

ISSN : 1978-9971

**PROSIDING
PERTEMUAN DAN PRESENTASI ILMIAH
FUNGSIONAL PENGEMBANGAN TEKNOLOGI NUKLIR IX**

Jakarta, 5 Nopember 2014



**PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

JL. LEBAK BULUS RAYA No. 49, KOTAK POS 7043 JKSKL – JAKARTA SELATAN 12070

Telp. (021) 7513906 (Hunting) Fax. : (021) 7657950

E-mail : ptkmr@batan.go.id

**Diterbitkan pada
Januari 2015**



Sekretariat :

PANITIA – PPI-FPTN IX

Jakarta, 5 Nopember 2014

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi

Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jl. Lebak Bulus Raya No.49, PO Box 7043, JKSKL, Jakarta 12070

Telp. : (021) 7513906 (Hunting), Fax : (021) 7657950

E-mail : ptkmr@batan.go.id



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas karunia yang diberikan kepada Panitia Penyelenggara, sehingga Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir IX dengan tema “**Keselamatan dalam Pemanfaatan IPTEK Nuklir di Bidang Metrologi Radiasi, Kesehatan dan Lingkungan**” yang dilaksanakan pada tanggal 5 Nopember 2014, telah selesai disusun pada bulan Januari 2015.

Presentasi Ilmiah kali ini menghadirkan pembicara utama **Dr. Ross A. Jeffree dari University of Technology, Sydney** dengan judul **Exploratory Radioecology, in Practice, Theory and Applications**. Makalah yang masuk dan dipresentasikan dalam kegiatan ini sebanyak 45 buah berasal dari Universitas Pakuan 3 makalah, Institut Teknologi Bandung (ITB) 1 makalah, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah 1 makalah, PRFN 3 makalah, PTRR 1 makalah, PSTA 4 makalah, STTN 2 makalah, PSTNT 3 makalah, PRSG 1 makalah, PKSEN 1 makalah, PSTBM 1 makalah, PAIR 1 makalah, dan PTKMR 23 makalah

Semoga penerbitan Prosiding ini bermanfaat sebagai media untuk menyebarkan hasil-hasil penelitian, pengembangan, dan pengelolaan perangkat nuklir dalam bidang keselamatan, kesehatan, lingkungan dan metrologi radiasi serta sebagai bahan acuan dan informasi dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan.

Panitia penyelenggara berharap semoga Prosiding ini dapat menjadi sumber informasi dan acuan yang berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Sebagai penutup, Panitia Penyelenggara menyampaikan mohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan Prosiding ini dan menyampaikan penghargaan dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah ikut mensukseskan serta membantu terselenggaranya Pertemuan dan Presentasi Ilmiah ini.

Jakarta, 7 Januari 2015

Tim Editor dan Panitia Penyelenggara

SAMBUTAN
KEPALA PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Salam sejahtera bagi kita semua.

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, saya menyambut gembira atas penerbitan Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir IX oleh Tim Editor dan Panitia Penyelenggara.

Melalui penerbitan ini, saya berharap Prosiding ini dapat dengan mudah dipahami oleh para pemerhati iptek nuklir di bidang teknologi keselamatan dan metrologi radiasi. Selain itu, saya juga berharap agar tulisan dan kajian ilmiah dalam Prosiding ini, yang merupakan output (luaran) dari para pejabat fungsional Batan, bisa menjadi acuan bagi para mahasiswa, pengajar (guru, dosen, dan pembimbing), dan ilmuwan di luar Batan, sehingga output kegiatan BATAN ini dapat dimanfaatkan dan dirasakan oleh masyarakat.

Akhirnya, saya berharap bahwa keberadaan Prosiding ini tidak sebatas memperkaya khasanah pengetahuan kita, namun juga dapat menjadi pedoman bagi PTKMR untuk mewujudkan visi BATAN, Unggul di Tingkat Regional. Untuk itu, saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Tim Editor dan Panitia Penyelenggara yang telah mencurahkan tenaga dan pikirannya, serta kepada seluruh pihak yang telah mendukung penerbitan Prosiding ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jakarta, 09 Januari 2015

Kepala PTKMR,



Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.

**SUSUNAN PENGARAH, TIM EDITOR, DAN
PANITIA PENYELENGGARA
PERTEMUAN DAN PRESENTASI ILMIAH
FUNGSIONAL PENGEMBANGAN TEKNOLOGI NUKLIR - IX**

PENGARAH

Ketua :

Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.
(Kepala PTKMR-BATAN)

Anggota :

Drs. Bunawas, APU.
Prof. Drs. Eri Hiswara, M.Sc.

EDITOR DAN PENILAI MAKALAH

Ketua :

Drs. Nurman Rajagukguk

Wakil Ketua :

Dr. Mukh Syaifudin

Anggota :

Drs. Mukhlis Akhadi, APU.
Dra. C. Tuti Budiantari
Drs. Gatot Wurdianto, M.Eng.
Dr. Eko Pudjadi
dr. Fadil Nasir, Sp.KN.
Dra. Rini Heroe Oetami, MT. (PSTNT-BATAN)
Dr. Megga Ratnasari Pikoli (UIN Syarif Hidayatullah)
Prof. Fatma Lestari, Ph.D (FKM-UI)
Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto (ITB-Bandung)

PENYELENGGARA

Ketua : Teja Kisananto, A.Md., **Wakil Ketua :** Fendinugroho, S.ST., **Sekretaris :** Dian Puji Raharti, A.Md., **Bendahara :** Kristina Dwi Purwanti, **Seksi Persidangan :** Wahyudi, S.ST., Setyo Rini, SE., Viria Agesti Suvifan, Egnés Ekaranti, A.Md., **Seksi Dokumentasi :** Yahya Mustofa, A.MR., **Seksi Perlengkapan :** Prasetya Widodo, A.Md., Rojalih., **Seksi Konsumsi :** Siti Ruwiyati, Indri Trisianti. (SK No. 53/KMR/VI/2014)

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Sambutan Kepala PTKMR	ii
Susunan Pengarah, Tim Editor, dan Panitia Penyelenggara	iii
Daftar Isi	iv
Makalah Utama	
Exploratory Radioecology, in Practice, Theory and Applications	A-1
<i>Dr. Ross A. Jeffree</i> <i>University of Technology, Sydney</i>	
Makalah Seminar	
1. Perhitungan Ketebalan Kontainer untuk Menjamin Keselamatan dari Paparan Radiasi pada Perangkat Brakiterapi	1
<i>Kristiyanti dan Tri Harjanto</i>	
2. Pengujian Modul SCA untuk Perekayasa Scintigrafi	8
<i>Leli Yuniarsari, Sukandar, Joko Sumanto, dan Wiranto Budi Santoso</i>	
3. Pemantauan dan Evaluasi Radioaktivitas Gross β Air Pendingin Primer Reaktor Kartini PSTA-BATAN	18
<i>Atok Suhartanto dan Suparno</i>	
4. Penerapan Program Optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Bidang Kedokteran Nuklir	25
<i>Suhaedi Muhammad dan Rr.Djarwanti, RPS</i>	
5. Penentuan Efisiensi Detektor Geiger Muller pada Sistem Pencacah Integral terhadap Sumber Beta dan Gamma Menggunakan Tl-204 dan Cs-137	37
<i>Wijono dan Eko Pramono</i>	
6. Kalibrasi Dosimeter CaSO ₄ :Dy Terhadap Sinar-X untuk Menghitung Dosis Radiologi Diagnostik	44
<i>Rofiq Syaifudin, Nina Herlina, dan Assef Firmando Firmansyah</i>	
7. Pemantauan Dosis Paparan Kerja di PSTNT-BATAN	52
<i>Rini Heroe Oetami</i>	

-
- | | | |
|-----|---|-----|
| 8. | Pembuatan Perunut KIT RIA/IRMA di PTRR Tahun 2013
<i>Gina Mondrida, Sutari, Triningsih, Sri Setyowati, Agus Ariyanto, V. Yulianti S, Puji Widayati, Wening Lestari</i> | 65 |
| 9. | Analisis Propagasi Ketidakpastian pada Penentuan Radioaktivitas Lingkungan
<i>Juni Chussetijowati dan Suhulman</i> | 80 |
| 10. | Daya Infektif Campuran <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi dan Non-Iradiasi pada Mencit (<i>Mus musculus</i>)
<i>Teja Kisananto, Mukh Syaifudin, Siti Nurhayati, dan Gorga Agustinus</i> | 94 |
| 11. | Diferensial Leukosit Mencit (<i>Mus musculus</i>) Pasca Imunisasi Berulang dan Uji Tantang dengan <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi Gamma Stadium Eritrositik
<i>Tur Rahardjo, Siti Nurhayati, Mukh Syaifudin, dan Teja Kisananto</i> | 103 |
| 12. | Pemantauan Pekerja Radiasi Dengan <i>Whole Body Counter</i> Sebagai Data Dasar Dosis Radiasi Internal
<i>Sugiyana</i> | 114 |
| 13. | Kajian Keselamatan dan Keamanan Sumber di Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder BATAN
<i>B.Y. Eko Budi Jumpeno dan Egnas Ekaranti</i> | 121 |
| 14. | Profil Protein <i>Escherichia coli</i> Hasil Inaktivasi Dengan Iradiasi Gamma pada Dosis 600-800 Gy
<i>Ario Putra Pamungkas dan Irawan Sugoro</i> | 135 |
| 15. | Perencanaan Keselamatan dan Perlindungan Radiasi pada Ruang Operasi Brakiterapi MDR-IB-10
<i>Tri Harjanto</i> | 143 |
| 16. | Pemetaan Radioaktivitas ^{40}K , ^{226}Ra dan ^{232}Th dalam Sampel Tanah dari Pulau Bangka
<i>Wahyudi, Syarbaini dan Kusdiana</i> | 154 |
| 17. | Faktor Transfer ^{137}Cs dari Tanah ke Daun Singkong
<i>Leli Nirwani</i> | 166 |
| 18. | Optimasi Pencucian dan Pengeringan Bahan Baku Pembuatan Sintesis ZOC-2 untuk Meminimalkan Limbah
<i>Tundjung Indrati Y, Sajima, dan Sudaryadi</i> | 176 |
-

19.	Kandungan Radionuklida ^{226}Ra dalam Sampel Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Menggunakan Spektrometer Alfa <i>Nurul Karim, Sutanto dan Asep Setiawan</i>	188
20.	Konsentrasi Stronsium-90 Dalam Biota Laut dan Susu Sapi <i>Nur Arini Azizah, Asep Setiawan dan Sutanto</i>	197
21.	Distribusi Butiran Partikel dan Kontribusi Sumber Sedimen Dengan Pendekatan Model Matematis Sederhana <i>Tommy Hutabarat</i>	202
22.	Perbandingan Persentase Metafase Pertama (M1) dan Kedua (M2) Sel Limfosit Darah Tepi Yang Diiradiasi Sinar Gamma Dengan Variasi Waktu Pengkulturan <i>Masnelli Lubis dan Viria Agesti Suvifan</i>	212
23.	Sistem Akuntansi Limbah Radioaktif Terpadu di PTKMR <i>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, dan Farida Tusafariah</i>	220
24.	Proliferasi Limfosit pada Organ Limpa dan Thymus Mencit Paska Inokulasi <i>P.Bergei</i> Radiasi <i>Darlina, Enbun Ma'rufah, dan Warsih</i>	231
25.	Persentase Parasit pada Mencit (<i>Mus musculus</i>) Pasca Imunisasi Berulang dan Uji Tantang dengan <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi Gamma dengan <i>Adjuvant Alhidroyel</i> <i>Tur Rahardjo</i>	240
26.	Analisis Peluruhan Samarium-153 menggunakan Sistem Pencacah Kamar Pengion Capintec CRC-7BT <i>Eko Pramono dan Wijono</i>	248
27.	Analisis Statistik Ketidakpastian Faktor Konversi pada Sistem Gamma Counter Manual Abbot RE-0785 Menggunakan Sumber Standar I-129 <i>Sarjono dan Wijono</i>	257
28.	Penentuan Radionuklida Pemancar Gamma Dalam Sampel Air Uji Profisiensi 2012 <i>Wahyudi, Eko Pujadi dan Muji Wiyono</i>	262
29.	Rancang Bangun Pengendali pH dan Temperatur pada Koagulator dengan Metode ON-OFF <i>Nugroho Trisanyoto, Dwi Handoko, dan Joko Sunardi</i>	273

30.	Analisis Panas Lebih pada Modul Panel Listrik Motor Pompa JE01 AP003 Sistem Pendingin Primer RSG-GAS <i>Teguh Sulisty, M. Taufiq, Adin Sudirman, dan Yuyut Suraniyanto</i>	285
31.	Kalibrasi Dosimeter CaSO ₄ :Dy Terhadap Sr-90 Untuk Menghitung Dosis Beta <i>Rofiq Syaifudin, Sri Subandini L, dan Fendinugroho</i>	298
32.	Penentuan Konsentrasi <i>Sitochalasin B</i> Dalam Pembentukan Sel Binukleat pada Uji Mikronuklei <i>Sofiaty Purnami, Masnelli Lubis dan Yanti Lusiyanti</i>	305
33.	Variasi Suplemen Serum dalam Kultur <i>In Vitro Plasmodium falciparum</i> untuk Pengembangan Vaksin Malaria Irradiasi <i>Siti Nurhayati dan Teja Kisananto</i>	314
34.	Pengukuran Reaktivitas Batang Kendali Reaktor Kartini Pasca Perbaikan <i>Reactivity Computer</i> Type R-20A <i>Dewita dan Marsudi</i>	323
35.	<i>Benchmarking</i> Program Pemantauan Radiasi Lingkungan di Beberapa Negara terhadap Pedoman IAEA <i>Nurlaila dan Yuliasuti</i>	331
36.	Pengolahan Limbah <i>Methylen Blue</i> dengan TiO ₂ dimodifikasi Cu dan N <i>Agus Salim Afrozi, Auring R, Sulistioso GS, dan Joko Nurchamid</i>	343
37.	Pengujian <i>Automatic Exposure Control (AEC)</i> pada Pesawat Sinar-X Mamografi <i>Dewi Kartikasari, Helfi Yuliati, Dyah Dwi Kusumawati dan Suyati</i>	353
38.	Penentuan Laju Dosis Serap Air Berkas Elektron Pesawat <i>Linac Electa Sinergy Platform</i> Menggunakan Fantom Air PTW dan 1D Scanner <i>Sun Nuclear</i> <i>Sri Inang Sunaryati dan Nurman Rajagukguk</i>	359
39.	Benefisasi Pasir Zirkon untuk Umpan Pembuatan Zirkon <i>Opacifier</i> <i>Sajima</i>	367
40.	Upaya Peningkatan Derajat Keselamatan dan Kesehatan Pekerja Radiasi <i>Farida Tusafariah, Rr.Djarwanti, RPS, dan Suhaedi Muhammad</i>	377
41.	Uji Kontrol Kualitas Kamera Gamma Mediso AnyScan S di Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi <i>Prasetya Widodo dan Nur Rahmah Hidayati</i>	386

-
- | | | |
|-----|---|-----|
| 42. | Identifikasi dan Penentuan Konsentrasi ^{210}Po dalam Lumpur (<i>Sludge</i>) Hasil Industri Menggunakan Spektrometer Alfa
<i>Mastika Kartika Chandra, Sutanto, dan Asep Setiawan</i> | 395 |
| 43. | Simulasi MCNPX untuk Efisiensi Pencacah Alfa-Beta dalam Pengukuran Radioaktivitas Tanah
<i>Rasito, Zulfakhri, Juni Chussetijowati, dan Putu Sukmabuana</i> | 405 |
| 44. | Rancang Bangun Monitor Kebisingan di Tempat Kerja Berbasis Mikrokontroler Atmega 8
<i>Muhammad Khoiri, Joko Sunardi, dan Jauhani Setiyawan</i> | 415 |
| 45. | Studi Awal Evaluasi Perbandingan Performa Algoritma Berbasis <i>Gradient-descent</i> , <i>Simulated Annealing</i> , dan <i>Hybrid</i> pada Kasus Optimasi <i>Segmented-weight</i> untuk Prism TPS
<i>Yati Hardiyanti, Mohammad Haekal, Abdul Waris dan Freddy Haryanto</i> | 426 |

FAKTOR TRANSFER RADIONUKLIDA ^{137}Cs DARI TANAH KE DAUN SINGKONG

Leli Nirwani

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - BATAN
Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

FAKTOR TRANSFER ^{137}Cs DARI TANAH KE DAUN SINGKONG. Telah dilakukan penelitian faktor transfer radionuklida ^{137}Cs dari tanah ke daun singkong dengan menggunakan percobaan pot. Percobaan pot dilaksanakan secara Rancangan Acak Lengkap dengan mengujikan 2 perlakuan yaitu pemberian tanah dengan dan tanpa radionuklida ^{137}Cs (kontrol) dengan ulangan masing-masing 12 kali. Masing-masing pot diisi dengan tanah 20 kg. Hasil panen ditentukan berat kering daun singkong dan dilakukan pengukuran dengan menggunakan Spektrometer Gamma terhadap konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong kering dan tanah kering. Dari hasil penelitian diperoleh nilai faktor transfer ^{137}Cs dari tanah ke daun singkong bervariasi antara 0,25 – 0,80 dengan nilai rerata 0,50.

Kata kunci : faktor transfer, ^{137}Cs , daun singkong.

ABSTRACT

Cs-137 TRANSFER FROM SOIL TO CASSAVA LEAF . It has been conducted Cs-137 transfer study from soil to cassava leaf by using pot treatment system. The aim of the research is to know the transfer factor of Cs-137 from soil to cassava leaf. Pot experiment was carried out by using the complete random design to evaluate two treatment, namely soil with Cs-137 and soil without Cs-137 (as a control). Tested plant and control plant amount to 12 pots. Each pot contains 20 kg of soil. After harvest, it was determined the weight of dry cassava leaf and conducted measurement with Spectrometer Gamma to Cs-137 concentration in dry cassava leaf and dry soil. Transfer factor was found between 0,25 with 0,80 and the average is 0.50.

Key words : transfer factor, ^{137}Cs , cassava leaf

I. PENDAHULUAN

Pengkajian dosis radiasi interna karena masuknya radionuklida ke dalam tubuh manusia yang berkaitan dengan lepasan radionuklida dari instalasi nuklir dapat dilakukan dengan suatu model pengkajian radiologik. Dalam perhitungannya model pengkajian radiologik tersebut memerlukan parameter transfer radionuklida [1]. Saat ini

untuk wilayah tropis dan sub tropis data faktor transfernya belum tersedia. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai studi transfer radionuklida pada komponen lingkungan di Indonesia. Faktor transfer yang diperoleh dari hasil penelitian ini juga dapat dijadikan masukan untuk IAEA dalam menyusun buku pegangan parameter transfer untuk wilayah tropis[2].

Setiap komponen lingkungan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mengakumulasi suatu radionuklida, dan kemampuan suatu komponen lingkungan berbeda pula dalam mengakumulasi berbagai jenis radionuklida. Perbandingan antara konsentrasi radionuklida yang terakumulasi di dalam satu komponen lingkungan dengan konsentrasi radionuklida yang terakumulasi pada komponen lingkungan lain yang mentransfer radionuklida yang sama disebut faktor transfer. Faktor transfer adalah perbandingan konsentrasi radionuklida dalam tanaman kering dengan konsentrasi radionuklida dalam tanah kering (Bq/g tanaman kering/Bq/g tanah kering) [1].

Data faktor transfer diperlukan sebagai salah satu parameter dalam perhitungan pengkajian dosis radiasi interna karena masuknya radionuklida ke dalam tubuh manusia melalui jalur tanah – tanaman – manusia yang berkaitan dengan lepasan radionuklida dari instalasi nuklir. Beberapa hal yang mempengaruhi faktor transfer adalah jenis radionuklida, jenis tanaman, jenis tanah, sifat fisika tanah (tekstur tanah) dan sifat kimia tanah (pH tanah, kandungan bahan organik tanah, dan kapasitas tukar kation tanah) [2].

Radionuklida ^{137}Cs merupakan radionuklida hasil fisi juga dari instalasi nuklir, mempunyai umur paro panjang dan radiotoksitasnya tinggi [3]. Radionuklida ^{137}Cs memancarkan radiasi γ pada energi 661,66 dengan $P_{\gamma}= 0,85$ dan mempunyai

waktu paro sekitar 30 tahun. ^{137}Cs dalam atmosfer dapat masuk ke dalam tanah yang selanjutnya dapat juga sampai ke tanaman. ^{137}Cs cenderung diikat oleh tanah sehingga sedikit sekali yang terserap oleh akar tanaman. ^{137}Cs dapat masuk ke dalam tubuh secara langsung bila mengkonsumsi makanan dari tanaman yang terkontaminasi. Apabila masuk ke dalam tubuh, ^{137}Cs dapat mengendap pada hampir semua jaringan lunak tubuh manusia, karena mempunyai sifat yang sama dengan unsur stabil Kalium (K) [3,4].

Radionuklida ^{137}Cs memancarkan radiasi γ pada energi 661,66 dengan $P_{\gamma}= 0,85$ dan mempunyai waktu paro sekitar 30 tahun. ^{137}Cs dalam atmosfer dapat masuk ke dalam tanah yang selanjutnya dapat juga sampai ke tanaman. ^{137}Cs cenderung diikat oleh tanah sehingga sedikit sekali yang terserap oleh akar tanaman. ^{137}Cs dapat masuk ke dalam tubuh secara langsung bila mengkonsumsi makanan dari tanaman yang terkontaminasi. Apabila masuk ke dalam tubuh, ^{137}Cs dapat mengendap pada hampir semua jaringan lunak tubuh manusia, karena mempunyai sifat yang sama dengan unsur stabil Kalium (K) [3,4].

Tanaman singkong merupakan salah satu tanaman umbi-umbian yang banyak dikonsumsi masyarakat di Indonesia. Singkong (*Manihot esculenta*) adalah sejenis tanaman yang umbinya (akarnya) dapat dimakan dan juga daunnya dimasak jadi sayuran. Umbi singkong merupakan sumber

energi yang kaya karbohidrat yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia, sedangkan daun singkong mengandung asam amino metionin[5].

Pohon singkong dapat tumbuh hingga 1-4 meter dengan daun besar yang menjari dengan 5 hingga 9 belahan lembar daun. Batangnya memiliki pola percabangan yang khas, yang keragamannya tergantung pada kultivar. Singkong, yang juga dikenal sebagai ketela pohon atau ubi kayu, adalah pohon tahunan tropika dan subtropika dari keluarga Euphorbiaceae[6].

Klasifikasi Tanaman Singkong
Kingdom: Plantae (Tumbuhan), Sub kingdom: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh), Super Divisi: Spermatophyta (Menghasilkan biji), Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga), Kelas: Magnoliopsida (berkeping dua dikotil), SubKelas: Rosidae, Ordo: Euphorbiales, Famili: Euphorbiaceae, Genus: Manihot, Spesies: *Manihot esculenta* Crantz [7].

Tanaman singkong tumbuh dengan baik pada Curah hujan antara 1.500-2.500 mm/tahun. Suhu udara minimal sekitar 10 derajat C. Bila suhunya di bawah 10 derajat C menyebabkan pertumbuhan tanaman sedikit terhambat, menjadi kerdil karena pertumbuhan bunga yang kurang sempurna. Kelembaban udara optimal antara 60-65%. Sinar matahari yang dibutuhkan sekitar 10 jam/hari terutama untuk kesuburan daun dan perkembangan umbinya. Tanah yang paling

sesuai adalah tanah yang berstruktur remah, gembur, tidak terlalu liat dan tidak terlalu porous serta kaya bahan organik. Tanah dengan struktur remah mempunyai tata udara yang baik, unsur hara lebih mudah tersedia dan mudah diolah. Untuk pertumbuhan tanaman ketela pohon yang lebih baik, tanah harus subur dan kaya bahan organik baik unsur makro maupun mikronya. Jenis tanah yang sesuai adalah jenis aluvial latosol, podsolik merah kuning, mediteran, grumosol/vertisol dan andosol. Derajat keasaman (pH) tanah yang sesuai berkisar antara 4,5-8,0 dengan pH ideal 5,8[5.6].

Sehubungan dengan belum lengkapnya data faktor transfer dari tanah ke tanaman di daerah tropis, maka perlu dilakukan penelitian faktor transfer dari berbagai jenis tanaman ke berbagai jenis tanah yang ada di Indonesia. Data tersebut akan dapat digunakan sebagai bahan masukan kepada IAEA dalam penyusunan *Hand Book* parameter faktor transfer.

II. TATA KERJA

Pengujian contoh tanah

Contoh tanah yang digunakan sebagai media tanaman diambil tanah permukaan dengan kedalaman sampai 20 cm. Tanah yang telah kering ditumbuk dan disaring dengan ayakan bermata saring 2 mm untuk analisis pendahuluan meliputi: pH, bahan organik, tekstur, konsentrasi P, K, Al, H, dan Nilai Tukar Kation yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat

di Bogor. Selain itu, dilakukan juga pengukuran ^{137}Cs dalam tanah kering sebelum dilakukan percobaan pot di PTKMR – BATAN.

Percobaan pot

Percobaan dilaksanakan secara Rancangan Acak Lengkap yang mengujikan 2 perlakuan yaitu pemberian tanah dengan dan tanpa radionuklida ^{137}Cs dengan ulangan masing-masing 12 kali. Pada setiap pot diisi tanah yang telah kering, ditumbuk dan disaring dengan memakai ayakan bermata saring 2 mm lalu diaduk merata dan ditimbang seberat 20 kg dan ditempatkan dalam pot.

Setelah contoh tanah diberikan ^{137}Cs , didiamkan selama 1 bulan untuk mencapai kesetimbangan. Stek batang singkong ditanam sebanyak 2 potong per pot. Pupuk N, P dan K diberikan untuk menjaga kesetimbangan unsur hara dalam tanah. Penyiraman dengan air dilakukan setiap hari. Pengendalian hama digunakan Decis 2,5 EC secara penyemprotan yang dilakukan bila ada serangan hama.

Analisis dan pengukuran

Panen tanaman dilakukan pada saat tanaman berumur 139 hari, setelah panen tanaman dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam. Tanaman kering ditimbang untuk penentuan bobot kering tanaman. Tanaman kering dimasukkan dalam vial dan ditutup. Kemudian dilakukan

pengukuran ^{137}Cs dengan alat Spektrometer Gamma.

Tanah pasca panen dikeringkan, lalu ditimbang seberat 100 gram dan dimasukkan ke dalam vial, untuk dilakukan pengukuran ^{137}Cs dengan alat Spektrometer Gamma. Penghitungan :

1. Model Statistik dari Rancangan Acak Lengkap yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ik} = U + a_i + c + k + E_{ik} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

Y_{ik} : nilai pengamatan perlakuan ke-i dan ulangan ke- k

U : nilai rata-rata umum

a_i : perlakuan pemberian radionuklida Cs-137

k : ulangan (12 kali)

c : pengaruh perlakuan pemberian radionuklida Cs-137 ke I

c_k : pengaruh ulangan ke-k

E_{ik} : pengaruh acak dari pemberian radionuklida Cs-137 ke-i, dan ulangan ke-k.

Konsentrasi ^{137}Cs dalam daun dan tanah ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$A \text{ (Bq/gr)} = \frac{C_c - C_b}{E \cdot Y \cdot 60 \cdot W} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

A : konsentrasi ^{137}Cs dalam tanaman atau tanah (Bq/gr)

C_c : laju cacah sampel (cps)

C_b : laju cacah latar belakang (cps)

E : efisiensi pencacahan (%)

Y : kelimpahan energi gamma ^{137}Cs

60 : faktor konversi dari dpm ke Bq

W : berat contoh (gr)

3. Faktor Transfer radionuklida ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$FT = \frac{A_{tm}}{A_{tn}} \dots \dots \dots (3)$$

dengan :

FT. : faktor transfer radionuklida

A_{tm} : konsentrasi ^{137}Cs dalam contoh/daun kering (Bq/gr)

A_{tn} : konsentrasi ^{137}Cs dalam tanah kering (Bq/gr)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis fisika dan kimia tanah

Hasil analisis kimia dan fisika pada tanah sebelum digunakan sebagai media tanam tanaman singkong yang dilakukan di Balai Penelitian Tanah Bogor ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari hasil analisis tekstur tanah dapat dikategorikan bahwa tanah yang digunakan sebagai media tanam pada percobaan ini termasuk tanah **lempung liat berdebu**. Sedangkan dari analisis kimia tanah, diperoleh pH tanahnya **5,9** yang nilainya tdk berbeda jauh dengan nilai pH ideal untuk pertumbuhan singkong adalah **5,8**.

Tabel 1. Hasil analisis fisika dan kimia pada contoh tanah

No.	Parameter	Unsur/Senyawa	Kadar/Nilai
1.	Tekstur	Pasir	10%
		Debu	33%
		Liat	57%
2.	Bahan Organik	C	1,65%
		N	0,13%
		C/N	13
3.	P dan K (HCl 25%)	P ₂ O ₅	169 mg/100g
		K ₂ O	61 mg/100g
	P (olsen)	P ₂ O ₅	79 ppm
4.	Nilai Tukar Kation (NH ₄ - Acetat 1N, pH=7)	Ca	7,57 cmol(+)/kg
		Mg	2,78 cmol(+)/kg
		K	1,14 cmol(+)/kg
		Na	3,73 cmol(+)/kg
		KTK	10,96 cmol(+)/kg
		KB	>100%
5.	Al & H (KCl 1N)	Al ⁺³	0,00 cmol(+)/kg
		H ⁺	0,02 cmol(+)/kg
6.	PH : H ₂ O		5,9
		KCl	5,7

Tabel 2. Kriteria Penilaian Sifat-sifat Kimia Tanah (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 1994).

Sifat tanah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
C (%)	<1,00	1,00 – 2,00	2,01 – 3,00	3,01 – 5,00	>5,00	
N (%)	<0,10	0,10 – 0,20	0,21 – 0,50	0,51 – 0,75	>0,75	
C/N	<5	5 - 10	11 – 15	16 – 25	>25	
P ₂ O ₅ HCl (mg/100g)	<10	10 - 20	21 – 40	41 – 60	>60	
P ₂ O ₅ Bray 1 (ppm)	<10	10 - 15	16 – 25	26 – 35	>35	
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	<10	10 - 25	26 – 45	46 – 60	>60	
K ₂ O HCl 25 % (mg/100g)	<10	10 - 20	21 – 40	41 – 60	>60	
KTK (mg/100g)	<5	5 - 16	17 – 24	25 – 40	>40	
Susunan kation:						
K (me/100g)	<0,1	0,1 – 0,2	0,3 – 0,5	0,6 – 1,0	>1,0	
Na (me/100g)	<0,1	0,1 – 0,3	0,4 – 0,7	0,8 – 1,0	>1,0	
Mg (me/100g)	<0,4	<0,4 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 8,0	>8,0	
Ca (me/100g)	<2	2 - 5	6 – 10	11 – 20	>20	
Kejenuhan Basa (%)	<20	20 - 35	36 – 50	51 – 70	>70	
Kejenuhan Aluminium (%)	<10	10 - 20	21 – 30	31 – 60	>60	
	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5 – 5,5	5,6 – 6,5	6,6 – 7,5	7,6 – 8,5	>8,5

Dari hasil analisis tanah pendahuluan diperoleh kandungan bahan organik tanahnya termasuk rendah, hal ini akan mempengaruhi faktor transfer yang rendah pula karena tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman singkong mengandung bahan organik yang cukup tinggi. Kandungan P dan K tanah cukup tinggi yang menghasilkan pertumbuhan tanaman cukup baik. Nilai Tukar Kation tanah antara sedang hingga sangat tinggi.

Kapasitas Tukar Kation tanah cukup rendah yang berpengaruh pada faktor transfer yang rendah pula.

Berat kering

Data berat kering daun singkong yang diperoleh setelah panen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel.3. Berat Kering daun singkong (g)

Ulangan	Perlakuan dengan ¹³⁷ Cs	Perlakuan tanpa ¹³⁷ Cs
1	14,70	10,57
2.	17,06	-
3	21,15	15,16
4.	20,09	17,73
5.	13,39	12,81
6.	25,84	13,31
7.	35,06	15,07
8.	25,49	16,28
9.	20,20	9,73
10.	17,05	11,95
11.	9,34	5,82
12.	17,88	4,69
Rerata	20,93	11,09

Keterangan : - tidak ada data

Berat kering daun singkong yang dikontaminasi Cs-137 diperoleh antara 9,34 gram sampai 35,06 gram dengan nilai rerata 20,93 gram. Sedangkan berat kering daun singkong kontrol (tanpa Cs-137) diperoleh antara 4,69 gram sampai 17,73 gram dengan nilai rerata 11,09 gram. Kadar air dalam daun singkong rata-rata 75,58% mendekati nilai 80% sesuai yang dilaporkan dalam IAEA [9]. Pengaruh pemberian Cs-137 terhadap berat kering daun singkong disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Anova Berat Kering daun singkong

SK	Perlakuan	Total	Galat
DB	11	23	22
JK	203,29	1008,24	804,95
KT	18,48	43,84	36,59
F.HIT	0,50 ^m		
F.Tabel(0,05)	2,26		

Keterangan : tn = tdk berpengaruh nyata

Dari hasil sidik ragam diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa pemberian Cs-137

tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering daun singkong.

Konsentrasi Cs-137

Data konsentrasi Cs=137 dalam daun singkong dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong(Bq/g)

Ulangan	Perlakuan DSA	Perlakuan DSK
1	2,38	ttd
2	1,32	ttd
3	1,58	Ttd
4	3,27	Ttd
5	0,33	Ttd
6	0,81	Ttd
7	0,12	Ttd
8	0,06	Ttd
9	0,31	Ttd
10	0,26	Ttd
11.	5,64	Ttd
12.	1,42	Ttd
Rerata	1,47	Ttd

Konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong yang dikontaminasi Cs-137 diperoleh antara 0,12 Bq/g sampai 3,27 Bq/g dengan nilai rerata 1,47 Bq/g. Sedangkan konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong kontrol (tanpa Cs-137) diperoleh semua tanaman control tidak terdeteksi.

Pengaruh pemberian Cs=137 terhadap konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Anova Konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong

SK	Perlakuan	Total	Galat
DB	11	23	22
JK	12,80	69,03	56,23
KT	1,16	3,00	2,56
F.HIT	0,45 ^{tn}		
F.Tabel(0,05)	2,26		

Keterangan : tn = tdk berpengaruh nyata

Dari hasil sidik ragam diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa pemberian Cs-137 tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi Cs-137 dalam daun singkong

Faktor transfer

Nilai faktor transfer Cs-137 dari tanah ke daun singkong dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Faktor transfer ¹³⁷Cs dari tanah ke daun singkong

Ulangan	Konsentrasi ¹³⁷ Cs dalam tanaman kering (Bq/g)	Konsentrasi ¹³⁷ Cs dalam tanah kering (Bq/g)	Faktor Transfer
1	2,38	4,32	0,55
2	1,32	2,69	0,37
3	1,58	2,31	0,68
4	3,27	5,53	0,59
5	0,33	0,67	0,49
6	0,81	2,29	0,35
7	0,12	0,20	0,60
8	0,06	0,22	0,27
9	0,31	1,20	0,25
10	0,26	0,39	0,66
11.	5,64	7,02	0,80
12.	1,42	3,16	0,44
		Rerata	0,50

Faktor transfer Cs-137 dari tanah ke daun singkong yang diperoleh antara 0,25 sampai 0,80 dengan nilai rerata 0,5. Nilai

faktor transfer yang diperoleh ini cukup tinggi karena jenis tanah yang digunakan sebagai media tanam yaitu grumusol/vertisol dan pH tanah 5,9, cukup ideal untuk pertumbuhan tanaman singkong. Hasil yang diperoleh ini berada pada rentang 0,0003- 0,98 sebagaimana yang dilaporkan IAEA [10].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian diperoleh nilai faktor transfer ¹³⁷Cs dari tanah ke daun singkong bervariasi antara 0,25 – 0,80 dengan nilai rerata 0,50. Data ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi IAEA dalam penyusunan *Hand Book* parameter faktor transfer

Disarankan bahwa perlu dilakukan penelitian faktor transfer dari berbagai jenis tanah dan tanaman pangan lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Mashud, Bapak Mian dan kawan-kawan yang telah banyak membantu hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA:

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Hand Book of Parameter values for the Prediction of radionuclide transfer in temperate environments*. Technical Report Series No. 364, Vienna, 1994.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases*,

- Procedures and data, Safety Series No.57, Vienna, 1982.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Measurement of Radionuclides in Food and The Environment Tec. Rep. Ser. No. 295, Vienna, 1989.
 - MUKHLIS AKHADI, Dasar-dasar Proteksi Radiasi, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 2000.
 - "<http://id.wikipedia.org/wiki/Singkong>", (28/2/2008).
 - Anonim, Budidaya Tanaman Singkong/Ketela Pohon, Indoskripsi.com.13 Maret 2008.
 - Budidaya Singkong (Manihot esculenta) Posted by: mastani, 10 Maret 2009
 - SARWONO HARDJOWIGENO, Ilmu Tanah. PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta, 1987
 - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of Radionuclide transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for radiological Assessments TECDOC-1616, Vienna, 2009
 - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Hand Book of Parameter values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial environments. Technical Report Series No. 472, Vienna, 2010.

TANYA JAWAB

- Penanya : Pujadi
Pertanyaan :
 - Ada perbedaan konsentrasi Cs-137 yang relatif tinggi, mengapa?
No.8 : 0,06 Bq/g
No.11 : 5,64 Bq/g
 - Kenapa hanya diambil pada panen 139 hari ?

Jawaban :

- Kemungkinan perbedaan konsentrasi yang diperoleh karena *uptake* tanaman yang berbeda, dengan adanya pengulangan 12 kali diharapkan dapat diambil reratanya
- Karena dianggap sudah cukup untuk dipanen.

- Penanya : Rr. Djarwanti RPS

Pertanyaan :

- Mengapa dipilih daun singkong ?
- Bagaimana transfer ini diimplementasi untuk tanaman buah (pisang) atau padi ?

Jawaban :

- Daun singkong merupakan salah satu sayuran yang banyak dikonsumsi
- Dapat diimplementasikan juga untuk tanaman buah

- Penanya : Gatot Wurdianto

Pertanyaan :

- Bagaimana perbedaan faktor transfer yang digunakan media yang berbeda, misalnya dengan pot atau tanah luas ?
- Untuk apa data faktor transfer ini, adakah pemanfaatan yang lebih luas ?

Jawaban :

- Kita belum punya data percobaan faktor transfer di tanah luas
- Untuk digunakan pengkajian dosis radiasi interna jalur tanah-tanaman-manusia akibat lepasan instalasi nuklir

Lampiran.1. Diagram Segitiga Tekstur tanah menurut USDA (Soil Survey Staff, 1990)

