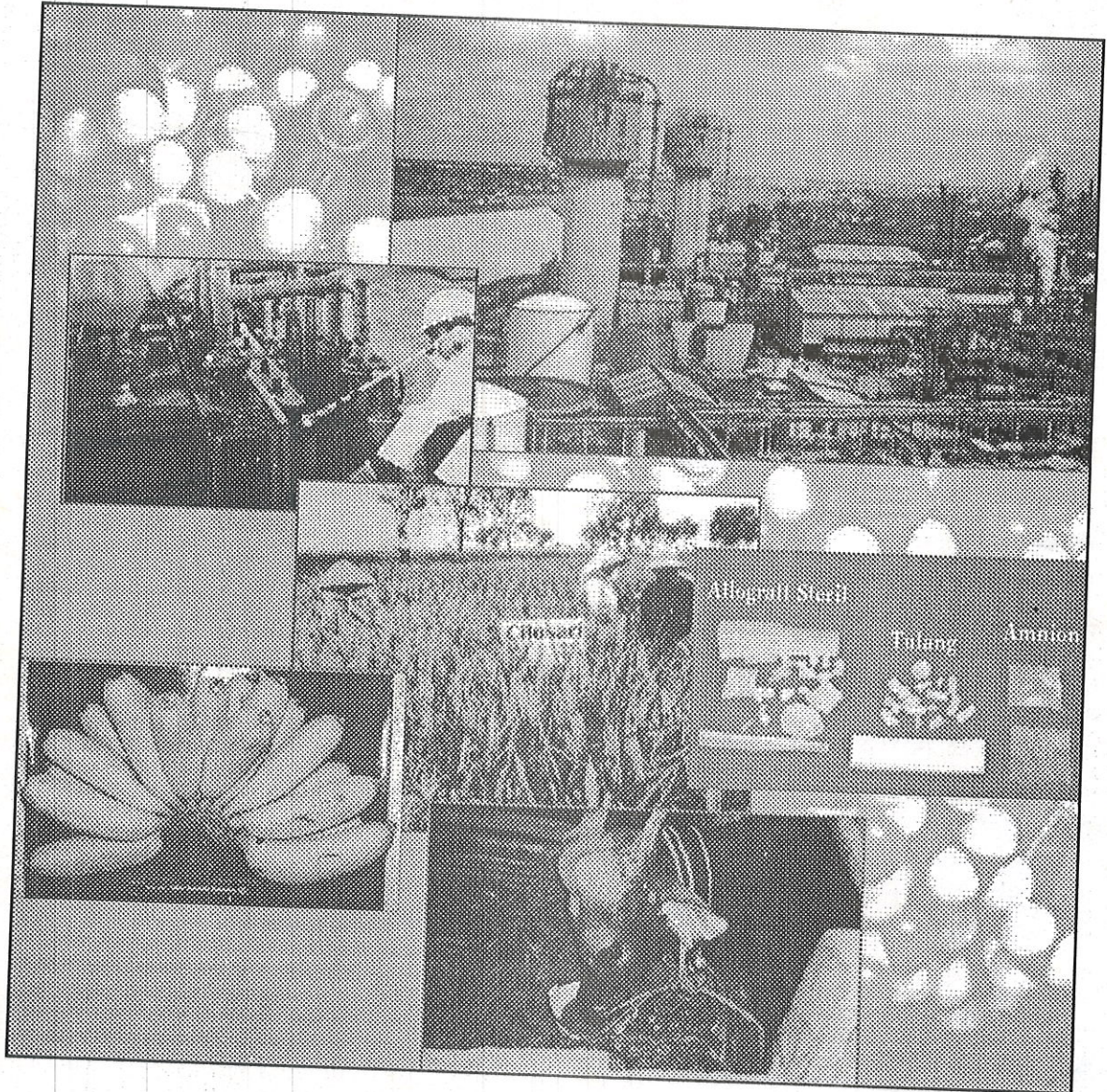


# RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



**Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002**



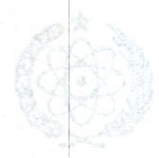
ISBN 979-82708-2-4

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002



**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
2001**

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

2001

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI



**Penyunting :**

1. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU
2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU
3. Dr. F. Suhadi, APU
4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU
5. Dr. Singgih Sutrisno, APU
6. Marga Utama, B.Sc, APU
7. Ir. Wandowo
8. Dr. Made Sumatra, MS, APU
9. Dr. Mugiono, APU
10. Drs. Edih Suwadji, APU
11. Dr. Sofjan Yatim
12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU
13. Dr. Nelly D. Leswara
14. Dr. Ir. Komaruddin Idris

P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
Universitas Indonesia  
Institut Pertanian Bogor

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2002 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001 / Penyunting, Nazly Hilmy ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002. 1 jil.; 30 cm

Isi jil. 1. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

ISBN 979-95709-8-0

1. Isotop - Seminar I. Judul II. Nazly Hilmy

---

541.388

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi  
Jl. Cinere Pasar Jumat  
Kotak Pos 7002 JKSKL  
Jakarta 12070  
Telp. : 021-7690709  
Fax. : 021-7691607; 7513270  
E-mail : p3tir@batan.go.id; sroji@batan.go.id  
Home page : <http://www.batan.go.id/p3tir>



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	ix
<b>MAKALAH UNDANGAN</b>	
Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia untuk Pemberdayaan Usaha Kecil Menengah PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM) .....	1
Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI) .....	5
Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21 Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri .....	9
<b>MAKALAH PESERTA</b>	
Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJIONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP .....	25
Penyelidikan daerah imbuhan air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DJIJONO .....	33
Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam $^{137}\text{Cs}$ NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS .....	43
Penentuan konsentrasi $^{226}\text{Ra}$ dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR .....	49
Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DJIJONO .....	57
Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI .....	65
Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa SUGIHARTO, PUGUH MARTYASA, INDROJONO, HARIJONO, dan KUSHARTONO..	69
Penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dalam pupuk dan aplikasinya untuk menentukan sumber sulfur pada air tanah kampung Loji Krawang E. RISTIN PUJI INDIYATI, ZAINAL ABIDIN, JUNE MELLAWATI, PASTON SIDAURUK, dan NENENG L.R., .....	75
Pembuatan komposit campuran serbuk kayu - poliester - serat sabut kelapa untuk papan partikel SUGIARTO DANU, DARSONO, PADMONO, dan ANGESTI BETTY .....	81
Kombinasi pelapisan permukaan kayu lapis Meranti ( <i>Shorea spp</i> ) dengan metode konvensional dan radiasi Ultra Violet DARSONO, dan SUGIARTO DANU .....	89



Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer) SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K. ....	95
Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA .....	103
Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinyu dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA .....	109
Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN .....	117
Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI .....	125
Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR ( <i>Polymerase Chain Reaction</i> ) LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F., .....	131
Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN .....	137
Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinyu RUSDIANASARI, dan BUCHARI .....	143
Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk $^{139}\text{Ba}$ dengan peralatan koinsiden $4\pi\beta\text{-}\gamma$ NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO .....	149
Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY .....	155
<i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i> MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY .....	161
<i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i> MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH .....	165
<i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i> MENKHER M., and HELFIAL HELMI .....	169
Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam $\text{N}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , dan $\text{O}_2$ NIKHAM .....	173
Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi YANTI S. SOEBIANTO, SITI MEILANI S., dan DIAH WIDOWATI .....	181
Pengaruh iradiasi gamma terhadap derajat kekuningan ( <i>Yellowness Index</i> ) dan sifat mekanik plastik pengemas makanan RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I. ....	191
Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i> YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK .....	205



Pembentukan galur tanaman kacang tanah yang toleran terhadap Aluminium melalui kultur <i>in vitro</i> ALI HUSNI, I. MARISKA, M. KOSMIATIN, ISMIATUN, dan S. HUTAMI .....	215
Pembentukan kalus dan <i>spot</i> hijau dari kultur Antera galur mutan cabai keriting ( <i>Capsicum annum</i> L.) secara <i>in vitro</i> AZRI KUSUMA DEWI, dan ITA DWIMAHYANI .....	221
Peningkatan toleransi terhadap Aluminium dan pH rendah pada tanaman kedelai melalui kultur <i>in vitro</i> IKA MARISKA, SRI HUTAMI, dan MIA KOSMIATIN .....	225
Efek radiasi sinar gamma dosis rendah pada pertumbuhan kultur jaringan tanaman ciplukan ( <i>Pysalis angulata</i> L.) ROSMIARTY A. WAHID .....	235
Pengujian galur mutan Sorghum generasi M4 terhadap kekeringan di Gunung Kidul SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, dan PARNO .....	241
Evaluasi penampilan fenotip dan stabilitas beberapa galur mutan kacang hijau di beberapa lokasi percobaan RIYANTI SUMANGGONO, dan SOERANTO HUMAN .....	247
Penggunaan pupuk hayati fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman jagung di lahan kering HAVID RASJID, J. WEMAY, E.L. SISWORO, dan W.H. SISWORO .....	255
Pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada kondisi ketersediaan air terbatas THOMAS .....	261
Peningkatan keragaman sifat agronomi tanaman melati <i>Jasminum sambac</i> (L.) W. Ait dengan teknik mutasi buatan LILIK HARSANTI, dan MUGIONO .....	273
Pengaruh sumber eksplan dan <i>Thidiazuron</i> dalam media terhadap regenerasi eksplan mutan nilam ( <i>Pogostemon cablin</i> Benth.) ISMIYATI SUTARTO, MASRIZAL, dan YULIASTI .....	281
Kombinasi bahan organik dan pupuk N inorganik untuk meningkatkan hasil dan serapan N padi gogo IDAWATI, dan HARYANTO .....	287
Kuantifikasi transformasi internal <sup>15</sup> N untuk memprediksi daya suplai Nitrogen pada lahan paska deforestasi I.P. HANDAYANI, P. PRAWITO, dan E.L. SISWORO .....	295
Pengaruh fosfat alam dan pupuk kandang terhadap efisiensi pemupukan P pada oxisol Sumatera Barat JOKO PURNOMO, KOMARUDDIN IDRIS, SUWARNO, dan ELSJE L. SISWORO .....	305
Studi kandungan unsur mikro pada UMMB sebagai suplemen pakan ternak ruminansia FIRSONI, YULIZON MENRY, dan BINTARA HER SASANGKA .....	313
Penggunaan suplemen pakan dan pemanfaatan teknik <i>radioimmunoassay</i> (RIA) untuk meningkatkan efisiensi Inseminasi Buatan (IB) TOTTI TJIPTOSUMIRAT, DADANG SUPANDI, dan FIRSONI .....	319
Pembuatan antibodi pada kelinci yang diimunisasi dengan <i>Brucella abortus</i> SUHARNI SADI .....	325

Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang mencit M. ARIFIN .....	333
Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI .....	337
Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift ( <i>Oreochromis nilotichus</i> ) dengan pemberian hormon testosteron alami ADRIA P.M. HASIBUAN, dan JENNY M. UMAR .....	345
Pengamatan klinis dan serologis pada domba pasca vaksinasi L-3 iradiasi cacing <i>Haemonchus contortus</i> dalam uji skala lapangan SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO .....	349
Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> ) HARSOJO, DIDI ROHADI, LYDIA ANDINI S., dan ROSALINA S.H. ....	355
Kondisi optimal untuk penentuan radioaktivitas serangga hama bertanda P-32 dengan menggunakan pencacah sintilasi cair YARIANTO S., BUDI SUSILO, dan S. SUTRISNO .....	361
Kemandulan terinduksi radiasi pada hama kapas <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) dan kemandulan yang diturunkan pada generasi F1 SUHARYONO, dan S. SUTRISNO .....	367
Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul DARMAWI SIKUMBANG, INDAH A. NASUTION, M. INDARWATMI, dan ACHMAD N. KUSWADI .....	373
Pengaruh iradiasi gamma terhadap Thiamin & Riboflavin pada ikan tuna ( <i>T. thynnus</i> ) dan salem ( <i>Onchorhynchus gorbuscha</i> ) segar RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W. ....	379
Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit YENNI M.U., dan ADRIA P.M. ....	385
Sintesis hidrogel kopolimer (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan imobilisasi ametrin ERIZAL .....	389



## STUDI RADIASI LATAR BELAKANG SINAR GAMMA DI LABORATORIUM SEDIMENTOLOGI, P3TIR, BATAN DENGAN SPEKTROMETRI GAMMA

Ali Arman Lubis, Barokah Aliyanta, dan Darman  
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

### ABSTRAK

**STUDI RADIASI LATAR BELAKANG SINAR GAMMA DI LABORATORIUM SEDIMENTOLOGI, P3TIR, BATAN, DENGAN SPEKTROMETRI GAMMA.** Telah dilakukan pengukuran radiasi latar belakang sinar gamma di Laboratorium Sedimentologi, gedung SDAL, P3TIR, BATAN menggunakan spektrometer gamma. Pengukuran dilakukan tanpa *shielding* dengan rentang energi dari 50 keV sampai 1500 keV. Radiasi yang terukur berasal dari radionuklida alam dan buatan dengan 32 puncak energi. Radionuklida alam adalah dari deret Uranium, deret Thorium dan  $^{40}\text{K}$  dengan laju dosis masing-masing yaitu  $12,510 \pm 0,980$ ,  $36,408 \pm 3,243$ ,  $9,455 \pm 0,016$  nSv/hari sedang radionuklida buatan adalah dari  $^{60}\text{Co}$  dengan laju dosis  $0,136 \pm 0,078$  nSv/hari.

### ABSTRACT

**THE STUDY OF RADIATION OF GAMMA-RAY BACKGROUND AT SEDIMENTOLOGY LABORATORIUM, P3TIR, BATAN, USING GAMMA SPECTROMETRY.** The measurement of background radiation of gamma-ray has been done at Sedimentology Laboratory, SDAL building, P3TIR, BATAN using gamma spectrometer. The measurement was done without shielding with the range of energy between 50 keV and 1500 keV. The identified radiations are coming from environmental radionuclide and man-made radionuclide as well with 32 energy peaks. The environmental radionuclides are from Uranium series, Thorium series, and  $^{40}\text{K}$  having dose rate of  $12.510 \pm 0.980$ ,  $36.408 \pm 3.243$ ,  $9.455 \pm 0.016$  nSv/day, respectively, whilst man-made radionuclide is  $^{60}\text{Co}$  having dose rate of  $0.136 \pm 0.078$  nSv/day.

### PENDAHULUAN

Pengukuran sinar gamma yang dipancarkan oleh suatu radionuklida memerlukan suatu kondisi tertentu pada laboratorium tempat pengukuran, khususnya untuk radionuklida alam yang biasanya mempunyai aktivitas yang sangat rendah. Persyaratan kondisi laboratorium untuk pengukuran radionuklida alam antara lain adalah adanya *shielding* untuk mengurangi pengaruh radiasi sinar kosmik, dan radiasi dari radionuklida alam yang berasal dari dinding dan lantai; detektor dengan efisiensi dan resolusi tinggi, yang dilengkapi dengan peralatan elektronik yang sesuai; dan laboratorium bebas debu untuk mengurangi kontribusi dari gas radon. Akan tetapi untuk pengukuran sampel aktif (hasil aktivasi) yang biasanya memiliki aktivitas yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan aktivitas radionuklida alam, persyaratan tersebut tidak mutlak diperlukan.

Spektrometer gamma di Laboratorium Sedimentologi SDAL digunakan secara rutin untuk mengukur kandungan logam-logam dengan metode analisis pengaktifan neutron (*Neutron Activation Analysis*), disamping itu dilakukan juga pengukuran radionuklida alam pemancar gamma pada sampel tanah, sedimen dan lingkungan. Pengukuran radiasi latar belakang dilakukan secara rutin setiap sebulan sekali untuk memonitor fluktuasi latar belakang yang terjadi dan untuk pemutakhiran data. Setiap pengukuran sampel yang dilakukan, hasilnya selalu dikurangi dengan besarnya radiasi latar belakang pengukuran yang terbaru pada energi yang sama.

Radiasi latar belakang yang ada di lingkungan berasal dari radionuklida alam dan radionuklida buatan. Radiasi latar belakang berasal dari radiasi sinar kosmik dan radiasi dari radionuklida yang terdapat dalam bumi yaitu yang ada di batu-batuan, tanah dan bahan bangunan. Radionuklida alam tersebut adalah berasal dari Uranium, Thorium, Actinium dan anak luruhnya, serta  $^{40}\text{K}$ . Sedangkan radionuklida buatan berasal dari kegiatan/aktivitas manusia yang menghasilkan suatu radionuklida, misalnya pemanfaatan reaktor nuklir. Diperkirakan bahwa sekitar 85 % radiasi latar belakang tersebut berasal dari radionuklida alam, sedangkan sisanya berasal dari radionuklida buatan [1]. Besarnya persentase radionuklida alam tersebut sangat mempengaruhi dalam pengukuran sampel sehingga perlu dipelajari keberadaan dan kontribusinya terutama untuk mengeliminasi pengaruh latar belakang dalam pengukuran sampel tersebut. Manfaat lain adalah untuk mengetahui kadar dan paparan radiasi dari masing-masing radionuklida dalam kaitannya terhadap kualitas lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan besarnya radiasi latar belakang sinar gamma dalam kaitannya terhadap pengukuran sampel, laju dosis radiasi dan kualitas lingkungan di Laboratorium Sedimentologi.

### TATA KERJA

Pengukuran sinar gamma lingkungan baik radionuklida alam maupun buatan dilakukan dengan



menggunakan detektor kemurnian tinggi (*High Pure Germanium*, HPGe). Resolusi detektor adalah 2.1 keV pada energi  $^{60}\text{Co}$  1332,5 keV, volume aktif 57,506 cm<sup>3</sup> dan efisiensi 10 % relatif terhadap NaI(Tl) 3x3". Sebelum dilakukan pengukuran radiasi lingkungan, terlebih dahulu detektor dikalibrasi terhadap energi dengan menggunakan sumber titik standar  $^{152}\text{Eu}$  dengan aktivitas 0,22  $\mu\text{Ci} \pm 2,5\%$  (17 juni 1994) yang dibuat oleh Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBN), BATAN. Selanjutnya dilakukan kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar yang sama pada jarak 25 cm diatas detektor. Pemilihan sumber standar  $^{152}\text{Eu}$  karena sumber tersebut memiliki 10 puncak energi gamma dengan rentang energi dari 120 keV sampai 1408 keV. Hal ini sesuai dengan karakteristik detektor yang mempunyai rentang energi dari 50 keV sampai 1500 keV, sehingga sumber  $^{152}\text{Eu}$  dapat mewakili seluruh rentang energi yang ada. Ketika dilakukan pengukuran radiasi latar belakang, maka yang terukur adalah radiasi yang berasal dari atas dan samping (setengah bola =  $2\pi$ ), sedangkan kalibrasi efisiensi yang dilakukan hanya dari satu arah (tegak lurus detektor), maka terlebih dahulu dilakukan koreksi efisiensi. Koreksi efisiensi dilakukan dengan meletakkan sumber  $^{152}\text{Eu}$  pada posisi 0°, 15°, 30°, ..., 180° ( $2\pi$ ). Radiasi latar belakang diukur selama 24 jam tanpa *shielding*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kalibrasi energi terhadap nomor salur pada detektor HPGe adalah :

$$E = 4,95 + 0,36 \cdot \text{Ch} \quad (r = 1) \quad (1)$$

dimana, E = Energi (keV)  
Ch = Nomor salur.

Efisiensi detektor dengan sumber  $^{152}\text{Eu}$  dapat dihitung berdasarkan persamaan;

$$\text{Eff} = \frac{N}{A \cdot P_\gamma} \quad (2)$$

dimana Eff = efisiensi detektor  
N = cacahan per-detik  
A = Aktivitas sumber pada saat pengukuran  
 $P_\gamma$  = Probabilitas sinar gamma.

Hasil kalibrasi efisiensi detektor ditampilkan pada Gambar 1 dengan persamaan regresi eksponensial sebagai berikut;

$$\text{Eff} = 15,18 \cdot E^{-1,011} \quad (r = 0,95) \quad (3)$$

dimana E = Energi (keV)  
r = koefisien regresi eksponensial

Hasil pengukuran radiasi latar belakang sinar gamma di Laboratorium Sedimentologi, gedung bidang

Sumber Daya Alam dan Lingkungan menggunakan detektor semikonduktor HPGe di tunjukkan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4. Pengukuran dilakukan selama 24 jam dan diperoleh 32 buah puncak spektrum yang terdiri dari 9 radionuklida. Radionuklida tersebut adalah  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , dan  $^{40}\text{K}$ . Masing-masing puncak spektrum telah diberi label sesuai dengan energinya seperti terlihat pada Gambar 2 sampai Gambar 4. Berdasarkan sumber radiasi maka radionuklida dapat digolongkan atas radionuklida alam dan radionuklida buatan. Radionuklida alam yang dapat terdeteksi adalah berasal dari deret uranium yaitu  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  dan deret thorium yaitu  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{212}\text{Bi}$  serta  $^{40}\text{K}$ , sedang radionuklida buatan yang terdeteksi adalah  $^{60}\text{Co}$ . Kemungkinan  $^{60}\text{Co}$  berasal dari kegiatan radiografi atau sumber lain yang mungkin berada di sekitar lokasi, sedangkan radionuklida alam yang terukur adalah berasal dari sinar kosmik, tanah dan dinding di sekitar.

Analisis kuantitatif dilakukan setelah memperoleh jenis radionuklida yang terukur. Faktor koreksi efisiensi diperoleh sebesar 0,89 yaitu rata-rata dari pengukuran efisiensi detektor dengan posisi sumber dari 0°, 15°, ..., 180° ( $2\pi$ ).

Besarnya aktivitas masing-masing radionuklida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{N}{\text{Eff} \cdot F_k \cdot P_\gamma} \quad (4)$$

dimana A = aktivitas (Bq).  
N = cacahan per detik (cps).  
Eff = efisiensi detektor.  
 $P_\gamma$  = probabilitas sinar gamma.  
 $F_k$  = Faktor koreksi efisiensi (=0,89)

Nilai penyimpangan (deviasi standar) pengukuran dengan tingkat kepercayaan 95 % ( $1\sigma$ ) dihitung berdasarkan persamaan 5. Sedangkan batas deteksi terendah (*Low Level Detection, LLD*) dari alat pada percobaan ini dihitung berdasarkan persamaan 6, dengan tingkat kepercayaan 95 %.

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_n}{t_n} + \frac{N_b}{t_b}} \quad (5)$$

$$\text{LLD} = 4,66 \frac{\sqrt{N_b/t_b}}{\text{Eff} \cdot P_\gamma} \quad (6)$$

dimana:  $N_n$  dan  $N_b$  = laju cacah bersih (cps) dan latar belakang (cps)  
 $t_n$  dan  $t_b$  = waktu pencacahan (detik)

Hasil perhitungan aktivitas dari masing-masing radionuklida dengan penyimpangan (deviasi standar) dan batas deteksi terendah dari alat dicantumkan pada Tabel 1.



Laju dosis radiasi dihitung berdasarkan persamaan (7)<sup>(1,3)</sup>.

$$\text{Laju dosis} = \frac{\phi * E * (\sigma_1 / \rho) * 0,00864}{62500 \text{ MeV/gr-mrad}} \text{ nanoSievert/hari (7)}$$

dimana  $\phi$  = densitas fluks (photon/detik.cm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_1$  = koefisien absorpsi linier (cm<sup>-1</sup>)  
 $\rho$  = densitas media. (gr/cm<sup>3</sup>)  
 $E$  = Energi dalam satuan MeV.

Densitas media adalah densitas udara yaitu 0,001293gr/cm<sup>3</sup> dengan komposisi 78,04 % nitrogen, 21,02 % oksigen dan 0,94 % argon. Fluks radionuklida adalah merupakan jumlah photon (sinar gamma) perdetik persatuan luas permukaan. Karena pengukuran besarnya radiasi latar belakang adalah di sekitar detektor sehingga luas permukaan adalah besarnya permukaan detektor. Dimensi detektor yang berbentuk silinder (*coaxial*) adalah diameter 4,48 cm dan tinggi 3,65 cm, sehingga luas permukaan detektor dari dua sisi atas dan samping ( $2\pi$ ) adalah 67,1cm<sup>2</sup>. Koefisien absorpsi total didapat dari literatur<sup>(3)</sup> yaitu merupakan penjumlahan dari koefisien absorpsi efek fotolistrik, Compton dan produksi pasangan. Koefisien tersebut bergantung pada besarnya energi dan media yang dilalui atau yang digunakan.

Dalam percobaan ini, besarnya energi yang digunakan adalah pada rentang 50 keV sampai 1500 keV sesuai dengan karakteristik detektor sedangkan media perantara adalah udara. Besarnya koefisien absorpsi total sebagai fungsi energi ditunjukkan pada Gambar 5<sup>(3)</sup>. Hasil dari perhitungan masing-masing aktivitas, fluks, koefisien absorpsi dan laju dosis radiasi dari setiap energi (radionuklida) ditampilkan di Tabel 1.

Laju dosis dari masing-masing radionuklida berdasarkan pengelompokan deret uranium, deret thorium, <sup>40</sup>K dan <sup>60</sup>Co dan jumlah total dicantumkan di Tabel 2. Radiasi latar belakang yang terukur dari deret thorium adalah 36,408 nSv/hari, radiasi tersebut berasal dari anak luruh thorium yaitu <sup>228</sup>Ac dengan persentase 83 % dari total deret thorium. Seperti terlihat pada spektrum Gambar 2 sampai Gambar 4, <sup>228</sup>Ac memiliki 10 puncak energi dan masing-masing energi mempunyai aktivitas dan laju dosis yang cukup besar dengan total 6,972 Bq dan 30,31 nSv/hari. Sementara itu besarnya radiasi yang terukur dari deret uranium hanya sekitar 34 % dari deret thorium. Selanjutnya, radionuklida buatan <sup>60</sup>Co hanya memiliki aktivitas sebesar 0,02 Bq dan laju dosis 0,136 nSv/hari. Aktivitas dan laju dosis tersebut merupakan yang terkecil dari radionuklida lainnya yang terukur dengan spektrometri gamma. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sekitar 99 % radiasi latar belakang yang terukur adalah berasal dari radionuklida alam. Laju dosis total radiasi latar belakang di laboratorium Sedimentologi P3TIR Batan masih jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan laju

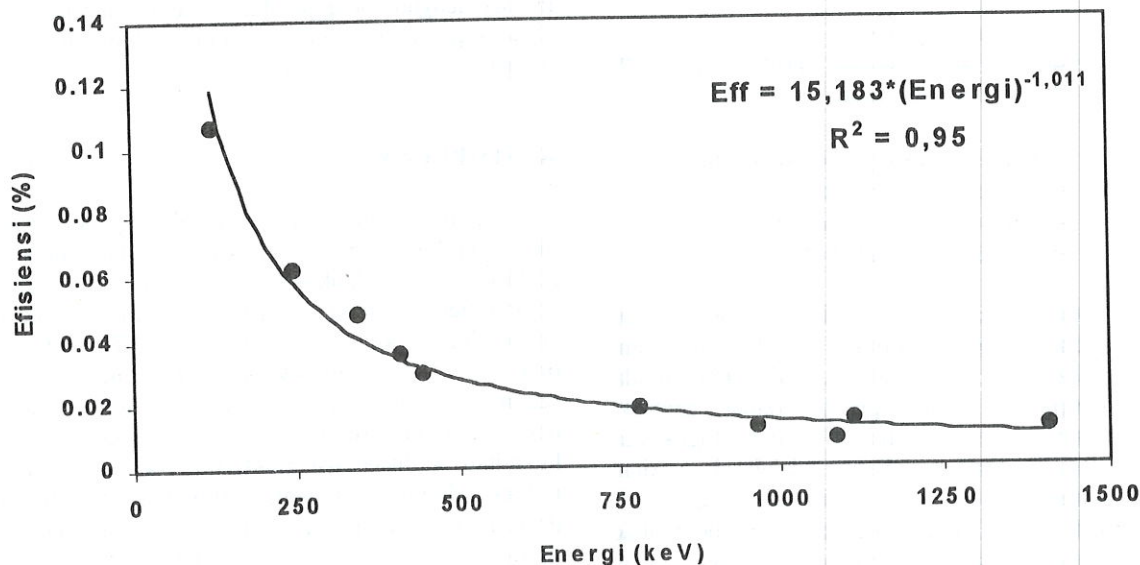
dosis yang ditetapkan oleh UNSCEAR. Besarnya laju dosis dari UNSCEAR tersebut berdasarkan pengukuran radiasi dengan menggunakan model *Annual Gonadal Dose Equivalent* (AGDE) untuk gedung atau rumah tinggal<sup>(6)</sup>.

## KESIMPULAN

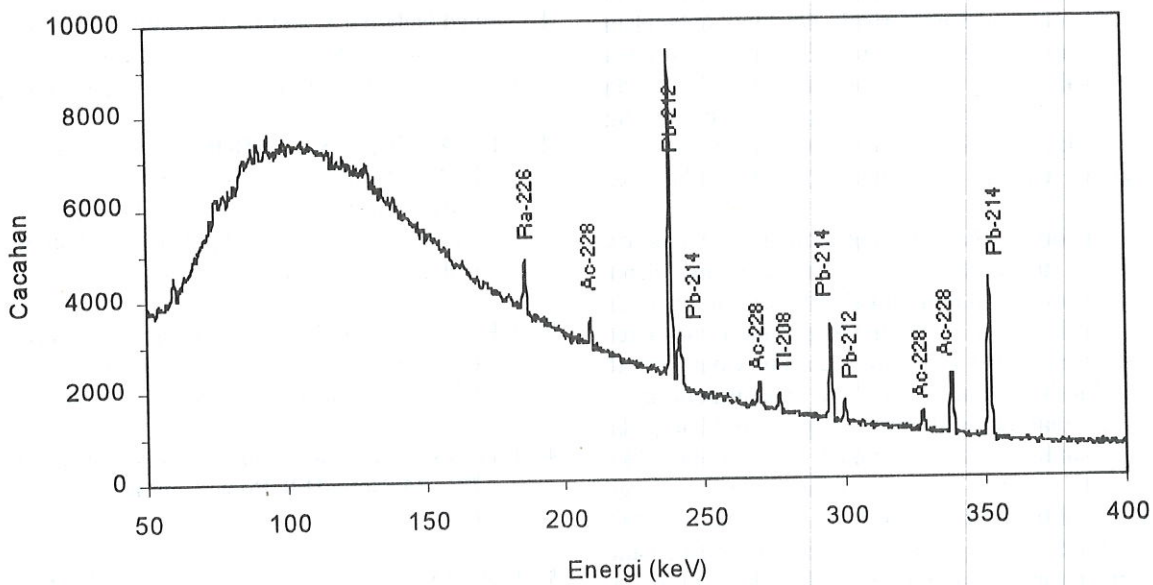
Pengukuran radiasi latar belakang sinar gamma di gedung bidang Sumber Daya Alam dan Lingkungan P3TIR, Batan dilakukan tanpa *shielding* dengan spektrometri gamma diperoleh 9 jenis radionuklida yaitu <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ac, <sup>212</sup>Pb, <sup>214</sup>Pb, <sup>208</sup>Tl, <sup>214</sup>Bi, <sup>212</sup>Bi, <sup>60</sup>Co, dan <sup>40</sup>K. <sup>60</sup>Co termasuk jenis radionuklida buatan sedangkan yang lainnya adalah radionuklida alam dari deret uranium, thorium dan <sup>40</sup>K. Dalam analisis kuantitatif yaitu besarnya aktivitas setiap radionuklida, nilainya dikalikan dengan faktor koreksi 0,89. Laju dosis radiasi dari masing-masing deret uranium, deret thorium, <sup>40</sup>K dan <sup>60</sup>Co adalah 12,510±0,980, 36,408±3,243, 9,455±0,016, 0,136±0,078 nSv/hari, sedangkan total laju dosis adalah 58,509±4,317 nSv/hari. Total laju dosis tersebut masih jauh dibawah batas yang ditentukan oleh UNSCEAR yaitu 816,44 nSv/hari.

## DAFTAR PUSTAKA

1. United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Source and effects and risks of ionising radiation*, 1988, UN, New York
2. EL-KAMEESY, S.U., ABDEL-WAHAB, M.S., EL-FARAMAWY, N., *Nature of Gamma Background Radiation and Dose-Rate in Ain Shams University*, Applied Radiation and Isotopes, vol 43, no 10, 1992.
3. URQUHART, D.F., *The Gamma Ray Spectra of Uranium and Thorium Ores by High Resolution (Ge(Li)) Spectrometry*, ANSTO, Januari 1973.
4. EVANS, R.D., *The Atomic Nucleus*, halaman 672-721, McGraw-Hill Book Company, New York, 1955.
5. FOLDIAK, G., *Industrial Application of Radioisotopes*, Elsevier, 1986.
6. ZAIDI, J.H., ARIF, M., AHAMD, S., FATIMA, I., QURESHI, I.H., *Determination of Natural Radioactivity in Building Materials Used in The Rawalpindi/Islamabad Area by Gamma Ray Spectrometry and Instrumental Activation Analysis*, Applied Radiation and Isotopes 51 (1999) 559-564.

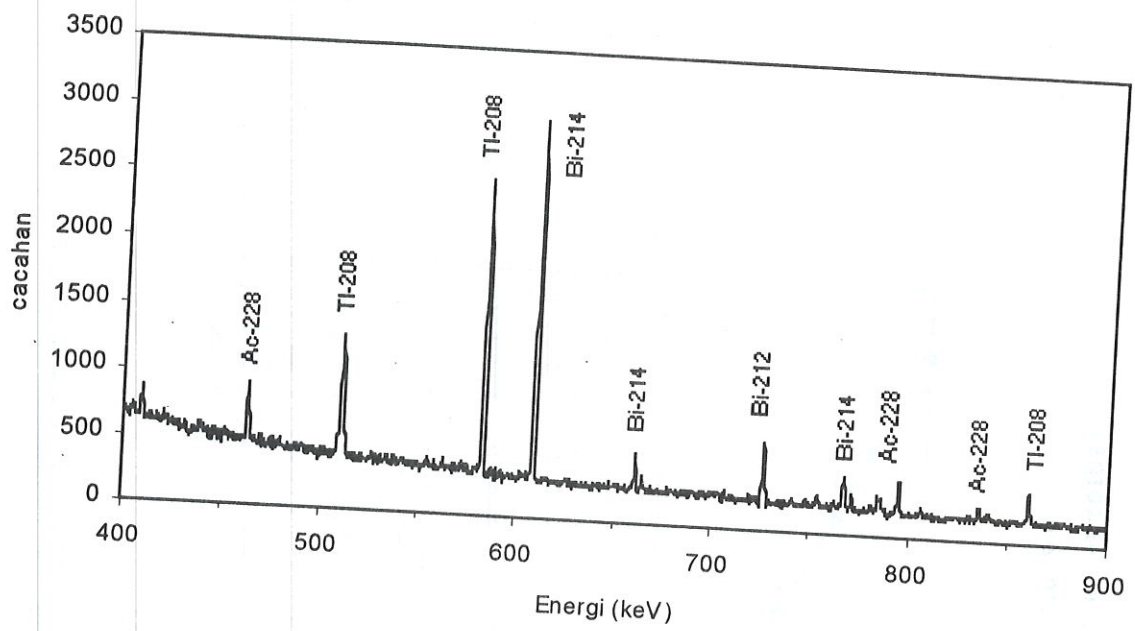


Gambar 1. Kurva kalibrasi efisiensi detektor HPGe menggunakan sumber standar <sup>152</sup>Eu.

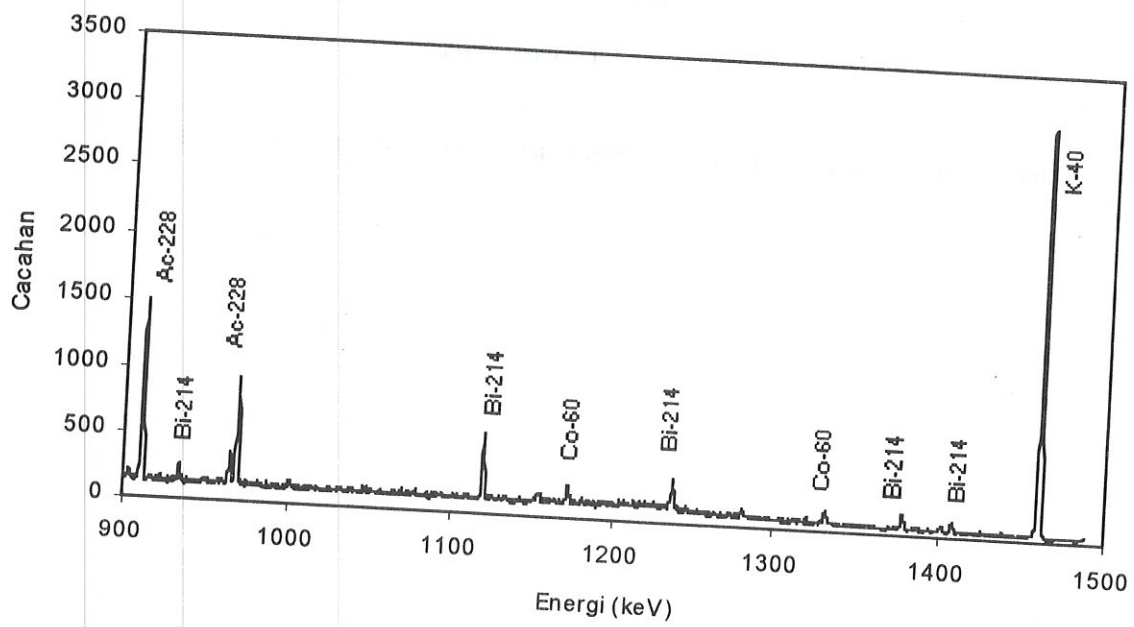


Gambar 2. Spektrum radiasi latar belakang sinar gamma dengan energi dari 50 keV sampai 400 keV.

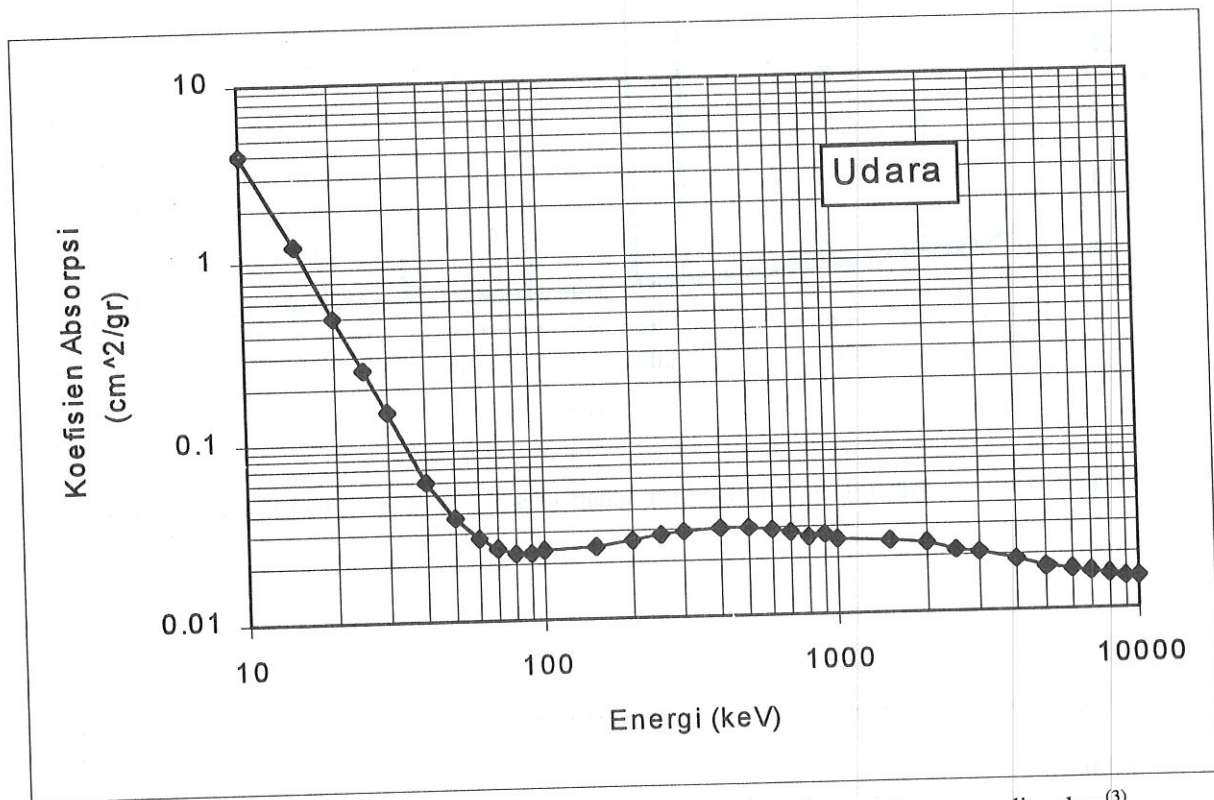




Gambar 3. Spektrum radiasi latar belakang sinar gamma dengan energi dari 400 keV sampai 900 keV.



Gambar 4. Spektrum radiasi latar belakang sinar gamma dengan energi dari 900 keV sampai 1500 keV.



Gambar 5. Koefisien absorpsi total ( $\mu/p$ ) photon sebagai fungsi energi dengan media udara<sup>(3)</sup>



Tabel 1. Aktivitas, limit deteksi dan laju dosis radiasi latar belakang di Laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN.

Energi (keV)	Radio Nuklida	Aktivitas (Bq)	Batas deteksi (Bq)	Fluks (1/s.cm <sup>2</sup> ) x10 <sup>-3</sup>	Koefisien Absorpsi (cm <sup>2</sup> /gr)x10 <sup>-2</sup>	Laju Dosis (nSv/hari)
186,14	<sup>226</sup> Ra	0,296 ± 0,014	0,063	4,41	2,70	0,306 ± 0,021
209,40	<sup>228</sup> Ac	0,509 ± 0,043	0,192	7,58	2,72	0,596 ± 0,071
238,71	<sup>212</sup> Pb	0,150 ± 0,001	0,005	2,24	2,74	0,202 ± 0,003
242,27	<sup>214</sup> Pb	0,162 ± 0,007	0,029	2,41	2,74	0,221 ± 0,014
270,37	<sup>228</sup> Ac	0,254 ± 0,017	0,074	3,78	2,76	0,390 ± 0,036
277,50	<sup>208</sup> Tl	0,176 ± 0,018	0,079	2,62	2,76	0,278 ± 0,044
295,25	<sup>214</sup> Pb	0,164 ± 0,003	0,012	2,44	2,77	0,276 ± 0,009
300,23	<sup>212</sup> Pb	0,199 ± 0,015	0,064	2,97	2,78	0,342 ± 0,037
328,06	<sup>228</sup> Ac	0,155 ± 0,011	0,048	2,31	2,79	0,292 ± 0,015
338,35	<sup>228</sup> Ac	0,199 ± 0,005	0,018	2,96	2,79	0,387 ± 0,013
351,84	<sup>214</sup> Pb	0,169 ± 0,002	0,006	2,52	2,80	0,344 ± 0,005
462,90	<sup>228</sup> Ac	0,319 ± 0,017	0,069	4,75	2,83	0,860 ± 0,068
510,61	<sup>208</sup> Tl	0,386 ± 0,009	0,033	5,75	2,83	1,149 ± 0,042
583,06	<sup>208</sup> Tl	0,235 ± 0,003	0,008	3,50	2,83	0,799 ± 0,013
609,18	<sup>214</sup> Bi	0,199 ± 0,002	0,006	2,97	2,83	0,708 ± 0,010
661,58	<sup>214</sup> Bi	0,411 ± 0,027	0,109	6,13	2,82	1,582 ± 0,134
727,19	<sup>212</sup> Bi	0,269 ± 0,010	0,035	4,00	2,81	1,132 ± 0,062
768,35	<sup>214</sup> Bi	0,196 ± 0,012	0,046	2,92	2,81	0,870 ± 0,076
794,96	<sup>228</sup> Ac	0,247 ± 0,016	0,059	3,68	2,80	1,131 ± 0,089
835,63	<sup>228</sup> Ac	2,347 ± 0,330	1,405	35,0	2,79	11,272 ± 2,306
860,45	<sup>208</sup> Tl	0,317 ± 0,017	0,063	4,73	2,78	1,566 ± 0,130
911,12	<sup>228</sup> Ac	2,622 ± 0,036	0,088	39,1	2,77	13,626 ± 0,215
933,94	<sup>214</sup> Bi	0,180 ± 0,018	0,072	2,69	2,76	0,959 ± 0,124
964,61	<sup>228</sup> Ac	0,081 ± 0,004	0,013	1,20	2,75	0,441 ± 0,030
968,96	<sup>228</sup> Ac	0,239 ± 0,005	0,013	3,57	2,75	1,315 ± 0,034
1120,29	<sup>214</sup> Bi	0,252 ± 0,006	0,020	3,75	2,70	1,567 ± 0,055
1173,26	<sup>60</sup> Co	0,011 ± 0,001	0,003	0,17	2,68	0,074 ± 0,009
1237,98	<sup>214</sup> Bi	0,313 ± 0,015	0,055	4,67	2,65	2,121 ± 0,167
1332,51	<sup>60</sup> Co	0,009 ± 0,001	0,003	0,13	2,62	0,062 ± 0,007
1377,70	<sup>214</sup> Bi	0,253 ± 0,012	0,054	3,76	2,60	1,864 ± 0,169
1407,92	<sup>214</sup> Bi	0,225 ± 0,015	0,060	3,36	2,59	1,692 ± 0,196
1460,81	<sup>40</sup> K	1,224 ± 0,009	0,029	18,2	2,57	9,455 ± 0,078

Tabel 2. Laju dosis dan total laju dosis radiasi dalam (nSv/hari)

Radionuklida	Laju dosis (nSv/hari)
Deret Uranium	12,510 ± 0,980
Deret Thorium	36,408 ± 3,243
<sup>40</sup> K	9,455 ± 0,016
<sup>60</sup> Co	0,136 ± 0,078
Total	58,509 ± 4,317
UNSCEAR, 1988 <sup>(6)</sup>	816,44

*(The following table contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The content is not transcribable.)*