara | <ul style="list-style-type: none"> 1. Dahlan, SE 2. Eko Hadiyono Riyadi, MTI |
| 5. Sie Kesekretariatan | <ul style="list-style-type: none"> 1. Hidayati Amar, ST, MT 2. Agus Waluyo, ST, MT 3. Emy Triharjiyati, ST 4. Dewi Ariani |
| 6. Sie Prosiding | <ul style="list-style-type: none"> 1. Arif Isnaeni, ST., M.Sc 2. Dedi Hermawan, ST, MT 3. Nur Siwhan, ST., MT 4. Arifin Muhammad Susanto, ST., M.Sc |

7. **Sie Persidangan**
1. Arifin Muhammad Susanto, ST., M.Sc
 2. Akhmad Khusyairi, ST, M.Eng
 3. Dwi Cahyadi, ST, M.Eng
 4. Dra. Sri Budi Utami, M.T
 5. Ir. Yusri Heni Nurwidi Astuti, M.Eng
 6. Putri Suryo Dinoto, ST
8. **Sie Kehumasan & Dokumentasi**
1. Dedi Hermawan, ST, MT
 2. Tri Djatmiko Sukoharto, S.Sos
 3. Akhmad Khusyairi, ST, M.Eng
9. **Sie Perlengkapan dan Keamanan**
1. Nur Siwhan, ST., MT
 2. Arif Isnaeni, ST., M.Sc
 3. Eko Hadiyono Riyadi, MTI
 4. Dra. Sri Budi Utami, M.T
10. **Penilai Makalah dan Editor**
- Koordinator** Dr. Azizul Khakim, ST., M.Eng (BAPETEN)
- Anggota**
1. Ir. Budi Rohman, M.Sc (BAPETEN)
 2. Dra. Liliana Yetta Pandi (BAPETEN)
 3. Dr. Syahrir, M.Sc. (BAPETEN)
 4. Drs. Azhar, M.Sc (BAPETEN)
 5. Dr. M. Subekti (BATAN)
 6. Ishak, M.Si (BAPETEN)
 7. Prof. Dr. Zaki Suud (ITB)
 8. Dr. Alexandar Agung (UGM)
 9. Drs. Suharyana, M.Sc (UNS)

**SAMBUTAN KEPALA BAPETEN
PADA SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR BAPETEN**

Jakarta, 03 Agustus 2016

Yth. Prof. Wade Allison from UK

Yth. Ir. Arus Gunawan Direktur Industri Permesinan dan Alat Mesin Pertanian Kementerian Perindustrian

Yth. Deputi PKN, Deputi PI dan Sekretaris Utama BAPETEN

Yth. Para pejabat struktural di lingkungan BAPETEN

Yth. Para Undangan dari Lembaga Instansi Pemerintah dan Perguruan Tinggi dan para peserta seminar

Selamat pagi,

Assalamu'alaikum wr.wb.

Segala puji kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah menganugerahi kita semua dengan kesehatan dan kesempatan sehingga pada pagi yang berbahagia ini kita dapat menghadiri Seminar Keselamatan Nuklir 2016 BAPETEN, yaitu seminar yang diselenggarakan untuk mengakomodasi segenap perkembangan ilmiah guna meningkatkan kualitas pengawasan ketenaganukliran di Indonesia.

Tenaga nuklir dapat memberikan manfaat kepada masyarakat, tetapi pada sisi yang lain mempunyai resiko bila tidak dilakukan pengawasan dengan baik, untuk mengurangi terjadinya potensi resiko tersebut maka diperlukan pengawasan yang ketat dengan berdasar pada aspek *safety*, *security*, dan *safeguards* (3S). Pemanfaatan tenaga nuklir harus memenuhi tingkat keselamatan dan keamanan serta seifgard sesuai dengan ketentuan dan persyaratan yang berlaku.

Ilmu pengetahuan dan teknologi tentang pemanfaatan tenaga nuklir memberikan peluang berarti bagi masyarakat, seperti pemanfaatan tenaga nuklir untuk memenuhi kebutuhan listrik di masa yang akan datang yang pada akhirnya diharapkan dapat mencapai kesejahteraan dan kemandirian energi pada bangsa Indonesia.

Sesuai dengan Seminar kali ini yang bertema "**Peningkatan Efektifitas Pengawasan Ketenaganukliran yang Sinergi dengan Perkembangan Global**" Pada kesempatan ini kiranya perlu saya sampaikan beberapa isu utama nasional yang terkait dengan masalah pemanfaatan energi nuklir antara lain:

- a. Program 35.000 MW pemerintah yang menjadi program nasional dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015 – 2019;
- b. Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035 yang diterbitkan oleh Kementerian Perindustrian yang menyatakan bahwa salah satu program pengembangan industri prioritas pembangkit energi adalah mengembangkan fasilitas pembangkit listrik

tenaga nuklir efisien dengan teknologi keselamatan yang tinggi dalam periode waktu 2020-2035;

- c. Terkait keamanan nuklir, pada awal tahun 2016 telah diselenggarakan Nuclear Security Summit di Washington DC
- d. Rencana pembangunan reaktor daya eksperimental (RDE) oleh BATAN;

Dalam rangka introduksi energi nuklir dalam sistem kelistrikan di Indonesia (PLTN) dan rencana pembangunan Reaktor Daya Eksperimental (RDE), BAPETEN sebagai lembaga yang memiliki tanggung jawab untuk melakukan pengawasan dalam pemanfaatan teknologi nuklir dari aspek keselamatan, keamanan, dan safeguards harus bekerja keras mempersiapkan pengembangan peraturan terkait reaktor daya dan meningkatkan kemampuan dalam mengevaluasi perizinan terhadap permohonan izin yang akan masuk. Aspek perizinan instalasi nuklir dimulai dari perizinan tapak, untuk memberikan izin tapak, BAPETEN harus terlebih dahulu dievaluasi berbagai hal, seperti aspek geologi, seismik, vulkanologi, kegempaan, meteorologi, hidrologi, dispersi dan sebagainya. Peraturan terkait pembangunan PLTN telah terbitkan dalam bentuk PERKA BAPETEN. Untuk mengevaluasi desain RDE yang sering disebut sebagai reaktor generasi maju yang sedang dikembangkan oleh banyak negara di dunia, maka BAPETEN mengirimkan banyak staf teknis dalam program capacity building dan bekerja sama negara lain untuk meningkatkan efektivitas kinerja yang sinergi dengan perkembangan global. Selain dilakukan oleh SDM BAPETEN sendiri, dapat dijalin kerjasama dengan *Technical Support Organization (TSO)* dalam membantu mengevaluasi desain RDE dari teknologi yang terpilih. Untuk itu BAPETEN juga menjalin komunikasi dengan perguruan tinggi dalam rangka menjawab tantangan pembangunan RDE dan PLTN.

Tantangan pengawasan BAPETEN juga muncul dari sumber radiasi, fasilitas radiasi, bahan galian dan sumber radiasi tak bertuan (*orphan source*). Dalam kaitan dengan penggunaan Radiation Portal Monitor (RPM) di Indonesia, Menteri Sekretaris Kabinet telah menerbitkan Surat Edaran agar semua institusi terkait harus mengoordinasikan dan meminta ijin pemasangannya ke BAPETEN. Permasalahan TENORM juga merupakan issue yang perlu dicarikan jalan keluar yang bijak. Demikian juga isu terkait computer/cyber security di instalasi/fasilitas nuklir yang perlu diantisipasi segera. Untuk itu BAPETEN perlu mempersiapkan peraturan, pedoman, dan sistem perizinan harus disesuaikan dengan tingkat resiko dari jenis radiasi yang dimanfaatkan. Perkembangan standar internasional untuk keselamatan radiologis harus terus dicermati. Saya gembira bahwa banyak isu sekitar kita yang saya sebutkan di atas dibahas dalam seminar kali ini.

Untuk meningkatkan penguatan pengawasan ketenaganukliran untuk kesejahteraan dan kemandirian bangsa, BAPETEN akan terus menggalang kerjasama dengan berbagai pihak yang menjadi stakeholder BAPETEN, seperti BATAN, KEMENKES, organisasi profesi, universitas, dan sebagainya. Setelah melalui tahap pembinaan kepada para pemegang izin dalam rangka meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan perundangan ketenaganukliran, kini BAPETEN telah memasuki tahap peningkatan upaya penegakan hukum dengan menindak tegas para pengguna sumber radiasi yang nyata-nyata telah melakukan pelanggaran terhadap peraturan perundangan yang berlaku. Diharapkan upaya – upaya yang telah dan sedang dilakukan BAPETEN benar-benar

mengekspresikan kehadiran negara dalam pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir dan dapat mendukung pemanfaatan tenaga nuklir yang dapat memberikan kesejahteraan dan kemandirian bangsa.

Pada bulan Agustus 2015 yang lalu, BAPETEN menerima tim review IRRS (*Integrated Regulatory Review Service*) sebanyak 15 *expert* dari berbagai negara dan ditambah 4 *expert* dari IAEA. Hasil review IAEA telah ditindak lanjuti oleh BAPETEN. Dengan pelaksanaan IRRS ini diharapkan BAPETEN akan dapat memperkuat dan meningkatkan efektivitas infrastruktur pengawasan terutama terhadap keselamatan nuklir, radiasi, limbah radioaktif, dan transportasi bahan nuklir untuk dapat mencapai visi yang telah dicanangkan sebagai lembaga pengawas kelas dunia.

Demikian hal ini kami sampaikan, selanjutnya sesuai dengan permintaan Ketua Panitia, maka dengan mengucap Bismillahirrahmaanirrahiim Seminar Keselamatan Nuklir BAPETEN untuk tahun anggaran 2016 ini resmi dibuka.

Terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Kepala BAPETEN

Prof. Dr. Jazi Eko Istiyanto, M.Sc

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan berkat, rahmat dan kesehatan yang diberikan, sehingga prosiding Seminar Keselamatan Nuklir ini dapat terselesaikan dengan baik. Prosiding ini berisi kumpulan makalah - makalah dari para penyaji yang telah dipresentasikan dan didiskusikan pada acara Seminar Keselamatan Nuklir BAPETEN Tahun 2016 yang bertemakan “Peningkatan Efektivitas Pengawasan Ketenaganukliran yang Sinergi dengan Perkembangan Global”.

Seminar diadakan pada tanggal 3 Agustus 2016 dan bertempat di Hotel Merlynn Park Jakarta, dihadiri oleh pemangku kepentingan yang tersebar di Indonesia dan berasal dari berbagai universitas dan instansi pemerintah. Pada seminar ini hadir juga pembicara utama yaitu Prof. Wade Allison, penulis buku : “*Radiation and Reason: The Impact of Science on a Culture of Fear*” dan “*Nuclear is for Life: A Cultural Revolution*” dari Oxford University Inggris.

Makalah yang disajikan dalam prosiding ini dibagi sesuai kelompok sebagai berikut:

1. Keselamatan dan Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif;
2. Keselamatan dan Pengawasan Instalasi dan Bahan Nuklir.

Kami menyadari bahwa prosiding ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, untuk itu segala saran dan kritik kami harapkan demi perbaikan prosiding pada terbitan tahun-tahun yang akan datang. Akhirnya kami berharap prosiding ini semoga dapat menjadi sumber informasi bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Jakarta, 3 Oktober 2016

Ketua Panitia

Mohammad Tahril Azis, ST, M.Eng.

**AGENDA PELAKSANAAN
SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR 2016
BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**

WAKTU	KEGIATAN	PELAKSANA		KETERANGAN	
08.00 – 08.30	Registrasi	Panitia			
	Lagu Indonesia Raya				
	Induksi keselamatan	Hotel MP			
08.30 – 09.00	Pembukaan: 1. Laporan 2. Sambutan	Ketua Panitia Kepala BAPETEN	Tahril Prof. Jazi Eko Istiyanto	MC	: Putri Suryo D
09.00 – 09.30	REHAT KOPI + FOTO BERSAMA				
09.30 – 10.30	Presentasi Pembicara Tamu 1:	Prof. Wade Alison			
10.30 – 11.00	Presentasi Pembicara Tamu 2:	Direktur Industri Permesinan dan Alat Mesin Pertanian Kementerian Perindustrian		Moderator : Taruniyati H. Sekretaris Sidang : Khusyairi dan Emy	
11.00 – 11.30	DISKUSI SESI 1				
11.30 - 11.40	PENYERAHAN PLAKAT & LAINNYA				
11.40 – 12.00	KONFERENSI PERS				
	Ka. BAPETEN, Dep. PKN, Wade A., Ka. P2STPIBN, Ketua SKN				
12.00 – 13.00	ISHOMA				
13.00 – 13.30	Presentasi Poster PA & PB				
	Penanggungjawab poster : - Dwi & Khusyairi				
Presentasi ORAL Sesi 1					
	Kelompok A (IBN)	Kelompok B (FRZR)		Sesi 1	
				IBN	FRZR
13.30– 13.40	Presentasi OA1	Presentasi OB1		Moderator	Yanuar
13.40– 13.50	Presentasi OA2	Presentasi OB2			
13.50 – 14.00	Presentasi OA3	Presentasi OB3		Sekretaris sidang	Riyadi
14.00 – 14.10	Presentasi OA4	Presentasi OB4			
14.10 – 14.30	Diskusi	Diskusi			
Presentasi ORAL Sesi 2					
	IBN	FRZR		Sesi 2	
				IBN	FRZR
14.30– 14.40	Presentasi OA5	Presentasi OB5		Moderator	Bambang Eko A.
14.40 – 14.50	Presentasi OA6	Presentasi OB6			
14.50 – 15.00	Presentasi OA7	Presentasi OB7		Sekretaris sidang	Helen R.
15.00 – 15.10	Presentasi OA8	Presentasi OB8			
15.10 – 15.30	Diskusi	Diskusi			
15.30 -15.45	REHAT KOPI				
15.45 – 16.00	Penutupan : 1. Perumusan 2. Penutupan	Ketua Panitia	M. Tahril A	MC : Putri Suryo D	
		Deputi PKN BAPETEN	Dr. Eng. Yus Rusdian A		
	Pembagian sertifikat penyaji + pendengar				

DAFTAR ISI

Susunan Panitia Seminar Keselamatan Nuklir 2016	i
Sambutan Kepala BAPETEN	iii
Kata Pengantar	vi
Agenda Pelaksanaan Seminar Keselamatan Nuklir 2016	vii
Daftar Isi	viii
MAKALAH PENYAJI BIDANG INSTALASI DAN BAHAN NUKLIR	
Regulasi Teknis Refurbishment Sistem Proteksi Reaktor RSG-GA Siwabessy <i>Sigit Asmara Santa, Syaiful Bakhri</i>	1-1
Prediksi Kualitatif Kemampuan Perpindahan Panas Konveksi Alamiah Fluida Nano <i>Diah Hidayanti Sukarno</i>	2-1
Kajian Meteorologi untuk Memenuhi Persyaratan dan Kriteria Keselamatan dari Tahap Awal Penentuan Tapak, Desain dan Konstruksi <i>Deni Septiadi</i>	3-1
Perbandingan Aktivitas Nuklida Pemancar Alfa Hasil <i>Burn-up</i> antara LEU dan HEU dalam Reaktor Homogen ARGUS <i>Luqman Hakim, Suharyana, Riyatun, Azizul Khakim</i>	4-1
Analisa Hasil Pengujian Switchgear Pada Sistem Kelistrikan Gedung Reaktor Serba Guna GA Siwabessy <i>Adry Fadillah</i>	5-1
Perhitungan Konsentrasi Pu-239 dan Pu-241 pada <i>Aqueous Homogeneous Reactor</i> <i>Ikhlash H. Siregar, Suharyana, Azizul Khakim, Frida Agugn R, Dahman S.</i>	6-1
Sistem Monitoring Parameter Keselamatan Operasi Reaktor Non Daya <i>Yepi Yamani Yosa, Joko Supriyadi, Agus Dwi Purnomo</i>	7-1

Tindakan Proteksi untuk Menghadapi Serangan Cyber pada Sistem Berbasis Komputer dalam Instalasi Nuklir	8-1
<i>Farid Noor Jusuf, Catur Febriyanto Sutopo</i>	
Kajian Antarmuka Dan Kesinergian Keselamatan, <i>Safeguards</i> dan Keamanan pada Reaktor Nuklir	9-1
<i>Liliana Yetta Pandi</i>	
Perhitungan <i>Shutdown</i> Margin Batang Kendali Modifikasi Reaktor TRIGA Bandung	10-1
<i>Agus Waluyo</i>	
Pengawasan BAPETEN dalam Kegiatan Modifikasi Batang Kendali Reaktor TRIGA 2000 tanpa Bahan Bakar	11-1
<i>Rahmat Edhi Harianto, Widyo Lastana Istanto, Wiryono</i>	
Aplikasi PSA terhadap Pengaruh Ekstensi <i>Allowable Outage Time</i> (AOT) Generator Diesel Darurat Sub Komponen <i>Diesel Engine</i> Dan Generator pada PLTN Shin Kori Unit 3	12-1
<i>Arifin Muhammad Susanto</i>	
Kajian Persyaratan Keselamatan Desain Reaktor Nuklir Berpendingin Gas Suhu Tinggi (<i>High Temperature Gas Cooled Reactors</i>)	13-1
<i>Helen Raflis</i>	
Studi Kritikalitas Reaktor Homogen (<i>Aqueous Homogeneous Reactor</i>) Menggunakan SCALE	14-1
<i>Arif Isnaeni</i>	
Tinjauan Penerapan Perka 2/2011 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor	15-1
<i>Arif Isnaeni, Aminuddin Tejo Nugroho</i>	
Kajian Spektra Respon Spesifik 1-D dan 2-D dalam Mendukung Keselamatan Tapak PLTN	16-1
<i>Nur Siwhan</i>	
Pemanfaatan Code MVP untuk Memodelkan <i>High Temperature Reactor</i> (HTR-10)	17-1
<i>Bara Wahyu Ramadhan, Riyatun, Azizul Khakim</i>	
Harmonisasi Indikator Kinerja Keselamatan dan Laporan Operasi Reaktor Non Daya	18-1
<i>Liliana Yetta Pandi dan Veronica Tuka</i>	

Kajian Pengawasan Instalasi Nuklir Non Reaktor dalam Rangka FINAS untuk Meningkatkan Keselamatan	19-1
<i>Emy Triharjiyati</i>	
Pentingnya Pengaturan Mengenai Keamanan Nuklir dalam Suatu Undang-undang	20-1
<i>Mira Wahyu Nugraheni</i>	
Pengaruh data Nuklir pada Perhitungan Kritikalitas Reaktor TRIGA 2000 Bandung dengan SRAC2006	21-1
<i>Hidayati Amar</i>	
Efek Homogenisasi Geometri Terhadap Akurasi Perhitungan Faktor Perlipatan Neutron	22-1
<i>Azizul Khakim, Suharyana, Riyatun</i>	
Pengendalian Keselamatan Kerja di Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional	23-1
<i>Dany Poltak Marisi, Miki Arian Saputra, Tajudin Noor</i>	
Kualifikasi dan Kompetensi Dasar untuk Petugas Keamanan Bahan Nuklir di Instalasi Nuklir	24-1
<i>Imron, Ardiyani Eka Patriasari, Winda Sarmita, Besar Winarto, Supyana</i>	
Kinerja Perhitungan Kritikalitas MCNP6 pada Komputasi Paralel	25-1
<i>Mohammad Tahril Azis, Azizul Khakim, Bintoro Aji</i>	
Peran Negara dalam Tata Kelola Pertambangan Bahan Galian Nuklir	26-1
<i>Donni Taufiq, Dewi Prima Meiliasari, Suci Prihastuti</i>	
Kajian Ancaman <i>Cyber Security</i> Terutama pada Fasilitas Nuklir untuk Meningkatkan Keamanan & Ketahanan Nasional	27-1
<i>E.H. Riyadi</i>	
Komitmen Pemerintah Indonesia dalam Memperkuat Keamanan Nuklir	28-1
<i>Mohamad Mamat dan Angga Kautsar</i>	
Tinjauan Komunikasi Badan Pengawas Tenaga Nuklir dalam Peraturan di Indonesia	29-1
<i>Dedi Hermawan dan Mohamad Mamat</i>	

Penerapan Manajemen Pengetahuan di BAPETEN Sebagai Implementasi dari Amanah Reformasi Birokrasi	30-1
<i>Manda Fermilia, Donni Taufiq, Widi Laksmo</i>	
Kajian Revisi Peraturan Kepala BAPETEN tentang Ketentuan Sistem Proteksi Fisik Instalasi dan Bahan Nuklir	31-1
<i>Pandu Dewanto, Bambang Eko Aryadi</i>	
MAKALAH PENYAJI BIDANG FASILITAS RADIASI DAN ZAT RADIOAKTIF	
Manajemen Daur Ulang Zat Radioaktif Terbungkus yang Tidak Digunakan Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013	32-1
<i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti,RPS, Nurhadiansyah</i>	
Penerapan Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Fasilitas Radioterapi-LINAC	33-1
<i>Nazaroh, Suhaedi Muhammad, dan Gatot Wurdianto</i>	
Evaluasi Perisai Radiasi Tomoterapi Helikal Terhadap Penggunaan Ruang Teleterapi Cobalt 60	34-1
<i>Mukhlisin dan Wita Kustiana</i>	
Penentuan Parameter Dosimetri Awal Berkas Foton dan Elektron Pesawat Pemercepat Linier Medik Varian Clinac IX SILHOUTTE Nomor Seri 1057	35-1
<i>Sri Inang Sunaryati dan Assef Firnando Firmansyah</i>	
Kajian Radioaktivitas Beta Total pada Sampel Air Keran dan Air Permukaan di Sekitar Kawasan Nuklir Pasar Jumat	36-1
<i>Leons Rixson, Megy Stefanus, Niken Hayudanti, Prihatiningsih</i>	
Perhitungan Dosis Foton yang Diterima Pekerja Radiasi dan Pasien Pada Kasus Terapi BNCT Kanker Otak Menggunakan Kode MCNPX	37-1
<i>Petrananda Dea, Dian Novitasari, Suharyana, Riyatun</i>	
Tingkat Acuan Diagnostik pada Radiografi Umum	38-1
<i>Eri Hiswara</i>	
Pengukuran Berkas Foton Sebagai Salah Satu Bagian Uji Komisioning Pesawat Teleterapi ^{60}Co di RSUD dr. Moewardi: Pengukuran dan Pemodelan dengan <i>software</i> MCNPX	39-1
<i>Umi Khasanah, Suharyana, Riyatun, Muhtarom</i>	

Komisioning Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka <i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti,RPS, Farida T</i>	40-1
Kajian Kontaminasi Cesium-137 di Instalasi Produksi Radioisotop Upaya Penanggulangan dan Pencegahannya <i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti,RPS</i>	41-1
Pengukuran Laju Dosis Ekuivalen Ambien Kamera Gamma Radiografi Jenis Portabel Tanpa Sumber Radioaktif <i>B.Y. Eko Budi Jumpeno</i>	42-1
Implementasi LKF Sebagai <i>Assessment</i> Instansi Pemberi Kerja Kepada Instansi Penerima Kerja Bidang Pemanfaatan Radiografi Industry untuk Meningkatkan Aspek Keselamatan dan Keamanan <i>Deddy Rusdiana.S.Si</i>	43-1
Pengamatan Terhadap Dosimeter LIF: Mg,Cu,P yang Akan Digunakan sebagai Dosimeter Lensa Mata untuk Pengukuran Hp(3) <i>Nazaroh, C.Tuti B, Pardi, Eagnes, Irma DR</i>	44-1
Dosis Radiasi Petugas pada Radiologi Intervensional <i>Azhar</i>	45-1
Mitigasi dan Pencegahan Radon di dalam Ruangan <i>Moekhamad Alfiyan</i>	46-1
Pemanfaatan Kode MCNPX untuk Rancang Bangun Ruang Radioterapi <i>Asih Rahmini Rahmat, Suharyana, Riyatun</i>	47-1
Pengaruh Penambahan Radioaktivitas ¹³⁷ Cs Pada Pengukuran Menggunakan Liquid Scintillation Counter (LSC) dalam Pelarut Toluene <i>Deddy Irawan Permana Putra</i>	48-1
Verifikasi Penentuan Laju Dosis Serap Air Berkas Radiasi Cobalt-60 Pesawat Teleterapi TERRAGAM <i>Assef Firnando Firmansyah, Nurman Rajagukguk, Gatot Wurdianto</i>	49-1

Pengembangan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Mengenai Pengangkutan Zat Radioaktif	50-1
<i>Nanang Triagung Edi Hermawan</i>	
Perbandingan Kinerja Hasil Pengukuran Detektor untuk Pemantauan Lingkungan	51-1
<i>M.Muhyidin Farid, I Putu Susila, Prawito</i>	
Tinjauan Terhadap Persyaratan Tenaga Ahli dalam Rangka Pengembangan Peraturan Kepala Bapeten Nomor 11/Ka-Bapeten/VI-99 tentang Izin Konstruksi dan Operasi Iradiator	52-1
<i>Satria Prahara</i>	
Perekayasa Portal Monitor Radiasi Non Spektroskopi	53-1
<i>Joko Triyanto, Dian Fitri Atmoko, Mohammad Amin, Triharjanto</i>	
Analisis Terhadap Tanggung Jawab dan Persyaratan Kualifikasi Petugas Proteksi Radiasi dalam Peraturan Kepala BAPETEN No. 16 Tahun 2014	54-1
<i>Vatimah Zahrawati</i>	
Penjaminan Mutu Laboratorium Penguji Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional Melalui Uji Profisiensi	55-1
<i>Endang Kunarsih, Haendra Subekti</i>	
Petugas Proteksi Radiasi Penyimpanan Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material (TENORM)	56-1
<i>Veronica Tuka, Maya Kusuma Dewi, dan Liliana Yetta Pandi</i>	
LAMPIRAN PRESENTASI PEMBICARA KUNCI	57-1
<i>Keynote Speech 1:</i>	
<i>Nuclear Safety and Public Understanding</i>	58-1
<i>Prof. Wade Allison MA DPhil</i>	
<i>Keynote Speech 2:</i>	
Dirjen Industri Logam, Mesin, Alat Transportasi dan Elektronika Kementerian Perindustrian	59-1
<i>Ir. Arus Gunawan</i>	



TINGKAT ACUAN DIAGNOSTIK PADA RADIOGRAFI UMUM

Eri Hiswara

Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)
e.hiswara@batan.go.id

ABSTRAK

TINGKAT ACUAN DIAGNOSTIK PADA RADIOGRAFI UMUM. Aplikasi radiasi pengion pada bidang medik sampai saat ini merupakan sumber paparan radiasi buatan terbesar bagi penduduk dunia. Pelaksanaan radiologi diagnostik yang benar dan baik akan menghasilkan citra yang mengandung semua informasi yang diperlukan untuk ketepatan diagnosis dan harus bisa menghasilkan dosis yang minimum pada pasien. Dalam kenyataannya, banyak laporan yang menyatakan bahwa pemeriksaan radiografi menghasilkan kualitas citra yang kurang baik, yang mengakibatkan penerimaan paparan radiasi yang tidak diinginkan oleh pasien melalui pengulangan pemeriksaan, hilangnya informasi diagnostik dan meningkatnya biaya perawatan kesehatan. Tingkat Acuan Diagnostik (TAD) kemudian diperkenalkan sebagai indikator terkait dosis yang diberikan untuk mengevaluasi bahwa pemeriksaan telah dioptimisasikan dan tetap optimum seterusnya. Karena perlengkapan dan protokol pemeriksaan dapat berbeda antara satu fasilitas dengan fasilitas lain di suatu negara, suatu TAD Nasional perlu ditetapkan. Di Indonesia, dengan tujuan untuk memberikan kontribusi bagi penetapan TAD Nasional, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) telah melakukan survei tentang dosis permukaan yang diterima pasien dewasa dan pasien anak-anak pada 44 rumah sakit di 21 kota yang tersebar di pulau Jawa, Bali, Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Namun demikian survei ini masih memiliki beberapa kekurangan, sehingga survei nasional yang melibatkan banyak pemangku kepentingan perlu dilakukan agar diperoleh TAD nasional yang komprehensif dan dapat dipercaya.

Kata kunci: Tingkat acuan diagnostik, Indonesia, radiografi umum, dosis pasien

ABSTRACT

DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS IN GENERAL RADIOGRAPHY. Medical applications of ionizing radiation are by far the largest artificial source of radiation exposure for the world population. A good practice in diagnostic radiology should produce an image containing all necessary information needed for accurate diagnosis and should result in the minimum dose to patient. In reality, however, there has been reported that many radiographic examinations produced poor image quality, which resulted in unnecessary radiation exposures to patients through repeated examinations, loss of diagnostic information and increased economic costs of health care. The diagnostic reference levels (DRLs) were then introduced as an indicator regarding the dose delivered in order to evaluate that the examinations are effectively optimised and remained optimised as the time passes. Since equipment and examination protocols can vary between different facilities in a country, it is a good practice to establish national diagnostic reference levels. In Indonesia, with a view to contribute towards the establishment of National Diagnostic Reference Levels in general radiography, the National Nuclear Energy Agency (BATAN) has conducted a survey of the entrance surface doses received by adult as well as children patients in 44 hospitals located in 21 cities in Java, Bali, Sumatera, Kalimantan and Sulawesi island. However, this survey has some drawbacks so that a nationwide survey involving stakeholders should be carried out in order to get a comprehensive and reliable national TAD.

Keywords: Diagnostic reference levels, Indonesia, general radiography, patient doses

I. PENDAHULUAN

Aplikasi radiasi pengion pada bidang medik sampai saat ini merupakan sumber paparan radiasi buatan terbesar bagi penduduk dunia. Pelaksanaan radiologi diagnostik yang benar dan baik akan menghasilkan citra yang mengandung semua informasi yang diperlukan untuk ketepatan diagnosis dan harus bisa menghasilkan dosis yang minimum pada pasien. Dalam kenyataannya, banyak laporan yang menyatakan bahwa pemeriksaan radiografi menghasilkan kualitas citra yang kurang baik, yang mengakibatkan penerimaan paparan radiasi yang tidak diinginkan oleh pasien melalui pengulangan pemeriksaan, hilangnya informasi diagnostik dan meningkatnya biaya perawatan

kesehatan [1]. Tingkat Acuan Diagnostik (TAD) kemudian diperkenalkan sebagai indikator terkait dosis yang diberikan untuk mengevaluasi bahwa pemeriksaan telah dioptimisasikan dan tetap optimum seterusnya.

TAD diperkenalkan pertama kali oleh Komisi Internasional Untuk Proteksi Radiologik (ICRP, *International Commission on Radiological Protection*) pada publikasi 73 yang terbit tahun 1996. Menurut ICRP, TAD adalah 'suatu bentuk tingkat penyelidikan, berlaku untuk besaran yang mudah diukur, biasanya dosis serap di udara, atau pada bahan setara jaringan, pada permukaan fantom standar sederhana atau pasien yang representatif [1].

TAD merupakan aplikasi dari salah satu prinsip proteksi radiasi, yaitu optimisasi. Namun, aplikasi TAD bukan satu-satunya metode untuk pelaksanaan prinsip optimisasi. Optimisasi umumnya berkaitan dengan pemeliharaan kualitas informasi diagnostik yang yang dibutuhkan untuk tujuan medik, sementara pada saat yang sama dosis pasien diharapkan dapat diturunkan semampu yang dapat dicapai. Untuk itu maka diperlukan uji kesesuaian terhadap beberapa parameter pesawat sinar-X dalam pelayanan diagnostik, yang di Indonesia telah ditetapkan melalui Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.

Secara legal, TAD di Indonesiadikenal sebagai Tingkat Panduan untuk Paparan Medik (TPPM), dan diatur pada Pasal 39 Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 33 Tahun 2007. Ayat (1) dari Pasal 39 ini antara lain menyatakan bahwa 'praktisi medik wajib menggunakan Tingkat Panduan untuk Paparan Medik pada saat melaksanakan prosedur radiologi diagnostik dan intervensional, dan kedokteran nuklir, untuk mengoptimalkan proteksi terhadap pasien'.

Ketentuan lebih lanjut mengenai TAD diatur pada Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Lampiran III dari Peraturan Kepala BAPETEN ini mencantumkan nilai Tingkat Panduan untuk radiografi dan fluoroskopi.

Pada prinsip proteksi radiasi dikenal adanya prinsip pembatasan dosis, yang menyatakan bahwa dosis efektif atau dosis ekuivalen pada individual dari situasi pajanan terencana tidak boleh melampaui suatu nilai batas dosis (NBD) yang ditentukan oleh badan yang berwenang. Dalam kaitan ini, meski pun TAD tampaknya berfungsi membatasi, namun TAD berbeda dengan NBD.

TAD pada dasarnya digunakan sebagai penggerak untuk mengidentifikasi fasilitas yang menggunakan dosis relatif tinggi dibanding nilai TAD pada suatu prosedur pemeriksaan radiologik tertentu, sehingga tindakan optimisasi perlu dilakukan. Berbeda dengan NBD, TAD tidak berlaku untuk satu individu pasien, karena berat dan keadaan tubuh seorang pasien mungkin akan memerlukan dosis yang lebih tinggi dibanding dengan pasien standar [2].

Penentuan nilai TAD umumnya diawali dengan survei terhadap dosis yang diterima pasien, baik secara nasional maupun kawasan atau daerah tertentu. Nilai TAD kemudian dihitung dari kuartil ketiga data distribusi dosis untuk setiap pemeriksaan [3]. Dosis acuan yang ditentukan pada tingkat ini merupakan indikasi sederhana dari dosis tinggi yang abnormal dari yang umum digunakan.

Berbagai negara telah melakukan studi mengenai dosis pasien dari pemeriksaan radiografi umum. Di Italia [4], Iran [5,6] dan Ghana [7,8] studi dilakukan

pada sekelompok populasi tertentu, sementara di Saudi Arabia [9], Swiss [10] dan Madagascar [11] dilakukan pada tingkat nasional. Studi penerimaan dosis pasien anak-anak juga telah dilakukan di Sudan [12], sementara secara regional pengukuran dosis pasien telah dilakukan di kawasan Asia, Afrika dan Eropa Timur [13] dan Amerika Latin [14].

Karena perlengkapan dan protokol pemeriksaan dapat berbeda antara satu fasilitas dengan fasilitas lain di suatu negara, ICRP menyarankan untuk menetapkan suatu TAD tingkat nasional [1]. Otoritas kesehatan dan proteksi radiasi yang berwenang di suatu negara, dengan didukung oleh organisasi profesi di bidang medik dan proteksi radiasi bertanggung jawab dalam penetapan TAD nasional tersebut.

TAD dapat diaplikasikan pada berbagai jenis kegiatan radiologi diagnostik, seperti radiografi umum, CT dan mamografi. TAD juga diaplikasikan pada kegiatan kedokteran nuklir, bahkan juga pada kegiatan fluoroskopi dan intervensi. Besaran yang digunakan pada TAD umumnya dosis radiasi atau kerma dengan satuan gray (Gy), kecuali untuk kedokteran nuklir yang menggunakan besaran aktivitas radiasi dengan satuan becquerel (Bq).

Pada makalah ini akan dibahas TAD untuk kegiatan radiografi umum, yaitu teknik pencitraan medik dengan sinar-X yang paling mendasar. Dengan teknik ini akan diperoleh citra yang tetap dari suatu bagian tubuh yang terekam dalam suatu film khusus.

II. METODOLOGI

Pembahasan mengenai TAD pada makalah ini dilakukan dengan metode deskriptif melalui studi literatur. Ruang lingkup TAD dibatasi hanya untuk radiografi umum, dengan pokok bahasan meliputi karakteristik terkait TAD, besaran yang digunakan untuk TAD, dan metoda penentuan TAD. Selain itu, diuraikan pula upaya penyusunan TAD di beberapa negara, termasuk usulan awal untuk TAD nasional Indonesia, dan kekurangan yang ada dari TAD yang diusulkan tersebut.

III. POKOK BAHASAN

3.1. Karakteristik TAD

Tingkat Acuan Diagnostik (TAD) merupakan alat yang digunakan untuk membantu dalam melakukan optimisasi proteksi pada paparan medik pasien pada pemeriksaan diagnostik dan intervensi. Nilai TAD ditentukan untuk jenis pemeriksaan tertentu pada pasien standar, atau pada suatu fantom standar. Pasien standar ditentukan sebagai manusia yang memiliki berat badan 70 ± 3 kg dan ketebalan tubuh 20 cm [1].

TAD dibuat untuk membantu para dokter dalam penilaian profesionalnya untuk melakukan penyinaran diagnostik dan intervensi. TAD juga tidak berfungsi untuk memberikan batas yang jelas antara praktek medik yang baik dengan yang buruk, meski pun umumnya TAD tidak akan dilampaui jika praktek medik berjalan dengan baik.

Tujuan penetapan nilai TAD juga bukan untuk menjaga agar dosis yang diberikan harus terus berada di bawah nilai TAD tersebut, karena citra kualitas yang buruk tidak akan memberikan informasi diagnostik yang diperlukan. Dosis yang diberikan pada pasien yang memiliki berat melebihi berat standar pasien yang digunakan untuk menetapkan nilai TAD mungkin akan melebihi nilai TAD tersebut. Bahkan, dosis pasien dapat makin besar jika status klinis pasien membenarkan pemberian penyinaran yang berakibat meningkatnya dosis pasien ini.

Dengan demikian, tujuan utama TAD adalah sebagai alat pengendali tingkat optimisasi suatu pemeriksaan medik tertentu, atau secara lebih sederhana untuk membantu dalam menghindari penerimaan dosis radiasi secara berlebih oleh pasien yang tidak memberikan kontribusi bagi informasi diagnostik tambahan dalam pencitraan medik. Secara praktis, pengendalian dilakukan dengan mengukur dosis pasien untuk jenis pemeriksaan dan proyeksi yang paling banyak dilakukan, membandingkannya dengan TAD yang ditetapkan, dan melakukan tindakan korektif jika TAD secara terus menerus dilampaui.

3.2. Besaran TAD

Besaran TAD yang digunakan adalah yang mudah diperoleh, yaitu berasal dari pengukuran langsung dosis pasien. Untuk ini biasanya digunakan dua jenis besaran, yaitu kerma udara permukaan masuk, $K_{a,e}$, yang sering dikenal pula sebagai ESAK (*entrance-surface air kerma*) atau ESD (*entrance surface dose*), dengan satuan mGy, dan produk kerma udara-luasan, $P_{K,A}$, yang dikenal pula sebagai KAP (*air kerma-area product*), dengan satuan mGy-cm².

Besaran lain yang juga masih dipakai adalah dosis serap, D , sebagai padanan $K_{a,e}$, dan DAP (*dose-area product*), yang merupakan padanan KAP. Sebagai catatan, untuk foton energi rendah, termasuk yang digunakan pada pesawat sinar-X radiologi diagnostik, dosis serap dan kerma mempunyai nilai yang sama. Sedang pada foton energi tinggi, kerma akan lebih besar dari dosis serap karena elektron sekunder energi tinggi terlepas sebelum mengendapkan energinya.

$P_{K,A}$ cukup ideal untuk radiografi dan fluoroskopi, karena mencakup semua radiasi yang datang pada pasien (dengan asumsi bahwa medan radiasi yang diterima pasien telah terkolimasi). Karena $P_{K,A}$ ditentukan dari kerma udara dan ukuran medan radiasi, besaran ini memperhitungkan semua faktor yang mempengaruhi dosis pasien. Nilai $P_{K,A}$ bisa telah disediakan oleh pabrikan dan ditunjukkan pada alat DICOM (*digital imaging and communications in medicine*), atau dapat diukur langsung dengan KAP atau DAP meter.

Namun demikian, tidak ada jaminan bahwa Nilai $P_{K,A}$ yang ditunjukkan pada DICOM, atau yang diukur dengan KAP atau DAP meter akan selalu tepat. Pasien mungkin saja dapat menerima dosis radiasi yang lebih besar daripada yang ditunjukkan DICOM atau yang

diukur langsung, kecuali DICOM atau alat ukur langsung tersebut secara berkala dikalibrasi atau diverifikasi kebenaran penunjukannya.

Jika nilai $P_{K,A}$ tidak tersedia, nilai $K_{a,e}$ (termasuk hamburan balik) harus dapat diukur pada citra klinis dengan menggunakan dosimeter seperti TLD (*thermoluminescence dosimeter*) yang tidak mengganggu citra yang dihasilkan.

$K_{a,e}$ juga dapat dihitung dari faktor paparan yang diketahui (kVp, mAs), digabung dengan hasil pengukuran keluaran dan koreksi hamburan balik.

Di negara dengan sumberdaya terbatas, perhitungan $K_{a,e}$ juga bisa dilakukan berdasar nilai keluaran per mAs pada tegangan tabung tertentu. Namun cara ini dapat mengurangi ketelitian hingga 20-30%, karena keluaran bervariasi dengan gelombang tegangan, sudut anoda, filtrasi dan kecacatan pada anoda, yang semuanya perlu diperhitungkan [15].

3.3. Penentuan TAD [2,3]

Penentuan nilai TAD umumnya diawali indentifikasi jenis-jenis pemeriksaan dan proyeksi yang banyak digunakan. Selain itu definisi-definisi terkait dan besaran dosis yang akan diukur juga perlu disepakati, dan metode atau protokol pengukurannya ditetapkan.

Selanjutnya dilakukan survei terhadap dosis yang diterima pasien melalui pengukuran sesuai dengan metode yang telah ditetapkan. Data yang dicatat pada survei tidak hanya mengenai besar dosis pasien yang diterima, namun juga informasi mengenai berat pasien, usia pasien dan parameter pesawat sinar-X yang digunakan (filtrasi, kV dan mAs).

Tahap berikutnya adalah mengumpulkan hasil pengukuran dari semua fasilitas yang berpartisipasi dalam survei, dan menganalisisnya secara statistik. Hasil statistik yang diperoleh harus mampu menghasilkan dosis rerata, simpangan standar, dan kuartil kesatu, kedua dan ketiga. Kuartil pertama (persentil ke-25) adalah nilai tengah di antara nilai terendah dan nilai median, kuartil kedua (persentil ke-50) adalah nilai median, dan kuartil ketiga (persentil ke-75) adalah nilai tengah di antara nilai median dan nilai tertinggi.

Tahap terakhir adalah menentukan nilai TAD yang dipilih. Nilai TAD ditentukan sebagai kuartil ketiga dari data distribusi dosis pasien yang terukur, untuk setiap jenis pemeriksaan dan masing-masing proyeksi. Penggunaan kuartil ketiga ini merupakan pendekatan pragmatis untuk mengidentifikasi situasi yang memerlukan tindakan korektif, karena distribusi dosis biasanya berbentuk miring dengan ekor yang panjang [16].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berbagai negara telah menyusun TAD yang berlaku untuk negara mereka masing-masing. Di Inggris, nilai TAD ditentukan dari data dosis pasien yang dikumpulkan secara nasional, yang pertama kali

dilakukan pada tahun 1992. Setiap lima tahun data tersebut dikaji ulang dengan melakukan survei secara nasional. Nilai TAD mutakhir diberikan pada publikasi yang diterbitkan oleh Badan Proteksi Kesehatan (HPA, *Health Protection Agency*) pada tahun 2012 [3].

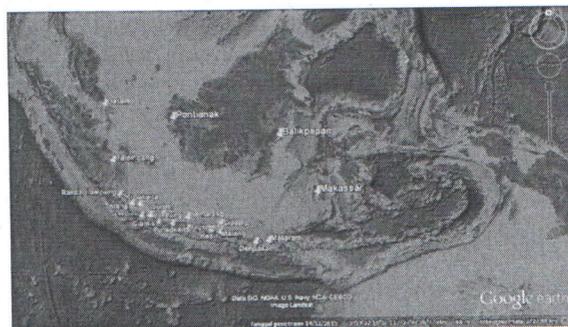
Beberapa nilai TAD telah dihitung baik untuk kawasan tertentu maupun tingkat nasional, dan juga untuk berbagai modalitas penyinaran lain. Perhitungan TAD tingkat kawasan misalnya untuk kawasan Madamani di Sudan [17] dan Khuzetan di Iran [18]. Untuk tingkat nasional misalnya di Sudan [19] dan Perancis [20].

Nilai TAD juga telah dihitung untuk pemeriksaan radiografi anak [21], pemeriksaan anak dengan CT [22], pemeriksaan CT [23], radiologi gigi [24] dan kedokteran nuklir [25].

Berbeda dengan di Eropa dan di kawasan lain di dunia, di AS ternyata TAD belum terlalu banyak dihitung dan diterapkan. Namun demikian, upaya penetapan TAD pada tingkat nasional di AS saat ini mulai dilakukan dengan penerbitan pedoman federal untuk pengembangan TAD nasional sebagai alat jaminan dan penyempurnaan mutu untuk setiap jenis pemeriksaan radiografi [26].

Di Indonesia belum ada nilai TAD resmi yang dihitung berdasar survei nasional. Nilai TAD yang berlaku saat ini, yang tercantum pada Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 8 Tahun 2011, merupakan nilai adopsi dari nilai yang diberikan pada publikasi IAEA mengenai standar keselamatan dasar [27].

Namun demikian, penentuan nilai awal TAD di Indonesia telah dilakukan [28]. Nilai ini dihitung dari survei terhadap dosis pasien yang dilakukan PTKMR BATAN selama tahun 2010-2014. Dalam kurun waktu lima tahun ini telah dilakukan pengukuran dosis pasien pada 44 rumah sakit di 21 kota yang tersebar di pulau Jawa, Bali, Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Pengukuran dengan alat ukur TLD dalam bentuk chip ini dilakukan pada 1489 pasien, yang terdiri atas 1208 pasien dewasa dan 281 anak-anak (usia ≤ 16 tahun). Gambar 1 memperlihatkan distribusi kota lokasi rumah sakit yang menjadi tempat pengambilan sampel dosis pasien.



Gambar 1. Distribusi kota tempat pengambilan sampel.

Sembilan jenis pemeriksaan sinar-X dewasa (15 proyeksi) dipilih untuk studi: dada (AP/PA, Lat), thoracic spine (AP, Lat), abdomen (AP), cervical (AP, Lat, obliq), lumbar spine (AP/PA, Lat), kepala (AP/PA, Lat), ekstremitas (AP), pundak (AP) dan pelvis (AP). Untuk anak-anak, jenis pemeriksaan yang diukur adalah dada (AP/PA, Lat), abdomen (AP), lumbar spine (AP/PA, Lat), dada (AP/PA, Lat) dan ekstremitas (AP).

Kuartil ketiga dari keseluruhan data dosis pasien yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung nilai TAD. Tabel 1 memperlihatkan nilai awal TAD yang diperoleh dari hasil survei ini dibandingkan dengan nilai TPPM yang berlaku.

Tabel 1. Usulan awal nilai TAD di Indonesia (dalam mGy).

Pemeriksaan	Proyeksi	Dewasa	Anak-anak	TPPM
Dada	AP/PA	0.33	0.16	0,4
	LAT	1.18	0.60	1,5
Abdomen	AP	2.60	0.56	10
Cervical spine	AP	0.89	-	-
	LAT	0.92	-	-
	Obliq	2.08	-	-
Lumbar spine	AP/PA	3.41	-	10
	LAT	5.84	-	30
Kepala	AP/PA	1.58	1.46	5
	LAT	1.38	0.84	3
Ekstremitas	AP	0.18	0.24	-
Bahu	AP	0.20	-	-
Pelvis	AP	1.98	-	10

Seperti terlihat pada Tabel 1, hampir seluruh nilai TAD yang diperoleh lebih kecil dari TPPM yang berlaku saat ini di Indonesia, kecuali TAD untuk dada yang kurang lebih sama. Lebih kecilnya nilai TAD yang diperoleh kemungkinan akibat lebih kecilnya tegangan pesawat sinar-X yang digunakan di Indonesia dibanding dengan yang digunakan untuk penentuan TPPM tersebut.

Namun demikian, mengingat luasnya wilayah Indonesia, survei mengenai dosis pasien yang dilakukan PTKMR BATAN ini masih terbatas dan belum dapat dianggap sebagai TAD nasional. Beberapa hal penting yang menjadi kekurangan dari survei ini antara lain adalah ukuran atau jumlah sampel per pemeriksaan yang masih terbatas, dan masih besarnya rentang usia pasien, rentang berat pasien dan rentang parameter pesawat sinar-X yang digunakan (kV dan mA).

Untuk dapat memperoleh nilai TAD nasional dibutuhkan sekitar 10 sampel minimal untuk setiap proyeksi dari setiap jenis pemeriksaan yang diambil dari sekitar 20 ruangan penyinaran di rumah sakit yang berada di kota provinsi. Selain itu, berat tubuh sampel pasien dewasa harus sekitar berat tubuh standar dengan $\pm 10\%$, sementara pasien anak harus dibedakan dalam

rentang usia 5 tahun, yaitu 0-5 tahun, 6-10 tahun dan 11-15 tahun.

Mengingat jumlah sampel yang diperlukan cukup besar dan luas jangkauan kotanya, penyusunan TAD nasional memerlukan kerjasama yang erat antar instansi. Beberapa pemangku kepentingan dalam pemeriksaan radiografi ini perlu dilibatkan, termasuk Kementerian Kesehatan, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional, dan beberapa perguruan tinggi yang memiliki peminatan fisika medik.

V. KESIMPULAN

Tingkat Acuan Diagnostik (TAD) merupakan alat pada penerapan prinsip optimisasi proteksi, yaitu untuk membantu dalam menghindari penerimaan dosis radiasi secara berlebih oleh pasien yang tidak memberikan kontribusi bagi informasi diagnostik tambahan dalam pencitraan medik. Karena protokol pemeriksaan dapat berbeda antara satu fasilitas dengan fasilitas lain di suatu negara, suatu TAD Nasional perlu ditetapkan. Dengan segala keterbatasannya PTKMR BATAN telah memulai upaya penyusunan TAD nasional ini dengan menghasilkan nilai TAD yang secara umum lebih rendah dari nilai TPPM yang berlaku. Untuk memperoleh nilai TAD nasional yang komprehensif dan dapat dipercaya, diusulkan untuk melakukan survei nasional dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk perguruan tinggi yang memiliki peminatan fisika medik.

DAFTAR PUSTAKA

- ICRP (1996). *Radiological protection and safety in medicine*. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26(2).
- Vassileva, J, Rehani, M. (2015). *Diagnostic reference levels*. Am.J.Roentgenol. 204(1):W1-W3.
- Hart D, Hillier MC, Shrimpton PC (2012). *Doses to patients from radiographic and fluoroscopic x-ray imaging procedures in the UK – 2010 review*. HPA-CRCE-034, HPA, Oxfordshire.
- Compagnone, G, Angelini, P, Domenichelli, S. (2012). *Radiation doses to the population of the Emilia-Romagna region from medical exposure*. Radiol.Med. 117:312-321.
- Shahbazi-Gahrouei, D and Baradaran-Ghahfarokhi, M (2012). *Investigation of patient dose from common radiology examinations in Isfahan, Iran*. Adv.Biomed. Res. 1(1): 1-4.
- Aliasgharzadeh, A, et.al. (2015). *Measurement of entrance skin dose and calculation of effective dose for common diagnostic X-ray examinations in Kashan, Iran*. Global.J.Health Science 7(5):202-207.
- Ofori, K, et.al. (2014). *Estimation of adult patient doses for selected x-ray diagnostic examination*. J.Radiat.Res.Appl.Sci. 7:459-462.
- Ofori, E.K, Antwi, W.K, Arthur, L, Duah, H (2012). *Comparison of patient radiation dose from chest and lumbar spine X-ray examinations in 10 hospitals in Ghana*. Radiat.Prot.Dosim. 149(4):424-430.
- Saeed, M.K (2015). *Regional survey of entrance surface dose to patients from X-ray examinations in Saudi Arabia*. Australas.Phys.Eng.Sci.Med.38 (2):299-303.
- Samara, E.T, et.al. (2012). *Exposure of the Swiss population by medical X-rays: 2008 Review*. Health Phys. 102:263-270.
- Ramanandraibe, M.J, Randriamora, T, Ralaivelo, M, Andriambololona, R (2015). *Patient dose assessment for conventional radiography in Madagascar*. The Pharm.Chem.J. 2(3):1-5.
- Suliman, I.I. and Elawed, S.O. (2013). *Radiation dose measurements for optimisation of chest x-ray examinations of children in general radiography hospitals*. Radiat.Prot.Dosim. 156(3):310-314.
- Muhogora, W.E, et.al (2008). *Patient doses in radiographic examinations in 12 countries in Asia, Africa and Eastern Europe: Initial results from IAEA projects*. AJR 190: 1453-1461.
- Blanco, S,et.al. (2013). *Determination of diagnostic reference levels in general radiography in Latin America*. Radiat.Prot.Dosim. 156(3):303-309.
- Martin, C.J, Sutton, D.G. (2014). *Diagnostic radiology: Patient Dosimetry*, In Chapter 14. *Practical Radiation Protection in Healthcare*, 2nd Ed. C.J. Martin and D.G. Sutton (Eds.) Oxford University Press: Oxford.
- European Commission (1999). *Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for medical exposures*. Radiation Protection 109. Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection.
- Suliman, I.I and Mohammedzein, T.S (2014). *Estimation of adult patient doses for common diagnostic X-ray examinations in Wad-madani, Sudan: derivation of local diagnostic reference levels* Australas.Phys.Eng.Sci.Med.37 (2):425-429.
- Rasuli, B, Ghorbani, M and Juybari, R.T (2016). *Radiation dose measurement for patients undergoing common spine medical x-ray examinations and proposed local diagnostic reference levels*. Radiat.Meas. 87:29-34.
- Abu Khair, A.A, Hamza, A.O and Abbas, N.A (2016). *Dose reference levels in radiography for the most common examinations in Sudan*. Sudan JMS 11(1):7-15.
- Roch, P and Aubert, B (2013). *French diagnostic reference levels in diagnostic radiology, computed tomography and nuclear medicine: 2004-2008 review*. Radiat.Prot.Dosim. 154(1):52-75.
- Sonawane, A.U, Sunil Kumar, J.V.K, Singh, M, Pradhan, A.S (2011). *Suggested diagnostic reference levels for paediatric X-ray examinations in India*. Radiat.Prot.Dosim. 147(3):423-428.
- Vassileva, J, et.al. (2015). *A study to establish international diagnostic reference levels for*

- paediatric computed tomography.
Radiat.Prot.Dosim. 165(1-4):70-80.
23. Saravanakumar, A, K. Vaideki, K, Govindarajan, K.N, Jayakumar, S (2014). *Establishment of diagnostic reference levels in computed tomography for select procedures in Pudhuchery, India.* J.Med.Phys. 39:50-55.
 24. Walker, C, van der Putten, W. (2012). *Patient dosimetry and a novel approach to establishing diagnostic reference levels in dental radiology.* Phys. Med, 28:7-12.
 25. Vogiatzi, S, Kipouros, P and Chobis, M(2011). *Establishment of dose reference levels for nuclear medicine in Greece.* Radiat.Prot.Dosim.147(1-2): 237-239.
 26. Brink, J.A, Miller, D.L. (2015). *US National Reference Levels: Closing the Gap.* Radiology 277(1):3-6.
 27. IAEA (1996). *International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources.* Safety Series No. 115. IAEA, Vienna.
 28. Hiswara, E, et.al. (2016). *Preliminary values of diagnostic reference level for selected X-ray examinations in Indonesia.* (akan diterbitkan di jurnal Atom Indonesia).