

Konsentrasi Radiasi Gas Radon – Thoron pada Erupsi Gunung Sinabung dengan detector CR – 39

Meida Sitorus¹, Timbangan Sembiring^{2,3}, Eko Pujadi³

¹Mahasiswa Universitas Sumatera Utara

^{2,3}Program Magister Ilmu Fisika Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara

^{2,3}Departemen Fisika, Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara

¹Email : meida.sitorus@yahoo.com /no hp 081361394710

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang konsentrasi Radiasi Gas Radon – Thoron pasca Erupsi Gunung Sinabung terhadap penduduk Desa Sigarang-garang, Desa Sukanalu, Desa Guru Kinayan, Desa Namanteran. Penelitian ini dilakukan dengan metode pasif dengan sampel monitor Radon – Thoron buatan BATAN Jakarta dengan detector CR-39 didalam rumah penduduk disekitar Gunung Sinabung selama 2 bulan yaitu dari bulan Oktober 2014 – Desember 2014. Pada saat itu Gunung Sinabung terus – menerus meletus dan mengeluarkan abu dan awan panas yang sangat tebal ke desa-desa disekitarnya. Sampel Monitor Radon – Thoron ini dietsa di Laboratorium Pusat Teknologi Keselamatan dan Meterologi Radiasi BATAN Jakarta. Dari hasil proses dan etsa dilaboratorium diperoleh bahwa gas radioaktif Radon – Thoron masih dalam batas ambang dosis yang diperbolehkan oleh ICRP (Komisi Proteksi Radiasi Internasional) yaitu 1mSv/tahun kepada publik. Batas maksimum untuk Radon adalah 200 Bq/m³ dan untuk Thoron adalah 600 Bq/m³.

Kata kunci : Gas Radioaktif Radon – Thoron, Detector CR-39, Sampel Monitor dietsa.

PENDAHULUAN

Sumber Radiasi yang menyinari populasi manusia terdiri dari atas dua bagian yaitu sumber radiasi alam yang merupakan sifat alami dari alam dan sumber radiasi buatan yang merupakan kegiatan manusia. Paparan radiasi yang berasal dari sumber radiasi alam sangat penting karena merupakan bagian terbesar dari dosis kolektif pada populasi manusia, sedangkan paparan sumber radiasi buatan paling banyak berasal dari aplikasi radiasi di bidang medis, pemakaian teknologi nuklir yang semakin pesat serta kegiatan penelitian ataupun kegiatan industri yang menghasilkan pencemaran udara. Terbesar yang diterima oleh manusia berasal dari radiasi alam diperkirakan sekitar 87%, dari radioaktivitas alam ini ternyata 47% berasal dari Radon dan sisanya berasal dari sumber radiasi lainnya. Dalam beberapa dekade terakhir ini gas Radon dan turunannya terdapat di udara bebas, telah menjadi topik penelitian yang utama. Hal ini disebabkan karena di samping efek merugikan yang berhubungan dengan kesehatan manusia (Terima Ginting, Budihari, BATAN). Radiasi Alam berupa gas, berasal dari Radon dan Thoron yang dapat berdifusi dan bergabung dengan Debu atau uap air di udara. Gas Radioaktif ini berasal dari peluruhan Uranium yang banyak berada di tanah.

Indonesia sebagai negeri vulkanik terkaya di dunia serta daerah gempa, mempunyai potensi ancaman besar dari gas radon ini. Radon akan mudah keluar ke permukaan berkaitan dengan aktivitas vulkanik pada suhu yang tinggi, radon akan terlepas dari perangkap batuan dan keluar melalui saluran yang ada. Sebuah Penelitian yang dilakukan oleh BATAN (Sjarmufni dkk) yang dilakukan pada tahun 2001 dan 2002 di daerah Gunung Rowo dan patahan Tempur, Muria – Jawa

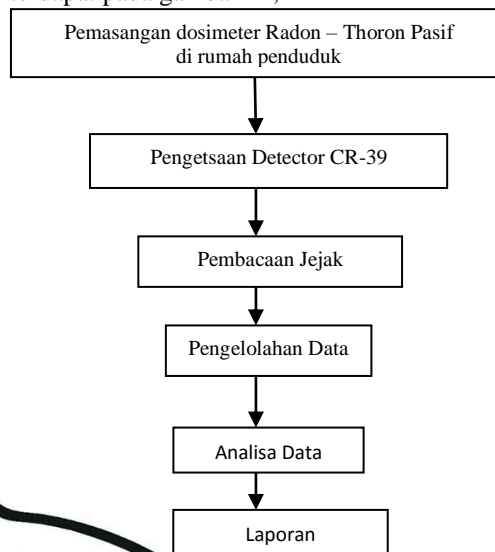
Tengah, menunjukkan hasil pengukuran gas Radon yang cukup signifikan. Gas tersebut terlepas sebagai akibat kegiatan magmatic dan aktivasi kerak bumi. Pengukuran menunjukkan bahwa aktivitas gas Radon mencapai sekitar 10 – 50 pCi. Zona patahan dan rekahan (Sheared Fault Zone) juga perlu di waspadai karena merupakan jalan baik bagi Radon untuk lepas dari permukaan. Manusia sebagai anggota komunitas alam akan selalu terkena paparan radiasi yang berasal dari lingkungan sekitarnya. Sumber radiasi Radon bersifat sangat toksik, dikarenakan sifat radioaktivitasnya yaitu sebagai pemancar zarah alfa. Sinar radiasi ini akan berbahaya sebagai sumber internal, yaitu apabila kita menghirup udara (dalam), gas Radon dapat masuk kedalam paru paru kita. Selain karena radiasi alfa dari Radon itu sendiri, anak luruh Radon seperti Polonium yang juga radio aktif dan Pb – 204 yang bersifat toksik akan terdeposit di paru- paru. Sel di dominasi oleh air, sehingga interaksi radiasi dengan air akan menghasilkan berbagai ion radikal bebas dan peroksida yang bersifat oksidator kuat. Molekul – molekul protein, lemak, enzim, DNA dan kromosom ini akan terserang oleh radikal bebas dan peroksida dalam proses kimia, yang berakibat pada efek somatic dan genetic. Dalam sebuah eksperimen yang dilakukan Bradford D. Loucas, seorang ilmuwan dari Columbia University Amerika Serikat penyinaran radiasi partikel alfa dengan energy 90 keV/mm telah mengakibatkan pengaruh yang signifikan pada kondensasi dan fragmentasi kromosome. Bandingkan dengan partikel alfa yang dipancarkan oleh anak luruh Radon di dalam jaringan yang setara dengan 90 sampai 250 keV/mm. Ada 3 macam Isotop Radon di alam yakni ²¹⁹Rn yang di sebut Actinon berasal dari deret peluruhan Actinium dengan T

$\frac{1}{2}$ (waktu peluruhan) 4 detik. ^{219}Rn yang disebut Thoron berasal dari deret peluruhan Thorium (^{232}Th) dengan $T_{\frac{1}{2}}$ 55,6 detik dan (^{222}Rn) yang disebut Radon berasal dari deret peluruhan Uranium (^{238}U) dan $T_{\frac{1}{2}}$ 3,824 hari. Dari ke 3 Isotop Radon tersebut, (^{222}Rn) menjadi perhatian utama karena memiliki $T_{\frac{1}{2}}$ yang paling panjang yakni 3,824 hari dibandingkan dengan Isotop Radon lainnya seperti ^{220}Rn (Thoron) yang hanya memiliki $T_{\frac{1}{2}}$ 55 detik dan ^{219}Rn (Actinon) $T_{\frac{1}{2}}$ hanya 4 detik. Selain itu bila Radon (^{222}Rn) dan anak luruhnya terhisap manusia pada saat bernafas masuk kedalam paru paru dapat menimbulkan penyakit kanker pada saluran pernafasan dan paru-paru. (Terima Ginting, Budihari, BATAN) Bahkan pada penelitian terakhir di Amerika Serikat ada ikut andil gas Radon dalam penyakit kanker paru paru selain rokok. Sekarang di Amerika Serikat tiap rumah dan kantor dapat diteliti ada tidaknya terpapar gas Radon disekitar rumah dan kantor. Radioaktivitas adalah kemampuan inti atom yang tidak stabil untuk memancarkan radiasi agar berubah menjadi inti stabil. Proses penambahan ini disebut Peluruhan dari inti atom yang tidak stabil ini disebut Radionuklida yang mengandung materi yang mengandung Radionuklida disebut Radioaktif. Meskipun manfaatnya sangat luas, tidak dipungkiri bahwa tenaga nuklir juga memiliki potensi bahaya yang tidak kecil bagi kesehatan maupun keselamatan manusia. Banyak penyakit timbul akibat paparan radiasi, misalnya: kanker kulit, leukemia, rusaknya jaringan otak, serta keracunan fisik lainnya. Radon dan thoron merupakan penyumbang terbesar dosis efektif tahunan yang diterima manusia. Oleh karena itu banyak dilakukan penelitian mengenai gas Radon dan Thoron dengan segala permasalahannya disini permasalahannya adalah Bagaimana Konsentrasi rata-rata gas Radon – Thoron dari erupsi Gunung Sinabung terhadap penduduk desa disekitarnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di desa-desa di rumah penduduk sekitar Gunung Sinabung yaitu, Desa Sigarang Garang, Desa Guru Kinayan, Desa Sukanalu. Pengujian / Analisis sampel Radon Thoron pasif dilakukan di Laboratorium Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) BATAN Pasar Jumat Jakarta. Waktu penelitian dilakukan mulai dari Oktober 2014 sampai dengan Desember 2014.

Proses Prosedur Penelitian ditunjukkan seperti yang terdapat pada gambar ini,



Gambar 1 Diagram Blok Penelitian

Pengukuran konsentrasi gas Radon dilakukan di beberapa desa di sekitar gunung Sinabung yaitu Desa Sigarang Garang, Desa Guru Kinayan, Desa Sukanalu. Pada saat kami mencoba lebih dekat kearah gunung Sinabung max imum 1km ketika akan melekatkan detector pada rumah penduduk yang sudah ditinggalkan penduduk, gunung Sinabung meletus sehingga kami berlari meninggalkan desa atau rumah tersebut untuk menjauh dan petugas TNI tidak membolehkan kami mendekat paling tidak radius 1 km dari gunung Sinabung untuk keamanan kami. Pada saat kami mengantungkan detector memang gunung Sinabung terus menerus meletus, desa-desa ini apabila Gunung Sinabung meletus maka akan terpapar oleh abu

Gambar 3.4.1.2 Pemasangan Monitor Radon – Thoron di rumah-rumah penduduk



Hasil Pembacaan jejak setiap tempat penelitian dihitung konsentrasinya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_{Rn} = N_{B2} - N_T \text{ Untuk Gas Radon } \dots \dots (3.1)$$

E_{RnT}

$$C_{Th} = N_{B1} - N_{B2} - N_T \text{ untuk gas Toron} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$E_{TnT}$$

Hasil dan Pembahasan

mikroskop. Jumlah jejak yang terjadi pada detector persatuan luas akan sebanding dengan konsentrasi Radon-Thoron untuk masa selama pengukuran. Detector ini hanya dipakai untuk satu kali masa

No.	Kode GPS	Tanggal pasang	Posisi GPS	Radon Pasif Kode	Ambil	Nama Desa
1	SNB 01	18/10/2014	N 03°11'27.13"; E098°24'36.38"	SNB 01	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
2	SNB 02	18/10/2014	N 03°11'26.67"; E098°24'34.92"	SNB 02	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
3	SNB 03	18/10/2014	N 03°11'45.3"; E098°24'58.1"	SNB 03	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
4	SNB 06	18/10/2014	N 03°11'37.3"; E098°24'57.4"	SNB 06	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
5	SNB 08	18/10/2014	N 03°11'45.5"; E098°24'24.60"	SNB 08	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
6	SNB 10	18/10/2014	N 03°11',462"; E098°24'24.602"	SNB 10	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
7	SNB 12	18/10/2014	N 03°10'89.4"; E093°25'38.0"	SNB 12	13/12/2014	Desa Sigarang-garang
8	SNB 13	18/10/2014	N 03°10'88.2"; E098°25'38.2"	SNB 13	13/12/2014	Desa Sukanalu
9	SNB 15	18/10/2014	N 03°10'82.8'; E098°25'42.5'	SNB 15	13/12/2014	Desa Sukanalu
10	SNB 16	18/10/2014	N 03°10'83.2"; E098°25'42.1"	SNB 16	13/12/2014	Desa Sukanalu
11	SNB 17	18/10/2014	N 03°10',818'; E098°25'42.9'	SNB 17	13/12/2014	Desa Sukanalu
12	SNB 18	18/10/2014	N 03°11'03.5"; E098°25'58.3"	SNB 18	13/12/2014	Desa Namanteran
13	SNB 19	18/10/2014	N 03°11'05.3"; E098°26'07.9"	SNB 19	13/12/2014	Desa Namanteran
14	SNB 20	18/10/2014	N 03°11'05.6"; E098°26'07.9"	SNB 20	13/12/2014	Desa Namanteran
15	SNB 21	18/10/2014	N 03°11'06.0"; E098°26'08.4"	SNB 21	13/12/2014	Desa Namanteran
16	SNB 22	18/10/2014	N 03°11'06.0"; E098°26'08.5"	SNB 22	13/12/2014	Desa Namanteran
17	SNB 23	18/10/2014	N 03°07'55.0"; E098°23'52.4"	SNB 23	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
18	SNB 25	18/10/2014	N 03°07'31.6"; E098°23'41.8"	SNB 25	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
19	SNB 26	18/10/2014	N 03°07'34.2"; E098°23'43.6"	SNB 26	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
20	SNB 27	18/10/2014	N 03°07'27.8"; E098°23'40.5"	SNB 27	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
21	SNB 28	18/10/2014	N 03°07'26.2"; E098°23'40.0"	SNB 28	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
22	SNB 29	18/10/2014	N 03°07'26.4"; E098°23'39.4"	SNB 29	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
23	SNB 30	18/10/2014	N 03°07'25.4"; E098°23'40.0"	SNB 30	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
24	SNB 31	18/10/2014	N 03°07'23.8"; E098°23'41.3"	SNB 31	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
25	SNB 32	18/10/2014	N 03°07'25.2"; E098°23'41.2"	SNB 32	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
26	SNB 33	18/10/2014	N 03°07'19.5"; E098°23'34.4"	SNB 33	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
27	SNB 34	18/10/2014	N 03°07'20.1"; E098°23'34.1"	SNB 34	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
28	SNB 36	18/10/2014	N 03°07'19.7"; E098°23'34.8"	SNB 36	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
29	SNB 37	18/10/2014	N 03°07'25.5"; E098°23'33.0"	SNB 37	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
30	SNB 38	18/10/2014	N 03°07'24.2"; E098°23'32.7"	SNB 38	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
31	SNB 39	18/10/2014	N 03°07'21.7"; E098°23'33.2"	SNB 39	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
32	SNB 40	18/10/2014	N 03°07'19.3"; E098°23'34.2"	SNB 40	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
33	SNB 41	18/10/2014	N 03°07'15.8"; E098°24'31.0"	SNB 41	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
34	SNB 42	18/10/2014	N 03°07'18.16"; E098°23'33.47"	SNB 42	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
35	SNB 43	18/10/2014	N 03°07'18.10"; E098°23'31.98"	SNB 43	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
36	SNB 44	18/10/2014	N 03°07'17.26"; E098°23'28.42"	SNB 44	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
37	SNB 46	18/10/2014	N 03°07'18.6"; E098°23'28.0"	SNB 46	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
38	SNB 47	18/10/2014	N 03°07'15.5"; E098°23'29.8"	SNB 47	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
39	SNB 48	18/10/2014	N 03°07'17.9"; E098°23'28.2"	SNB 48	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
40	SNB 49	18/10/2014	N 03°07'15.9"; E098°23'28.1"	SNB 49	13/12/2014	Desa Guru Kinayan
41	SNB 50	18/10/2014	N 03°07'14.5"; E098°23'26.9"	SNB 50	13/12/2014	Desa Guru Kinayan

Penelitian ini dilakukan dengan hasil etsa sampel monitor Radon-Thoron yang sesuai dengan pedoman-pedoman metode pengukuran radiasi yang ada dan juga didukung dengan peralatan yang sudah dikalibrasi dengan baik. Hasil penelitian meliputi hasil konsentrasi Radon-Thoron didesa sekitar gunung Sinabung. Dengan pemantauan konsentrasi Radon-Thoron selama 2 bulan dan hasil yang diperoleh merupakan hasil yang mewakili konsentrasi rata-rata Radon – Thoron untuk selama masa pengukuran.

Interaksi antara partikel alpha dengan detector CR-39 dapat menimbulkan jejak-jejak nuklir laten. Setelah melalui etsa kimia, jejak tersebut dapat dilihat dan dihitung jumlahnya dengan bantuan

pengukuran.

1.1 Hasil etsa monitor Radon-Thoron di Desa sekitar gunung Sinabung.

Pada sampel monitor Radon-Thoron yang telah dietsa di Laboratorium PTKMR-BATAN Pasar Jumat Jakarta sebanyak 41 sampel yang baik yang dietsa adapun waktu sampel monitor berada di desa sekitar gunung Sinabung adalah sekitar 2 bulan. Pada saat kita melekatkannya pada asbes rumah penduduk kita juga melihat posisi GPSnya untuk mengetahui posisi rumah tersebut di derajat berapa dalam koordinat dari daerah tersebut.

Pada table dibawah ini kita perhatikan posisi sampel dari etsa di desa gunung Sinabung Hasil etsa monitor Radon-Thoron di desa sekitar Gunung Sinabung ada pada table dibawah ini. Jadi diameter besar Radon – Thoron dibaca dibawah Mikroskop.

Tabel 4.2 Hasil etsa Radon – Thoron di desa Gunung Sinabung

Kode Preparat	Ø Besar Radon	Unc. 5%	Ø Kecil Radon+Thoron	Cacah Thoron	Unc. 5%	Waktu paparan (jam)	FK Radon	Unct
SNB 01	2	0,1	5	3	0,15	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 02	1	0,05	4	3	0,15	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 03	3	0,15	1	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 06	4	0,2	1	-3	-0,15	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 08	1	0,05	1	0	0	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 10	4	0,2	6	2	0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 12	6	0,3	4	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 13	4	0,2	2	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 15	2	0,1	1	-1	-0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 16	0	0	1	1	0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 17	0	0	0	0	0	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 18	5	0,25	1	-4	-0,2	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 19	1	0,05	0	-1	-0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 20	4	0,2	3	-1	-0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 21	6	0,3	3	-3	-0,15	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 22	5	0,25	3	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 23	4	0,2	2	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 25	8	0,4	3	-5	-0,25	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 26	3	0,15	2	-1	-0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 27	2	0,1	1	-1	-0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 28	9	0,45	3	-6	-0,3	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 29	3	0,15	4	1	0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 30	2	0,1	0	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 31	5	0,25	1	-4	-0,2	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 32	2	0,1	4	2	0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 33	1	0,05	1	0	0	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 34	1	0,05	1	0	0	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 36	3	0,15	2	-1	-0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 37	6	0,3	3	-3	-0,15	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 38	4	0,2	5	1	0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 39	16	0,8	6	-10	-0,5	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 40	6	0,3	4	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 41	4	0,2	2	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 42	9	0,45	10	1	0,05	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 43	6	0,3	4	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 44	6	0,3	8	2	0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 46	4	0,2	1	-3	-0,15	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 47	4	0,2	0	-4	-0,2	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 48	7	0,35	2	-5	-0,25	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 49	4	0,2	6	2	0,1	1344,00	0,00241	0,000121
SNB 50	10	0,5	8	-2	-0,1	1344,00	0,00241	0,000121

Ternyata pada preparat SNB 39 adalah jejak Radon terlihat terbanyak yaitu 16 buah jejak laten Radonnya dan pada preparat SNB 16 dan SNB 17 jejak laten Radonnya tidak ada terlihat. Adapun nilai tertinggi tersebut ada di desa Guru Kinayan dan terkecil di Desa Sukanalu. Pada preparat SNB 42 adalah jejak Radon - Thoron terlihat terbanyak yaitu 10 buah jejak laten Radon – Thoronnya dan pada preparat SNB 17, SNB 19, SNB 30, SNB 47 jejak latennya Radon – Thoron tidak ada terlihat atau nihil.

Adapun nilai tertinggi Radon + Thoron ada di Desa Guru Kinayan dan terkecil di desa Namanteran dan di Desa Guru Kinayan. Setelah banyak Radon dan Thoronnya dibaca maka dapat dihitung konsentrasi Radon + Thoronya dengan rumus

$$C_R = \frac{C_2 - C_b}{E_{1xt} \times 5,0625} \times 100$$

$$C_t = \frac{(C_1 - C_2 - C_b) \times 100}{E_2 \times T \times 5,0625}$$

Perhitungan konsentrasi Thoron :

$$C_{Th} = \frac{(C_1 - C_2 - C_b) \times 100}{E_2 \times T \times 5,0625} = 20 \text{ Bq/m}^3$$

4.3 Tabel Perhitungan Dosis Tahunan Radon – Thoron pada desa Gunung Sinabung

FK Thoron	Unct	Kons. radon	Unc.	Dosis Tahunan mSv/th
0,00224	0,000112	12	1	0,31
0,00224	0,000112	6	0	0,15
0,00224	0,000112	18	1	0,46
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	6	0	0,15
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	37	3	0,92
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	12	1	0,31
0,00224	0,000112	0	#DIV/0!	0,00
0,00224	0,000112	0	#DIV/0!	0,00
0,00224	0,000112	30	2	0,77
0,00224	0,000112	6	0	0,15
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	37	3	0,92
0,00224	0,000112	30	2	0,77
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	49	3	1,23
0,00224	0,000112	18	1	0,46
0,00224	0,000112	12	1	0,31
0,00224	0,000112	55	4	1,38
0,00224	0,000112	18	1	0,46
0,00224	0,000112	12	1	0,31
0,00224	0,000112	30	2	0,77
0,00224	0,000112	12	1	0,31
0,00224	0,000112	6	0	0,15
0,00224	0,000112	6	0	0,15
0,00224	0,000112	18	1	0,46
0,00224	0,000112	37	3	0,92
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	98	7	2,46
0,00224	0,000112	37	3	0,92
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	55	4	1,38
0,00224	0,000112	37	3	0,92
0,00224	0,000112	37	3	0,92
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	43	3	1,08
0,00224	0,000112	24	2	0,61
0,00224	0,000112	61	4	1,54

Pada perhitngan dosis tahunan Radon (msv /tahun) dan Thoron (msv/tahun) adalah sebagai berikut :

$$D_{Rn} = \frac{C_{Rn} \times F_{Rn} \times T \times F_{KRn}}{1.000.000}$$

Atau

$$D_{Rn} = \frac{C_{Rn} \times 9 \times 7000 \times 0,4}{1.000.000}$$

Kita dapat menghitung dosis tahunan Radon – Thoron di sekitar Gunung Sinabung yaitu :

$$D_{Rn} = \frac{C_{Rn} \times F_{Rn} \times T \times F_{KRn}}{1.000.000}$$

$$K. \text{ Nano} = \frac{12 \times 9 \times 7000 \times 0,4}{1000000}$$

$$= \frac{302400}{1000000}$$

$$= 0,302$$

$$= 0,30 \text{ msv /tahun}$$

Pada perhitungan dosis tahunan Thoron (msv/tahun) maka rumusnya adalah

$$D_{Th} = \frac{C_{Th} \times F_{Th} \times T \times F_{KTh}}{1000000}$$

$$D_{Th} = \frac{C_{Th} \times 9 \times 7000 \times 0,4}{1000}$$

D_{Th} = Dosis tahunan Thoron (msv/tahun)

C_{Th} = Konsentrasi Thoron (Bq/m₃)

F_{Th} = Faktor Koreksi dosis thoron = 9

T = Standar lamanya kita dirumah per tahun = 7000 jam

factor Kesetimbangan Thoron dengan anak buahnya = 0,4

K. Nano = Konvensi dari Nano 1000000

Yaitu dengan perkiraan

$$= \frac{20 \times 9 \times 7000 \times 0,4}{1000000}$$

$$= \frac{504000}{1000000}$$

$$= 0,504$$

$$= 0,50 \text{ msv /tahun}$$

Maka dosis total (msv/tahun) =

$$D_{Rn} + D_{Th} = 0,31 + 0,50 = 0,81 = 0,80 \text{ msv /tahun}$$

Kesimpulan

Dari hasil pengukuran radiasi terhadap sampel monitor Radon – Thoron dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran dari etsa sampel monitor radon Thoron dari erupsi Gunung Sinabung di desa Sigarang-garang, Desa Guru Kinayan, Desa Sukanalu, dan Desa Namanteran didapat hasil yang baik dan menggembirakan.

Nilai konsentrasi Radon – Thoron tidak tinggi, dari nilai yang didapat.

Nilai rata-rata Radon dari hasil nilai etsa ke empat desa adalah $175 / 41 = 4,26 \text{ Bq/m}^3$.

Nilai rata-rata banyaknya Thoron dari hasil etsa dari keempat desa adalah $119 / 41 = 2,90 \text{ Bq/m}^3$

Nilai rata-rata konsentrasi Radon $1055/41 = 25, 73 \text{ Bq/m}^3$

Nilai rata-rata konsentrasi Thoron adalah $= -381/41 = -9,29 \text{ Bq/m}^3$

Nilai rata-rata dosis tahunan (msv/tahun) dari Radon adalah $27,14/41 = 0,66 \text{ msv/th}$.

Nilai rata-rata dosis tahunan (msv/tahun) dari Thoron adalah - 381/41 = -9,29 msv/th.

Nilai rata-rata dosis Total (msv/tahun) adalah $17,63/41 = 0,43$ msv/th

2. Dari rata-rata diatas didapat kesimpulan bahwa dosis rata-ratanya pada desa di sekitar Gunung Sinabung masih dibawah rata-rata dari yang diperkenankan oleh ICRP (Komisi Proteksi Radiasi Internasional) yaitu 1msv/tahun kepada setiap orang. Dengan Detector CR-39 didapat nilai rata-rata konsentrasi Radon – Thoron baik dengan factor ketelitian 5%.

Daftar Pustaka

- Internasional Atomic Energy Agency (IAEA) Radiation Safety, Vienna Austria, Tahun 2013.
- Ceeta's, Radon Karsinogenic disekitar kita - Ceeta's weblog <https://ceeta.wordpress.com/2013/05/23/radon-karsinogenic-disekitar-kita/>
- Syarmufni dkk tahun 2001 dan 2002 Gunung Rowo dan petahan Tempur, Muria, Jawa Tengah <https://chemisihuy.wordpress.com/2009/11/23/>
- tegar sulistylo.blogspot.com /2009/04/ Radon-sebagai-polutan-dalam-ruangan.html
- Wardford. D. Loucas, Columbia University Amerika Serikat.
- EPA. Indoor Air Quality (IAQ) United States Enviromental Protection Agency.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation) 1999 – 2015, source Effect dan Risk of Ionizing
- ICRP (Internasional Comission on Radilological Protection) Tahun 2013
- (Pdf) Internasional Comission on Radiation Units and Measurement 14 March 2013.
- Lubis.2001.BATAN, P2PLR BATAN – Badan Tenaga Nuklir, [www.batan.go.id](http://www.batan.go.id/PtI/altikel/erwansyah.ot.html)
- Sutarman. "Dosis yang Diterima Penduduk Dunia". Buletin ALARA hal 31- 36 vol 1 No. 3 Pusat Standarisasi dan Keselamatan Radiasi BATAN, 1998
- Wilkening, 1981. Lubis, A.M. "Kalibrasi Dosimeter Radon-Thoron Pasif untuk pemantauan Radiasi Lingkungan", Skripsi
- System Solucion : "Radiation Polutan Udara yang tak tampak earth edu centre. Idol Spot.Com /2010/05/Radon-Polutan-Udara-yang-tak-tampak.html"
- BATAN. Asal Dosis Radiasi dari Persentasenya. Diakses dari <http://www.go.id/pusdiklat/elearning/proteksi-radiasi/pengenalan-radiasi/2-2.htm>, 28 November 2013
- MAP Google Mount Sinabung
- Bunawas, Status paparan Radon dan resiko Kanker serta upaya proteksi radiasi kedepan, BATAN, Jakarta (2004)
- The Berkeley Laboratory Isotopes Proye-ct's Exploring the table of Isotope. Ernest O Lawrence Berkeley National Laboratory. Diakses dari <http://Isotopes.Dbl.gov/education/isotopes.htm>, 28 Desember 2013
- Rasito, Soleh Sofyan dan Tri Desita "Konsentrasi Radon di Udara PTntr- BATAN - Bandung" Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN, hal 415-424, Bandung, 17-18 Juli 2007
- Anonim "Radon" Polutan Udara yang tak tampak Earth Educational Centre. Diakses dari <http://eartheducentre.blogspot.com/2010/05/Radon-Polutan-Udara-yang-tak-tampak.html>, 11 April 2014
- N. Asal dosis Radiasi dan Persentasenya. Diakses dari <http://www.batan.go.id/pusdiklat/learning/proteksi-radiasi/pengenalan-radiasi/2-2.htm> 28 November 2015
- Clarkin. Mike, and Terry Brennan. Radon-resistant Construction Techniques for New Residential Construction US. Washington DC Environmental Protection Agency, 1991.
- Peraturan Pemerintah, Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif. PPRI No. 33/2007, Jakarta 2007
- Eko Pudjadi, Insentif BKPP 2012/Penentuan Plume Geometridan Medan Radiasi AR-41 dan XE-135 Dari Instalasi Nuklir Serpong Badang Tenaga Nuklir Nasional.
- Warintek. Efek Radiasi dan Proteksi Radiasi. Kementerian Negara Riset dan Teknologi. Diakses dari http://www.warintek.ristek.go.id/nuklir/efek-radiasi_proteksi.pdf, 28 November 2013
- Silakhudin, 1981. Pengukuran konsentrasi gas Radon Air Sumur dengan metode penggelembungan, Skripsi.FMIPA-UGM.
- Sofyan, Hasnel. Mewaspada Gas Radon. www.Google (berkala sambung jaring) <http://batan-bdg.go.id/modules.php?9> Januari 2009)
- Susilo, Yariato S.Budi. Mewaspada Radon dilingkungan kita. www. Google (berkala sambung jaring) : http://sinar.harapan.co.id/berita/0210/09/ipt_cs.html (9 Januari 2009)
- Wilkening.1981. Radon in Atmospheriic Studies ; A Review, Proceeding of second special symposium on Natural Radiation

- Environment, Bhaba, Atomic Research Center.
India.
- E. Marian Scott (Editor) Modelling Radioactivity in
the Environment. Elsevier Science Ltd.2003.
- Wilkening. 1981. Pengukuran Aktivitas Gas Radon
di Udara Scrib [https://ml
scrib.com/Pengukuran Gas Radon di Udara](https://ml.scrib.com/Pengukuran%20Gas%20Radon%20di%20Udara).
- Beisendan Liong, 1987, Gas-gas Radioaktif.

