

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/270887734>

# PEMANTAUAN DOSIS PERORANGAN DARI PAPARAN RADIASI EKSTERNA PADA MASYARAKAT UMUM

Article · December 2014

CITATIONS

0

READS

935

1 author:



[Hasnel Sofyan](#)

Badan Tenaga Nuklir Nasional

10 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Personal Dosimeter and Pasien [View project](#)



Radiodiagnostic dose database [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Hasnel Sofyan](#) on 15 January 2015.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

# PEMANTAUAN DOSIS PERORANGAN DARI PAPAN RADIASI EKSTERNA PADA MASYARAKAT UMUM

**Hasnel Sofyan**

Bidang Keselamatan Kerja dan Dosimetri, PTKMR – BATAN

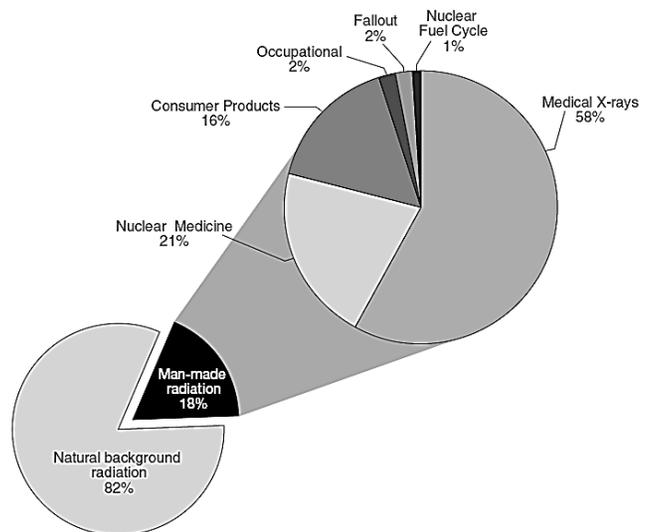
- Jalan Lebak Bulus Raya 49, Jakarta – 12440  
PO Box 7043 JKSKL, Jakarta – 12070
- hasnel\_s@batan.go.id

## PENDAHULUAN

Peristiwa gempa bumi dan Tsunami Tohoku Jepang pada bulan Maret 2011 yang lalu, telah menyebabkan terjadinya bencana nuklir akibat meledaknya reaktor nuklir Fukushima *Dai-ichi Nuclear Power Plant* (PLTN Fukushima) dan mengakibatkan trauma bagi masyarakat yang berada di sekitarnya. Dampak lain dari kejadian ini, adalah terjadi peningkatan paparan radiasi yang melebihi tingkat nilai batas tahunan (*annual limits*) rata-rata yang diterima masyarakat di seluruh dunia. Menurut *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP, 2009) rata-rata paparan radiasi pengion yang diterima masyarakat adalah sebesar 2,4 mSv/tahun (0,274  $\mu$ Sv/h) dengan rincian 82% dari total dosis yang diterima tersebut berasal dari radiasi alam (seperti radon, thoron, radiasi kosmik, dll) dan 18% berasal dari radiasi buatan manusia (seperti dari Kedokteran Nuklir, PLTN, sinar-X medis dll). Dapat dikatakan bahwa dalam kondisi normal, paparan radiasi yang berasal dari alam dan buatan manusia yang diterima setiap individu berbeda-beda bergantung pada posisi dan kondisi lingkungannya.

Akibat dari bencana nuklir PLTN Fukushima, diketahui bahwa daerah-daerah yang terkontaminasi dan mengalami peningkatan paparan radiasinya mencapai daerah 60 km ke arah Baratlaut dan 40 km ke Utara-Baratdaya pusat bencana. Dan pada daerah padat penduduk dalam radius 20 km seperti kota Fukushima dan Koriyama merupakan daerah yang terkontaminasi

sangat tinggi. Pada lokasi tertentu di daerah yang terkontaminasi, diperoleh data laju dosis radiasi gamma mencapai 100  $\mu$ Sv/h. Dari hasil pemantauan tingkat radiasi pada beberapa kota pada tanggal 18 Oktober 2013 ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Paparan radiasi alam dan buatan manusia.

Tabel 1. Tingkat radiasi di kota sekitar PLTN Fukushima pada 18 Oktober 2013

Nama Kota	Lokasi	Dosis (mSv/tahun)
Namie Cho	10 km Barat Laut	20,8
Fukushima City	60 km Barat Laut	2,7
Minami Souma	25 km Utara	1,2
Iwaki City	40 km Selatan	0,7
Mito City	130 km Selatan	0,5 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup> Natural Background

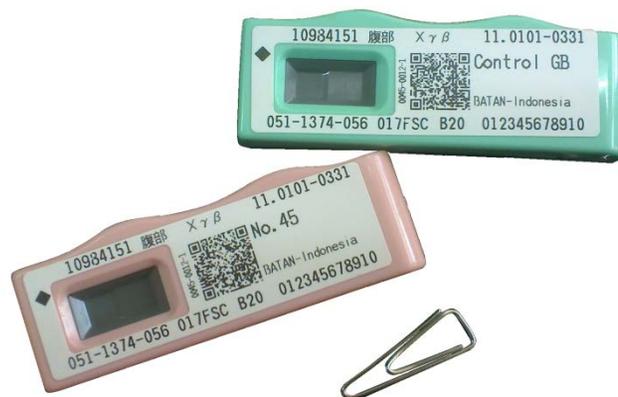
Meskipun masyarakat di daerah Fukushima dan sekitarnya sudah dievakuasi ke zona yang aman, namun pemantauan dosis yang berasal dari sumber radiasi eksternal harus tetap dilakukan dengan dosimeter secara terus menerus agar dosis yang diterima dapat terpantau dan mempermudah untuk pengambilan tindakan selanjutnya. Dengan demikian, kemungkinan adanya dampak atau risiko radiasi yang diterima masyarakat dapat dikurangi. Selain itu, dosis efektif yang diterima masyarakat dapat selalu diketahui agar tidak melampaui nilai batas dosis (NBD) yang telah ditetapkan oleh badan resmi.

**DOSIMETER PERORANGAN**

**Dosimeter Perorangan Pasif**

Pengukuran dosis perorangan dari paparan radiasi eksternal dapat dilakukan dengan menggunakan dosimeter pasif dan/atau dosimeter aktif. Dosimeter pasif merupakan dosimeter yang memanfaatkan fenomena *luminescence* (cahaya pendar) dari bahan fosfor yang digunakan dan untuk mengetahui besarnya tanggapan harus menggunakan alat baca khusus yang dapat menstimulasi dosimeter. Pada saat menerima stimulasi, setiap dosimeter akan memancarkan *luminescence* (cahaya pendar) yang nilainya setara dengan nilai dosis yang diterima dosimeter sebelumnya. Secara umum, berdasarkan stimulasi yang diberikan pada dosimeter selama proses pembacaan dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) kelompok dosimeter. Yaitu, *Thermally Stimulated Luminescence Dosimeter* yang lebih dikenal sebagai TLD (*Thermo-Luminescence Dosimeter*) dengan stimulasi *Thermal* (panas), OSLD (*Optically Stimulated Luminescence Dosimeter*) dengan stimulasi laser hijau/biru dan RPLD (*Radio-Photo-Luminescence Dosimeter*) dengan stimulasi sinar UV (*ultra violet*). Pada dasarnya masing-masing kelompok dosimeter memiliki keunggulan dan kelemahan. Untuk pemantauan paparan radiasi gamma dan foton, RPLD dan OSLD memiliki sensitivitas yang lebih baik dari TLD. Namun untuk pemantauan paparan radiasi yang berasal dari neutron, masih didominasi oleh TLD.

Pemantauan dosis radiasi eksternal untuk perorangan dilakukan dengan periode pemakaian dosimeter selama 3 bulan per periode. Hal ini sama seperti yang diberlakukan pada para pekerja radiasi di Jepang. Dosimeter yang digunakan dalam pemantauan dosis pada masyarakat umum adalah dosimeter pasif berupa lencana *Radio-photo-luminescence Glass Dosimeter* (RPLGD) buatan *Chiyoda Technol Corporation* (CTC) seperti contoh yang ditunjukkan pada Gambar 2.

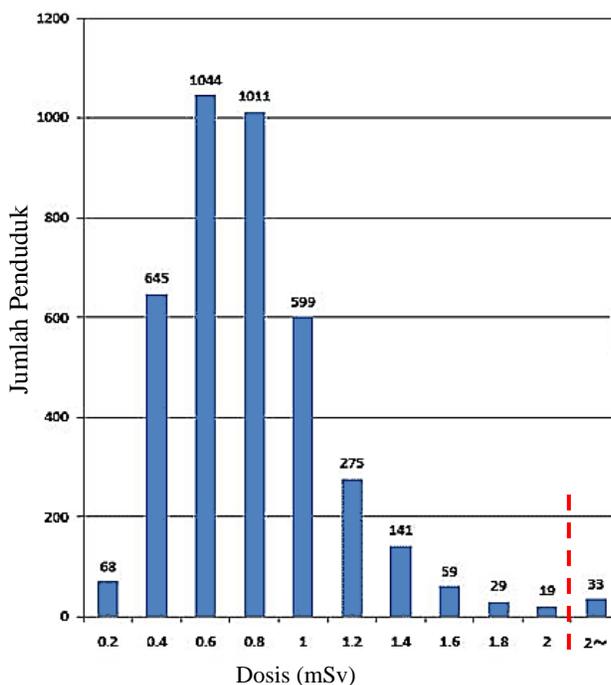


Gambar 2. *Radio-Photo-Luminescence Glass Dosimeter* (RPLGD)

Berdasarkan hasil pemantauan dosis efektif yang berasal dari paparan radiasi eksternal terhadap 4010 orang anak-anak (balita, pelajar sekolah dasar) dan wanita hamil di Kota Soma selama bulan September sampai Desember 2011 diperoleh distribusi data seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Dari jumlah penduduk yang terpapar radiasi eksternal tersebut, dapat diketahui bahwa penduduk yang menerima paparan radiasi pengion dengan dosis efektif kurang dari 1 mSv/tahun mencapai sekitar 86 %, dan hanya sekitar 0,82% dari jumlah penduduk yang menerima dosis efektif melewati 2 mSv.

Dosimeter pasif yang digunakan selama pemantauan dosis efektif pada penduduk tidak dapat memberikan informasi dosis secara langsung, sehingga penduduk tidak bisa mengetahui fluktuasi dosis yang diterimanya setiap hari. Dosis efektif yang diterima hanya dapat diketahui berupa dosis kumulatif selama periode pemakaian dan itupun setelah melalui proses pembacaan dosimeter oleh instansi resmi

yang ditunjuk dalam hal ini adalah CTC. Dosis kumulatif merupakan dosis total, jadi sangat tidak memungkinkan untuk mengetahui dosis terimaan secara detail. Untuk menumbuhkan dan/atau meningkatkan kembali kepercayaan masyarakat terhadap trauma yang disebabkan bencana reaktor nuklir PLTN dan juga karena masyarakat yang tinggal di daerah Fukushima ingin mengetahui dosis radiasi yang diterimanya setiap hari, maka pemantauan dosis efektif perorangan yang berasal dari paparan radiasi eksternal harus dilakukan dengan menggunakan dosimeter perorangan elektronik.



Gambar 3. Distribusi dosis selama bulan September – Desember 2011 pada anak-anak (balita, pelajar sekolah dasar) dan wanita hamil di Kota Soma menggunakan lencana dosimeter gelas.

### Dosimeter Perorangan Aktif

Dosimeter perorangan aktif atau dosimeter perorangan elektronik merupakan dosimeter perorangan yang dapat memberikan informasi dosis yang diterima selama pemakaian secara langsung dan memiliki banyak kelebihan lainnya dibandingkan dengan dosimeter pasif. Dosimeter elektronik mampu untuk mengukur dosis sampai tingkat  $\mu\text{Sv}$ , praktis dan sangat mudah dalam

pembacaan dosis. Selain itu, fasilitas *alarm* juga merupakan salah satu fitur yang dimiliki dosimeter elektronik. *Alarm* akan berbunyi pada saat laju dosis dari sumber radiasi yang digunakan melampaui batas maksimum yang di-*setting* oleh pekerja radiasi. Dengan kemampuan ini, sangat memungkinkan para pekerja dan/atau petugas proteksi radiasi untuk mengoptimalkan setiap pekerjaannya yang berhubungan dengan pemanfaatan tenaga nuklir. Dengan penerimaan dosis paparan radiasi serendah mungkin, secara tidak langsung dosimeter elektronik ikut memberikan kontribusi dalam aplikasi prinsip ALARA (*As Low as Reasonably Achievable*). Agar hasil pengukuran dosis dengan menggunakan dosimeter perorangan elektronik memiliki tingkat keselarasan yang sama di seluruh dunia, maka dosimeter tersebut harus dikalibrasi sesuai dengan persyaratan dan ketentuan yang diberlakukan.

Dosimeter elektronik merupakan dosimeter yang memberikan informasi dosis secara langsung tanpa menggunakan alat baca khusus, dan belakangan ini mengalami perkembangan yang cukup pesat. Sampai saat ini, Dosimeter perorangan elektronik dari pabrikan yang berbeda-beda sudah banyak di pasaran, misal: *Atomtex*, *Canberra (dosicard)*, *Hitachi Aloka*, *Polimaster* dll. dan digunakan sebagai dosimeter pemantauan dosis radiasi eksternal. Dosimeter elektronik perorangan dapat dikatakan yang relatif baru adalah dosimeter elektronik *D-Shuttle*.

### DOSIMETER D-SHUTTLE

#### Spesifikasi *D-Shuttle*

Dosimeter perorangan elektronik yang digunakan dalam memantau paparan radiasi eksterna gamma telah berkembang menjadi dosimeter yang sangat ringan, praktis dan mudah digunakan oleh masyarakat umum. Dosimeter yang diberi nama “*D-Shuttle*” merupakan dosimeter hasil penelitian dan pengembangan bersama antara CTC dengan AIST (*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology*). Dosimeter dengan ukuran fisik (68×32×14) mm dan berat hanya 23 gram terdiri

dari pasangan “Indikator” dan “D-Shuttle” seperti dapat dilihat pada Gambar 4. Dosimeter ini memiliki banyak keunggulan dalam sistem data dan aplikasinya di lapangan. Spesifikasi umum dari dosimeter elektronik *D-Shuttle* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi umum dari *D-Shuttle*.

Dosimeter	
Radiasi terdeteksi	Sinar gamma
Kalibrasi	Sumber standar gamma <sup>137</sup> Cs
Detektor	Semikonduktor silikon
Rentang pengukuran	0,1 µSv – 99,9999 mSv
Alarm	LED di dosimeter akan berkedip pada saat laju dosis > 1,0 mSv/jam
Memori	Merekam dosis per-jam
Power	1 (satu) baterai lithium CR2450
Daya tahan baterai	± 1 tahun (jika dosis dibaca dengan indikator dua kali sehari)
Ukuran	68 mm (H) × 32 mm (W) × 14 mm (D)
Massa	~ 23 g
Indikator	
Fungsi	Dosis total, total jumlah hari, dan dosis 1 (satu) hari sebelumnya
Display	1 (satu) baterai lithium
Dimensi	68 mm (H) × 44 mm (W) × 37 mm (D)
Massa	~ 50 g

Evaluasi kinerja dari beberapa dosimeter elektronik yang dilakukan oleh X. Ortega dkk (2001) berdasarkan pada persyaratan teknis dan variasi batas dosimeter yang dikeluarkan komisi internasional (IEC, *International Electrotechnical Commision* 61526). Dari evaluasi ini diperoleh klasifikasi dosimeter yang terbaik/terbesar sampai dosimeter yang terburuk/terendah. Jika dosimeter *D-Shuttle* dibandingkan dengan dosimeter elektronik yang diuji tersebut, maka dosimeter *D-Shuttle* termasuk ke dalam kriteria dosimeter yang terbaik. Untuk dimensi dan massa dosimeter hasil uji adalah (37 – 167) cm<sup>3</sup> dan massanya (56– 192) g. Sementara itu, untuk sudut datang (0 – ± 60°) dari radiasi foton/gamma sumber <sup>137</sup>Cs adalah sebesar ± 2% – ± 11% (IEC: ± 20%), dan untuk sumber <sup>241</sup>Am adalah ± 7% – ± 60% (IEC: ± 50%). Sedangkan untuk tanggapan dosimeter terhadap energi radiasi foton/gamma diperoleh ±

15% – > 100% untuk energi 20 keV – 1,5MeV (IEC: ± 30%) dan ± 15% – ± 60% untuk energi 60 keV – 1,5 MeV (IEC: ± 30%).



Gambar 4. Dosimeter elektronik perorangan *D-Shuttle*.

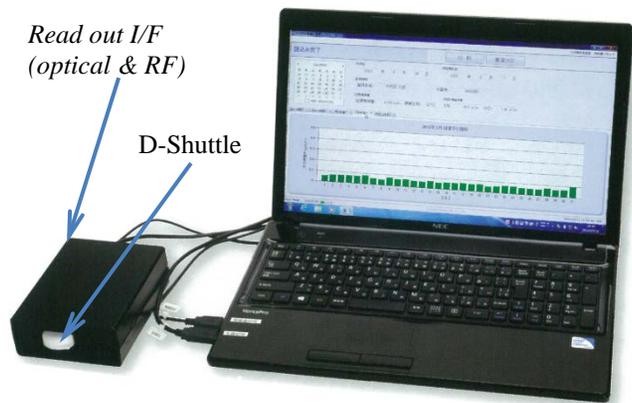
**Sistem Manajemen *D-Shuttle***

Dosimeter *D-Shuttle* merupakan dosimeter yang sangat mudah untuk digunakan oleh siapapun sebagai “user”. Dengan bantuan alat yang disebut “Indikator”, “user” dapat mengetahui dosis eksternal total paparan radiasi gamma yang diterimanya selama pemakaian dan dosis sehari (24 jam) sebelum. *D-Shuttle* memiliki keunggulan dalam sistem manajemen dosisnya, yaitu lebih baik dibandingkan dengan dosimeter elektronik lainnya. Selain itu, dosimeter *D-Shuttle* memiliki kemampuan untuk menyimpan data dosis yang diterima setiap jam secara detil dan data dosis kumulatif selama periode pemakaian. Dosimeter *D-Shuttle* dengan menggunakan perangkat komputer (laptop/PC) yang telah dilengkapi *software* khusus (pada Gambar 5), dapat menampilkan informasi dosis yang diterima masyarakat secara lengkap dan grafik kecenderungan dosis.

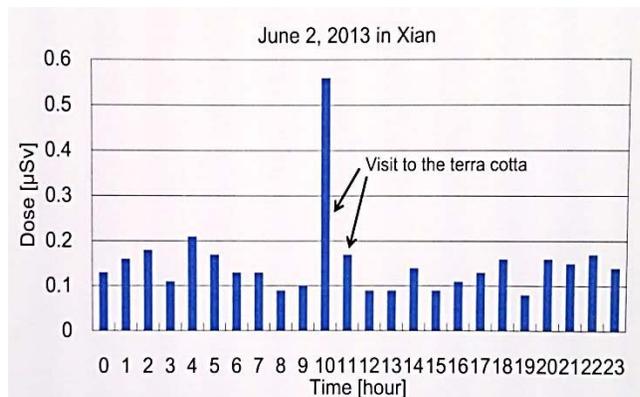
Perangkat komputer ini berfungsi sebagai alat untuk membaca dosis dan me-*reset* memori data dosis. Data dosis dapat ditampilkan secara

lengkap berupa dosis total, periode pemantauan, dosis setiap bulanan dan dosis setiap hari. Selain itu, juga dapat menampilkan;

- Grafik kecenderungan dosis yang diterima pemakai dalam waktu 24 jam terakhir,
- Grafik kecenderungan dosis 1 minggu yang lewat,
- Grafik kecenderungan dosis bulanan,
- Grafik kecenderungan dosis harian, dan
- Grafik kecenderungan dosis setiap jam (Gambar 6).



Gambar 5. Perangkat sistem manajemen *D-Shuttle*.



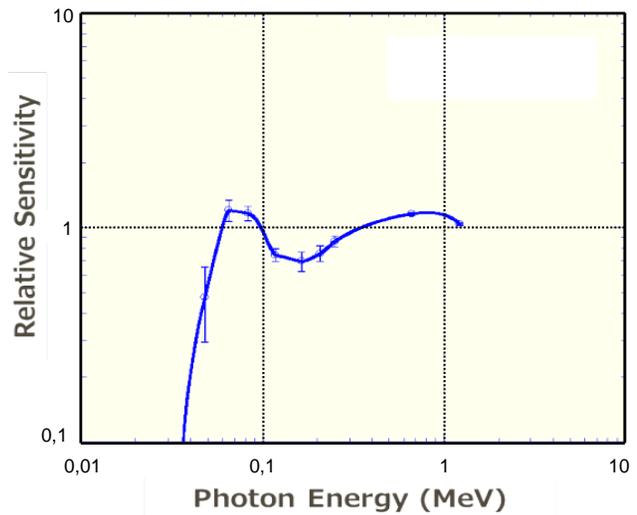
Gambar 6. Contoh hasil pemantauan dalam sehari.

**Karakteristik *D-Shuttle***

Hasil pemantauan dosis yang berasal dari paparan radiasi eksternal menggunakan dosimeter pasif, sangat bergantung pada karakteristik dosimeter itu sendiri dan proses pengkalibrasian dosimeter, serta proses dalam mengevaluasi dosis. Kesalahan yang dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil, kemungkinan dapat terjadi karena

oleh periode pemakaian. Sementara itu, dengan adanya persyaratan teknis yang ditetapkan dalam IEC 61526, maka kesalahan dalam pengukuran dosis eksternal dengan dosimeter elektronik akan menjadi sangat kecil.

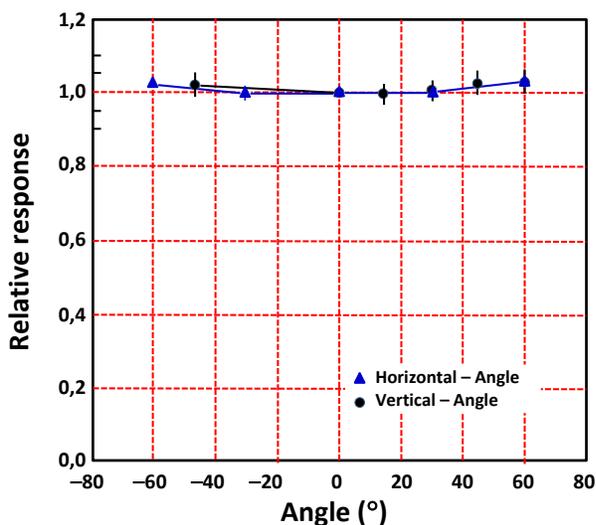
Pengukuran dosis eksternal menggunakan dosimeter elektronik tentu akan lebih akurat jika karakteristik dosimeter tersebut juga baik. Beberapa karakteristik dosimeter elektronik yang mendukung hasil pemantauan, diantaranya adalah ketergantungan tanggapan dosimeter terhadap energi foton/gamma, linieritas dosis, sudut arah datangnya radiasi, pengaruh medan magnetik, elektrostatik, kemampuan menyimpan data (menurut IEC 61526:  $\pm 5\%$  setelah 24 jam “off”) dan juga pengaruh lingkungan terutama bagi negara 4 musim. Pada Gambar 7 ditampilkan sensitivitas relatif dosimeter *D-Shuttle* terhadap perubahan energi foton.



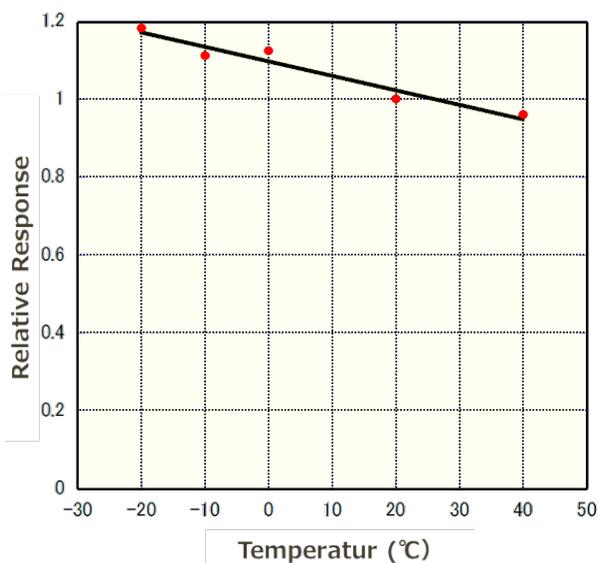
Gambar 7. Tanggapan dosimeter *D-Shuttle* terhadap energi foton/gamma.

Dari kurva sensitivitas relatif Gambar 7 dapat dilihat bahwa dosimeter *D-Shuttle* sangat baik digunakan pada energi foton/gamma mulai dari 50 keV – 1,25 MeV dengan sensitivitas relatif antara – 30% sampai < 15%. Karena di dalam persyaratan teknis IEC 61526 untuk energi 60 keV – 1,25 MeV diberikan toleransi kesalahan  $\pm 30\%$ .

Pada Gambar 8 dan 9 masing-masing adalah kurva tanggapan relatif dosimeter *D-Shuttle* terhadap sudut datang radiasi dan terhadap perubahan temperatur. Tanggapan dosimeter terhadap perbedaan arah datang radiasi relatif tidak berpengaruh. Baik untuk arah datang radiasi secara horizontal maupun vertikal. Tanggapan dosimeter pada pemakaian dalam temperatur dengan ruangan (15 – 25) °C terlihat perbedaan yang tidak signifikan.



Gambar 8. Tanggapan relatif dosimeter *D-Shuttle* terhadap sudut datang radiasi (Horizontal dan Vertikal)



Gambar 9. Pengaruh tanggapan dosimeter *D-Shuttle* terhadap perubahan temperatur.

**PENUTUP**

Bencana nuklir selalu meninggalkan trauma bagi masyarakat yang tinggal di sekitar lokasi kejadian. Terutama disebabkan kemungkinan adanya dampak dari paparan radiasi yang ditimbulkan akibat musibah tersebut. Untuk itu pemantauan paparan radiasi personal maupun lingkungan harus dilakukan secara terus-menerus. Dengan menggunakan dosimeter elektronik *D-Shuttle* dalam pemantauan paparan radiasi eksterna (gamma) sangat membantu masyarakat untuk mengetahui informasi dosis yang diterimanya setiap hari dan dosis total yaitu dosis kumulatif selama pemakaian dosimeter.

*D-Shuttle* merupakan dosimeter yang sangat mudah digunakan kapanpun dan dimanapun berada serta relatif lebih praktis. Salah satu keunggulan *D-Shuttle* dibandingkan dosimeter elektronik lainnya adalah kemampuan untuk dapat mengetahui fluktuasi perubahan dosis setiap jam dalam satu hari, setiap hari dalam setiap bulan dan setiap bulan. Namun, untuk mengetahui informasi dosis secara detail masih memerlukan bantuan pusat pelayanan dosimeter (dalam hal ini CTC).

Daya tahan baterainya hanya 1 tahun jika pembacaan dosis dengan “Indikator” dilakukan 2 kali dalam setiap hari, maka baterainya perlu diganti ulang. Proses penggantian baterai sampai saat ini masih dilakukan di CTC. Dan untuk mendapatkan jaminan kualitas hasil pengukuran dosis gamma, maka kalibrasi dosimeter *D-Shuttle* harus dilakukan lagi. Sampai saat ini proses kalibrasi hanya bisa dilakukan di CTC.

Dosimeter *D-Shuttle*, merupakan dosimeter yang perlu mendapat apresiasi dalam pemantauan dosis yang diterima masyarakat yang disebabkan oleh paparan radiasi eksternal. Terutama pada saat terjadi kedaruratan nuklir. Dengan dosimeter ini, dapat diketahui perubahan dosis terimaan setiap jam, sehingga pada saat penerimaan dosis cukup tinggi dapat ditelusuri.

**DAFTAR PUSTAKA**

ANONIM, Hongo, Jun (31 March 2011). NGO Finds High Levels in Safe Area. The Japan Times Online. Retrieved 11 April 2013.

- ANONIM, Monitoring Service for the General Public, CTC-AIST, September 2013.
- BEHRENS, R. and AMBROSI, P., Review of International Standards for Dosimeters, *Radiat. Prot. Dosim.* 128, pp. 159–168, 2008.
- BEVINGTON, LM., Regulatory Approval of a Dosimetry Service Using Electronic Dosimeters for Individual Dose Measurements in the UK, *Radiat. Prot. Dosim.* 96, pp. 81–86, 2001.
- HARRISON, JD., AND PHIPPS, AW., Comparing Man-Made and Natural Sources of Radionuclide Exposure, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon. OX11 0RQ, 6<sup>th</sup> Meeting, October 1, 2002.
- IAEA, Intercomparison of Personal Dose Equivalent Measurements by Active Personal Dosimeters, IAEA-TECDOC-1564, *Final Report of a joint IAEA-EURADOS Project*, IAEA, VIENNA, 2007.
- IEC, *International Electrotechnical Commission*, Radiation protection instrumentation -Measurement of personal dose equivalent Hp(10) and Hp(0.07) for X, gamma, neutron and beta radiation- direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate dosimeters, IEC 61526 (Ed. 3.0, 2010-07), Geneva, 2010.
- LUSZIK-BHADRA, M. and PERLE, S., Electronic Personal Dosimeters Will Replace Passive Dosimeters in The Near Future, *Radiat. Prot. Dosim.* 123, pp. 546–553, 2006.
- MACHI, S., World Trends and Japan's Nuclear Power Policy after the Fukushima Daiichi Nuclear Accident, The Proceeding of 9th IWIRM, Oarai, 2013
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2006.
- NCRP, Ionizing radiation exposure of the population of the United States. Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurements; NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurements*) Report No. 160; 2009.
- ORTEGA, X., GINJAUME, M., HERNANDEZ, A., VILLANUEVA, I. and AMOR, I., The Outlook for the Application of Electronic Dosimeters as Legal Dosimetry, *Radiat. Prot. Dosim.* 96, pp. 87–91, 2001.
- SOFYAN, H., Keunggulan dan Kelemahan Dosimeter Luminisensi sebagai Dosimetri Personal dalam Pelayanan Pemantauan Dosis Radiasi Eksternal, Prosiding SNKKL–VIII, PTKMR BATAN – FKM UI, pp. 35–44, 2012.
- SUGIYAMA, M., OHGUCHI, H., KANO, Y., YAMAGUCHI, Y., SUZUKI, R., et al., Development of Novel Personal Radiation Monitoring Service for General Public: D-Shuttle, Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring, Oarai Japan, 2013.
- SUZUKI, T., Dose and Contamination Due to Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, NIRS JAPAN, TEPCO Presentation, Jan. 11, 2013.
- TAZOE, H., HOSODA, M., SORIMACHI, A., NAKATA, A., YOSHIDA, M.A., TOKONAMI, S. AND YAMADA, M., Radioactive Pollution from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in The Terrestrial Environment, *Radiat. Prot. Dosim Vol.* 152, pp. 198–203, 2012.