

FAKTOR TRANSFER ^{137}Cs dan ^{60}Co DARI TANAH KE TOMAT (*Solanum lycopersicum*)

Leli Nirwani dan Wahyudi

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi
Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

FAKTOR TRANSFER ^{137}Cs DAN ^{60}Co DARI TANAH KE TOMAT (*Solanum lycopersicum*). Telah dilakukan penelitian faktor transfer radionuklida ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke tomat, dengan percobaan pot yang ditempatkan di dalam rumah kaca. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data faktor transfer ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke Tomat. Setelah panen, tomat dan tanah dikeringkan dan ditimbang, kemudian ditempatkan di dalam vial dan diukur kandungan radioaktivitasnya menggunakan spektrometer gamma. Faktor transfer didapatkan dengan membandingkan konsentrasi radionuklida ^{137}Cs dan ^{60}Co pada contoh tomat kering dengan konsentrasi radionuklida ^{137}Cs dan ^{60}Co pada tanah kering. Faktor transfer ^{137}Cs pada tomat bervariasi antara 0,0037 – 0,0272 dengan nilai rerata 0,0148. Sedangkan faktor transfer ^{60}Co yang diperoleh pada tomat bervariasi antara 0 – 0,0064 dengan nilai rerata 0,0040.

Kata kunci : faktor transfer, ^{137}Cs , ^{60}Co , tomat

ABSTRACT

TRANSFER FACTOR OF ^{137}Cs AND ^{60}Co FROM SOIL TO TOMATO (*Solanum lycopersicu*). A study of ^{137}Cs and ^{60}Co transfer factor from soil to tomato has been conducted using pot treatment system in Green House. The aim of the research is to determine transfer factor of ^{137}Cs and ^{60}Co from soil to tomato. After harvest, the weight of dried tomato and soil was determined and radioactivity was measured by using gamma spectrometer. The transfer factor of ^{137}Cs in tomato obtained were from 0.0037 to 0.0272, with average of 0.0148. And the transfer factor of ^{60}Co in tomato obtained were from 0.0000 to 0.0064, with average of 0,0040.

Key words: transfer factor, ^{137}Cs , ^{60}Co , tomato

I. PENDAHULUAN

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 memancarkan radiasi γ pada energi 661,66 keV 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 ^{60}Co mempunyai waktu paro 5,27 tahun, memancarkan radiasi γ dengan $E = 1173,24 \text{ KeV}$ dan

1332,50 KeV dengan $P_{\gamma} = 0,99$ [5]. Di dalam tanah, Co biasanya sangat kecil seperti hasil analisa yang dikemukakan dari suatu tanah permukaan ditemukan jumlah Co sebanyak 8 ppm. Unsur ^{60}Co termasuk sebagai unsur hara mikro yang berguna bagi pertumbuhan tanaman dalam proses fiksasi nitrogen oleh bakteri simbiotik, penyusun vitamin B-12 yang penting untuk pembentukan hemoglobin pada bintil-bintil akar pengikat nitrogen [3,4].

Tomat adalah salah satu jenis sayuran yang banyak digemari masyarakat karena rasanya yang enak dan segar serta sebagai sumber vitamin. Termasuk jenis tanaman yang berbentuk perdu atau semak dengan panjang bisa mencapai 2 meter. Pada permukaan batangnya ditumbuhi banyak bulu halus, terutama bagian-bagian yang berwarna hijau. Diantara rambut-rambut tersebut biasanya terdapat rambut kelenjar [6,7]. Tomat termasuk Divisi : Magnoliophyta, Kelas : Magnoliopsida, Ordo : Solanales, Familia : Solanaceae, Genus : Solanum, Species: *S.lycopersicum* [7].

Sehubungan dengan belum lengkapnya data faktor transfer dari tanah ke tanaman di daerah tropis, perlu dilakukan penelitian faktor transfer dari berbagai jenis tanaman ke berbagai jenis

tanah yang ada di Indonesia, datanya akan dapat digunakan sebagai bahan masukan kepada IAEA dalam penyusunan *Hand Book* parameter faktor transfer.

II. TATA KERJA

II.1 Pengujian sampel tanah

Tanah yang diambil adalah tanah permukaan dengan kedalaman sampai 20 cm. Tanah dikeringkan kemudian ditumbuk dan disaring dengan ayakan bermata saring 2 mm digunakan untuk analisis pendahuluan meliputi: pH, bahan organik, tekstur, konsentrasi P, K, Al, H, dan nilai tukar kation yang dilakukan di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat di Bogor. Selain itu, dilakukan juga pengukuran ^{137}Cs dalam tanah kering sebelum dilakukan percobaan pot.

Percobaan dilaksanakan secara rancangan acak lengkap mengujikan 2 perlakuan yaitu pemberian tanah dengan dan tanpa radionuklida ^{137}Cs dan ^{60}Co dengan ulangan masing-masing 12 kali. Pada setiap pot diisi tanah yang telah kering udara, ditumbuk dan disaring dengan memakai ayakan bermata saring 2 mm lalu diaduk merata dan ditimbang seberat 5 kg.

Aktivitas radionuklida ^{137}Cs dan ^{60}Co yang diberikan masing-masing adalah 7,5287 kBq/pot dan. Setelah

Dengan demikian maka pada tulisan ini disajikan hasil penelitian faktor transfer . ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke tanaman tomat.

contoh tanah diberikan ^{137}Cs dan ^{60}Co , didiamkan selama 1 bulan untuk mencapai kesetimbangan. Benih pare ditanam sebanyak 3-5 benih per pot. Pupuk N, P dan K diberikan untuk menjaga kesetimbangan unsur hara dalam tanah. Pupuk N diberikan dalam bentuk Urea sebanyak 35,20 mg/pot, P dan bentuk TSP dengan takaran 100 mg/pot dan K dalam bentuk KCL dengan takaran 50 mg/pot. Pupuk urea yang digunakan mengandung 45% N, pupuk P mengandung 46% P_2O_5 dan pupuk KCL mengandung 60% K_2O . Penyiraman dengan air dilakukan setiap hari. Pengendalian hama digunakan Decis 2,5 EC secara penyemprotan yang dilakukan bila ada serangan hama.

II.2 Analisis dan pengukuran

Panen tanaman dilakukan pada saat tanaman berumur 47 hari, setelah panen tanaman dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam. Tanaman kering ditimbang untuk penentuan bobot kering tanaman. Tanaman kering ditumbuk dan dimasukkan dalam vial dan ditutup. Kemudian dilakukan pengukuran

¹³⁷Cs dan ⁶⁰Co menggunakan spektrometer gamma.

Tanah pasca panen dikeringkan, lalu ditimbang seberat 25 gram dan dimasukkan ke dalam vial, untuk dilakukan pengukuran ¹³⁷Cs dan menggunakan spektrometer gamma.

Penghitungan :

1. Konsentrasi Cs-137 dan ⁶⁰Co dalam tanaman dan tanah ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$A \text{ (Bq/gr)} = \frac{C_c - C_b}{E \cdot Y \cdot 60 \cdot W} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

dengan : A = Konsentrasi ¹³⁷Cs dan ⁶⁰Co dalam tanaman atau tanah (Bq/gr)

Cc = Laju cacah sampel (cps)

Cb = Laju cacah latar belakang (cps)

E = Efisiensi pencacahan (%)

Y = kelimpahan energi gamma ¹³⁷Cs

60 = faktor konversi dari dpm ke Bq

W = berat contoh (gr)

2. Faktor Transfer radionuklida ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini

$$FT = \frac{AT_m}{AT_n} \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

FT. = Faktor transfer radionuklida

AT_m = Konsentrasi ¹³⁷Cs dan ⁶⁰Co dalam contoh kering (Bq/gr)

AT_n = Konsentrasi ¹³⁷Cs dan ⁶⁰Co dalam tanah kering (Bq/gr)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Tabel 1. Hasil analisis kimia dan fisika pada contoh tanah

No.	Parameter	Unsur/Senyawa	Kadar/Nilai
1.	Tekstur	Pasir	4%
		Debu	30%
		Liat	66%
2.	Bahan Organik	C	1,85%
		N	0,13%
		C/N	14
3.	P dan K (HCl 25%)	P ₂ O ₅	183 mg/100g
		K ₂ O	55 mg/100g
		P (Bray 1)	65 ppm
4.	Nilai Tukar Kation (NH ₄ - Acetat 1N, pH=7)	Ca	9,13 cmol(+)/kg
		Mg	3,73 cmol(+)/kg
		K	0,58 cmol(+)/kg
		Na	0,00 cmol(+)/kg
		KTK	17,34 cmol(+)/kg

		KB	78%
5.	Al & H (KCl 1N)	Al ⁺³	0,00 cmol(+)/kg
		H ⁺	0,04 cmol(+)/kg
6.	PH : H ₂ O		6,0
	KCl		5,0

Dari hasil analisis tanah ini dapat dilihat bahwa tekstur contoh tanah mengandung liat 85 % ,hal ini sesuai dengan karakteristik tanah Latosol mengandung liat di atas 60% [3]. Kandungan bahan organik tanah tersebut

tergolong rendah dengan nilai batas yang dapat dilihat pada Tabel 2. Ini berarti bahwa tingkat kesuburannya rendah yang akan berakibat pada nilai faktor transfer yang rendah pula.

Tabel 2. Kriteria penilaian sifat kimia tanah (Pusat Penelitian 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

Faktor lain yang menentukan nilai faktor tansfer adalah keasaman (pH) tanah, dimana pada contoh tanah ini pHnya bersifat asam yang akan

berpengaruh kurang baik pada pertumbuhan tanaman tomat, dimana pH tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah tanah yang gembur

dan subur (tidak asam). Untuk mengatasi hal ini, telah diberikan pupuk standar (Urea, TSP dan KCL), agar pertumbuhan

tanaman tomat tumbuh dengan baik. Data berat kering tomat yang diperoleh setelah panen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Berat kering tanaman tomat (gr)

Ulangan	Perlakuan dengan ^{137}Cs dan ^{60}Co	Perlakuan tanpa ^{137}Cs dan ^{60}Co
1	4,10	7,46
2	12,13	3,66
3	26,74	5,92
4	7,77	1,05
5	2,90	0,60
6	0,66	-
7	5,32	0,46
8	0,74	1,82
9	5,54	8,38
10	-	5,33
	Rerata= 7,32	Rerata =3,85

Ket : - = tanaman mati

Hasil penelitian yang diperoleh yaitu berat kering tomat yang diberikan ^{137}Cs dan ^{60}Co bervariasi antara 0,74 – 26,74 gr dengan nilai rerata 7,32 dan pada tomat kontrol bervariasi antara 0,46 - 8,38 gr dengan nilai rerata 3,85 (Tabel 3.). Berat kering tertinggi ditemukan pada tomat yang media tanahnya diberikan ^{137}Cs dan ^{60}Co , ini berarti telah terjadi Konsentrasi ^{137}Cs dalam tanaman tomat yang diberikan ^{137}Cs bervariasi antara tidak terdeteksi sampai 4,15 Bq/g dengan nilai rerata 2,67 Bq/gr tanaman kering dan pada tanaman tomat kontrol (tanpa ^{137}Cs) semuanya tidak terdeteksi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Konsentrasi ^{60}Co dalam tanaman tomat yang diberikan

transfer ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke tomat yang berakibat pada pertambahan berat kering tomat. Hal ini dimungkinkan karena sifat Caesium sama dengan Kalium (sama-sama Gol. I), dimana Kalium merupakan unsur hara makro dan Cobalt merupakan unsur hara mikro yang sama-sama di perlukan oleh tanaman untuk pertumbuhannya.

^{60}Co bervariasi antara tidak terdeteksi sampai 1,74 Bq/g dengan nilai rerata 0,65 Bq/gr tanaman kering dan pada tanaman tomat kontrol (tanpa ^{60}Co) semuanya tidak terdeteksi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Data Faktor transfer ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke tomat tercantum dalam Tabel 5.

Konsentrasi ^{137}Cs dan ^{60}Co dalam tanaman tomat (Bq/gr) tertera dalam Tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi ^{137}Cs dan ^{60}Co dalam tomat (Bq/gr)

Ulangan	Perlakuan dengan ^{137}Cs	Perlakuan tanpa ^{137}Cs	Perlakuan dengan ^{60}Co	Perlakuan tanpa ^{60}Co
1	18,60	TTD	TTD	TTD
2	29,86	TTD	TTD	TTD
3	19,60	TTD	0,04	TTD
4	21,70	TTD	0,18	TTD
5	14,07	TTD	TTD	TTD
6	6,60	TTD	TTD	TTD
7	12,76	TTD	TTD	TTD
8	3,91	TTD	TTD	TTD
9	16,04	TTD	1,74	TTD
10	-	TTD	-	TTD
	Rerata=15,90	Rerata= TTD	Rerata=0,65	Rerata= TTD

Ket : - = tanaman mati

Tabel 5. Faktor transfer ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke tomat

No.	K o d e	Konsentrasi. ^{137}Cs dan ^{60}Co dalam tomat kering (Bq/g)		Konsentrasi . ^{137}Cs dan ^{60}Co dalam tanah kering (Bq/g)		Faktor Transfer	
		^{137}Cs	^{60}Co	^{137}Cs	^{60}Co	^{137}Cs	^{60}Co
1.	TA1	18,60	ttd	1345,60	309,15	0,0138	0.0000
2.	TA2	29,86	ttd	1096,96	291,81	0,0272	0.0000
3.	TA3	19,60	0,04	1079,01	270,99	0,0180	0,0001
4.	TA4	21,70	0,18	833,66	217,72	0,0260	0,0008
5.	TA5	14,07	ttd	1230,36	252,85	0,0114	0.0000
6.	TA6	6,60	ttd	933,01	244,86	0,0114	0.0000
7.	TA7	12,76	ttd	1074,36	273,21	0,0118	0.0000
8.	TA8	3,91	ttd	1054,76	256,00	0,0037	0.0000
9.	TA9	16,04	1,74	1113,09	270,92	0,0144	0,0064
10.	TA10	-	-	-	-	0.0000	0.0000
Rerata =						0,0148	0,0040

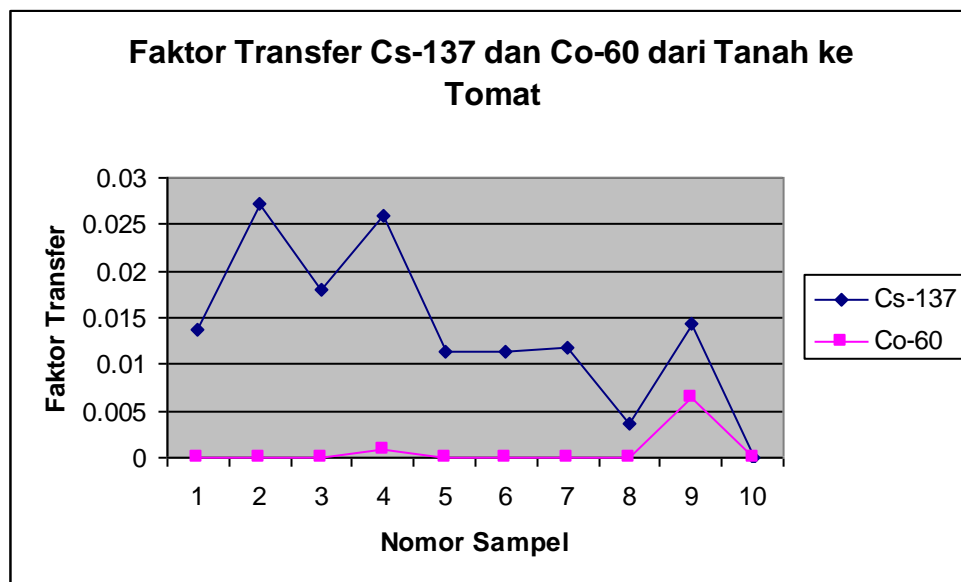
Nilai faktor transfer ^{137}Cs dari tanah ke tomat bervariasi antara 0,0037 – 0,0272 dengan nilai rerata 0,0148. Sedangkan faktor transfer ^{60}Co yang diperoleh pada tomat bervariasi antara 0 – 0,0064 dengan nilai rerata 0,0040.

Bahan-bahan anorganik termasuk unsur-unsur esensial diserap dari tanah dan diteruskan keatas melalui batang, bergerak keatas biasanya dalam xilem [8].

Hasil yang diperoleh ini lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh pada faktor transfer ^{137}Cs

dari tanah latosol ke tanaman cabe yaitu 0,0876 [9], hal ini kemungkinan disebabkan oleh jenis tanamannya dimana struktur buah cabe besar terdiri dari kulit, daging buah, dan di dalamnya terdapat sebuah plasenta sebagai tempat biji menempel secara tersusun, yang bila

dibandingkan dengan struktur buah tomat yg lebih banyak mengandung air [6,9]. hal ini memungkinkan transfer ^{137}Cs diserap dari tanah dan diteruskan keatas melalui batang pada tanaman cabe relatif lebih tinggi dibandingkan pada tanaman tomat.



Grafik1. Faktor transfer ^{137}Cs dan ^{60}Co dari tanah ke Tomat

Dari Grafik 1. dapat dilihat bahwa nilai faktor transfer ^{137}Cs lebih tinggi dari nilai faktor transfer ^{60}Co dari tanah ke tomat, hal ini dimungkinkan karena sifat Cesium yang mirip dengan Kalium (sama-sama Gol.I dalam Sistem berkala), dimana Kalium merupakan unsur hara makro yang lebih banyak diperlukan tanaman untuk pertumbuhannya dibanding Cobalt

merupakan unsur hara mikro yang lebih sedikit diperlukan tanaman untuk pertumbuhannya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian diperoleh nilai faktor transfer ^{137}Cs dari tanah yang ke tomat bervariasi antara 0,0037 – 0,0272 dengan nilai rerata 0,0148. Sedangkan

faktor transfer ^{60}Co dari tanah ke tomat bervariasi antara 0 – 0,0064 dengan nilai rerata 0,0040. 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 karena data faktor transfer radionuklida dari tanah ke tanaman daerah tropis masih sedikit.

6. ANONIM, Budidaya Tomat, <http://www.indonex.com/>
7. ANONIM, Tomat, <http://id.wikipedia.org/wiki/Tomat>, 1 September 2009
8. ADE IWAN SETIAWAN, Sayuran Dataran Tinggi, Budidaya dan Pengaturan Panen. Penerbit Penebar Swadaya, 1995.
9. LELI NIRWANI, WAHYUDI DAN JUMAHER, Faktor transfer radionuklida Cs dari tanah latosol ke Cabe (*Capsicum annuum L.*). Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan. Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, 23-24 Agustus 2001.

DAFTAR PUSTAKA:

1. IAEA, Hand Book of Parameter values for the Prediction of radionuclide transfer in temperate environments. Technical Report Series No. 364., Vienna, 1994.
2. IAEA, Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases, Procedures and data, Safety Series No.57, Vienna, 1982.
3. SOEPRAPTOHARDJO, Klasifikasi Tanah Indonesia, Lembaga Penelitian Tanah Indonesia, Bogor, 1975.
4. MUKHLIS AKHADI, Dasar-dasar Proteksi Radiasi,, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 2000.
5. IAEA, Measurement of Radionuclides in Food and The Environment Technical Report Series No. 295, Vienna, 1989.

TANYA JAWAB

1. Penanya : Bungkus Pratikno

Pertanyaan :

- Apakah telah dilakukan counting background Cs-137 dan Co-60 yang terkandung ditanah dan tomatnya?

Jawaban :

- Sudah dilakukan counting background Cs-137 dan Co-60 yang terkandung ditanah dan tomat.

2. Penanya : Supriyono

Pertanyaan :

- Apa tujuan jangka panjang penelitian?

- Bagaimana cara mendapatkan angka (nilai faktor transfer)?

Jawaban :

- Untuk mendapatkan nilai faktor transfer radionuklida hasil fisi dari tanah ke tanaman yang ada di Indonesia yang akan berguna untuk

pengkajian dosis interna dari jalur rantai makanan.

- Faktor transfer =

Kons. Kering tanaman

Kons. Kering tanah