

KAJIAN RADIOAKTIVITAS JATUHAN (*FALL-OUT*) DI SEKITAR FASILITAS NUKLIR YOGYAKARTA DENGAN MEMPERHATIKAN AKTIVITAS GUNUNG MERAPI

Gede Sutresna Wijaya dan Pramudita Anggraita
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan - BATAN

ABSTRAK

KAJIAN RADIOAKTIVITAS JATUHAN (*FALL-OUT*) DI SEKITAR FASILITAS NUKLIR YOGYAKARTA DENGAN MEMPERHATIKAN AKTIVITAS GUNUNG MERAPI. Kajian terhadap fluktuasi radioaktivitas jatuhan di sekitar fasilitas nuklir Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB)-BATAN dilakukan dengan mencermati aktivitas gunung Merapi pada kurun waktu dari tahun 1987 sampai tahun 2005. Hal ini penting dilakukan mengingat fasilitas nuklir PTAPB berada hanya sekitar 30 km dari gunung Merapi yang merupakan gunung teraktif di Indonesia. Radioaktivitas jatuhan ditentukan dengan metode tak langsung, yaitu dengan mengukur radioaktivitas jatuhan basah atau kering yang tertampung dalam wadah selama satu bulan. Fluktuasi radioaktivitas *gross beta* jatuhan di sekitar PTAPB selama periode tahun 1987 sampai 2005 dipengaruhi oleh aktivitas gunung Merapi. Tercatat 5 kejadian dari aktivitas gunung Merapi memberi kontribusi yang signifikan terhadap kenaikan tingkat radioaktivitas jatuhan.

Kata kunci: radioaktivitas jatuhan, gunung Merapi, *gross beta*

ABSTRACT

STUDY OF FALL-OUT RADIOACTIVITY AROUND YOGYAKARTA NUCLEAR FACILITY BY THE OBSERVATION OF MERAPI ACTIVITY. The study of fall-out radioactivity fluctuation around the Center for Accelerator and Material Process Technology (PTAPB-BATAN) nuclear facility have been performed by evaluating Merapi volcano activity in the period of 1987 to 2005. The evaluation is important to be performed because of the nuclear facility location is only 30 km from the Merapi volcano, the most active volcano in Indonesia. Fall-out radioactivity has been determined using indirect method by measuring the radioactivity of wet or dry fall-out collected in a container during one month. The fluctuation of the fall-out *gross beta* radioactivity around PTAPB during the period of 1987 to 2005 were affected by the activity of the Merapi volcano. There were 5 events of the Merapi activity provided significant contribution to the increase of fall-out radioactivity level.

Key words: fall-out radioactivity, Merapi volcano, *gross beta*

I. PENDAHULUAN

Gunung Merapi yang terletak di sebelah utara kota Yogyakarta merupakan satu-satunya gunung berapi yang paling aktif di Indonesia dan mungkin di dunia, dengan masa tenang yang hanya berkisar 1-4 tahun saja. Aktivitas magma di gunung Merapi selalu diikuti dengan pembentukan kubah lava yang memperbesar dan menambah ketinggian gunung dan juga penghancuran kubah lava yang memperkecil dan merendahkan tubuh gunung. Diyakini bahwa aktivitas magma ini

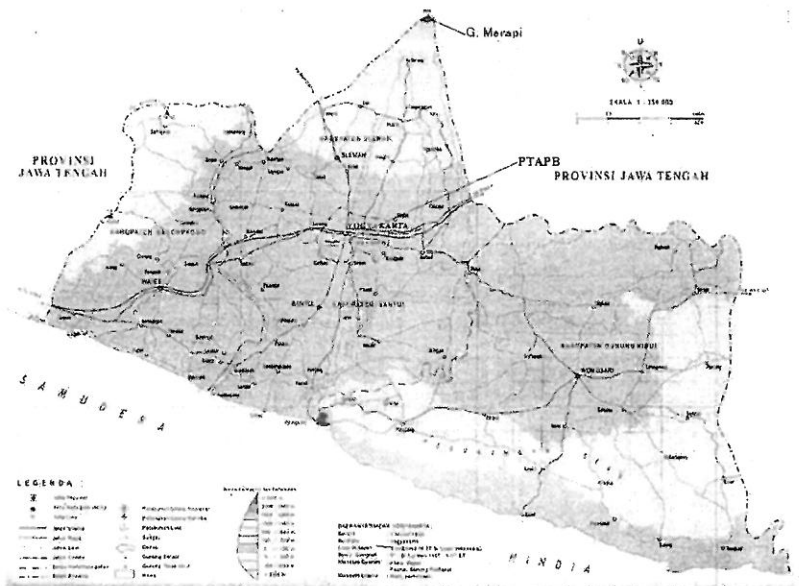
turut juga membawa elemen radioaktif dari dalam perut bumi dalam jumlah yang besar, seperti nuklida dari deret peluruhan Th-232, U-235, U-238 dan K-40 (1). Semuanya ini akan menambah tingkat radioaktivitas alamiah di sekitar gunung Merapi khususnya dan Daerah Istimewa Yogyakarta pada umumnya. Di samping itu aktivitas gunung Merapi yang kerap disertai dengan semburan awan panas, membawa debu dan partikulat yang bergerak sesuai dengan kecepatan dan arah angin. Adanya introduksi debu dan partikulat dari aktivitas

gunung Merapi juga akan menjadi sumber pencemaran udara di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB)-BATAN Yogyakarta, secara rutin dan kontinu melakukan pemantauan tingkat radioaktivitas di sekitar fasilitas nuklir sampai dengan radius 5000 meter dari pusat instalasi. Pemantauan ini menjadi penting karena sumber radioaktivitas dapat diketahui segera, apakah dari radionuklida alamiah (*primordial*) atau dari radionuklida buatan (*man made radionuclides*).

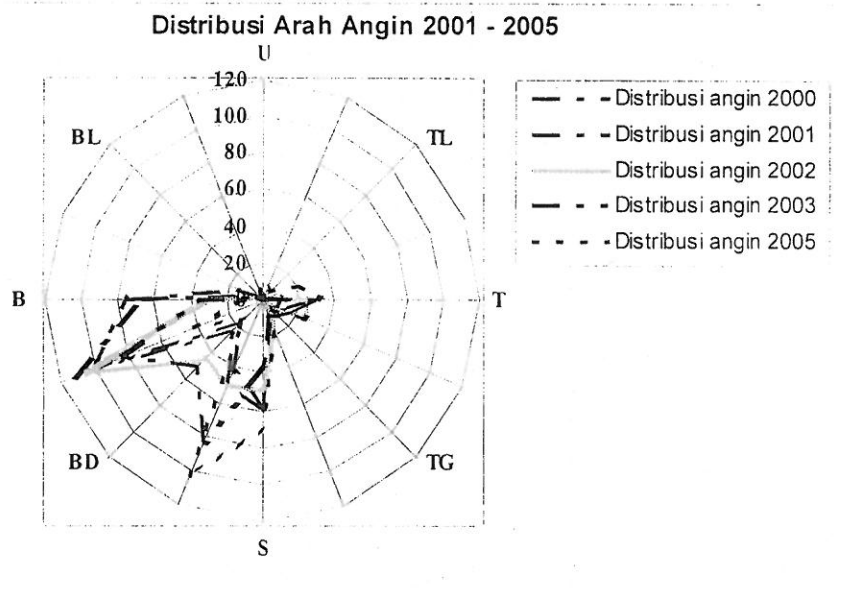
Pemantauan tingkat radioaktivitas lingkungan yang rutin dilakukan adalah dengan metode tidak langsung yaitu dengan mengukur radioaktivitas beta total (*gross beta*) pada cuplikan lingkungan seperti air, tanah, tumbuhan dan juga jatuhnya (*fall-out*). Pemantauan radioaktivitas jatuhnya menjadi metode untuk mempelajari pergerakan global radionuklida yang

terlepas ke atmosfer saat uji persenjataan nuklir berlangsung, melalui studi produk fisi yang penting secara radiologis yaitu ^{90}Sr . Banyak faktor yang mengontrol distribusi global ^{90}Sr , teridentifikasi melalui program ini. Di samping memberikan data yang bermanfaat untuk menentukan konsekuensi radiologis dari kontaminasi global, data *fall-out* juga berharga sebagai *biogeochemical tracer* (perunut biogeokimia) dari berbagai proses. ^7Be dan ^{210}Pb yang merupakan radionuklida alamiah juga banyak mendapat perhatian para ilmuwan dalam pengembangan model sirkulasi global radionuklida. Adapun ^7Be adalah isotop kosmogenik yang terbentuk secara dominan pada lapisan atas troposfer dan stratosfer, sedangkan ^{210}Pb terbentuk dari proses peluruhan ^{222}Rn yang terpancar dari tanah (2).



Gambar 1. Peta wilayah Propinsi D.I. Yogyakarta

secara fisik maupun kimiawi.



Gambar 2. Pola arah angin di sekitar PTAPB Januari 2000 s/d Desember 2005. Data dari Lanud Adisucipto.

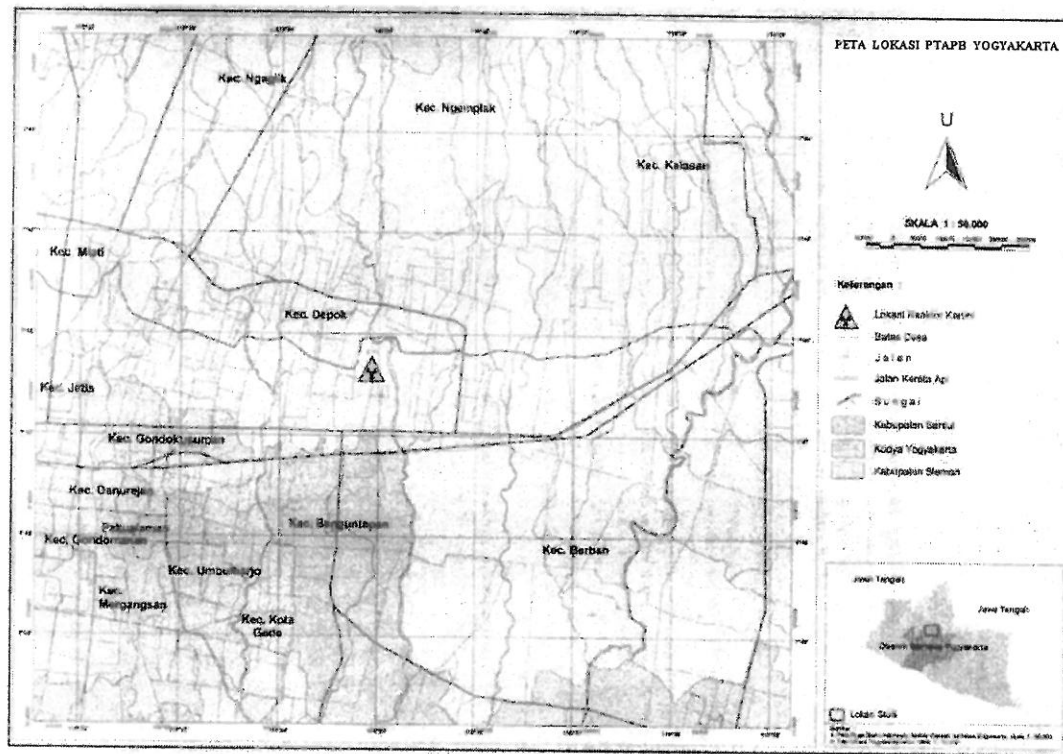
1.3. Karakteristik Gunung Merapi

Gunung Merapi di sebelah utara kodya Yogyakarta, merupakan satu-satunya gunung api yang letusannya paling sering terjadi, jangka waktu periode tenang yang pendek berkisar 1-4 tahun, serta sebagian besar letusannya diikuti semburan awan panas yang sangat membahayakan. Pada prinsipnya letusan gunung Merapi menyangkut pembentukan kubah lava dan penghancuran kubah lava. Kubah lava merupakan tumpukan material dari proses keluarnya magma ke permukaan. Karena pertemuan dengan udara, pendinginan menyebabkan magma segera membeku dan membentuk lava. Tumpukan lava inilah yang dikenal sebagai kubah lava (4).

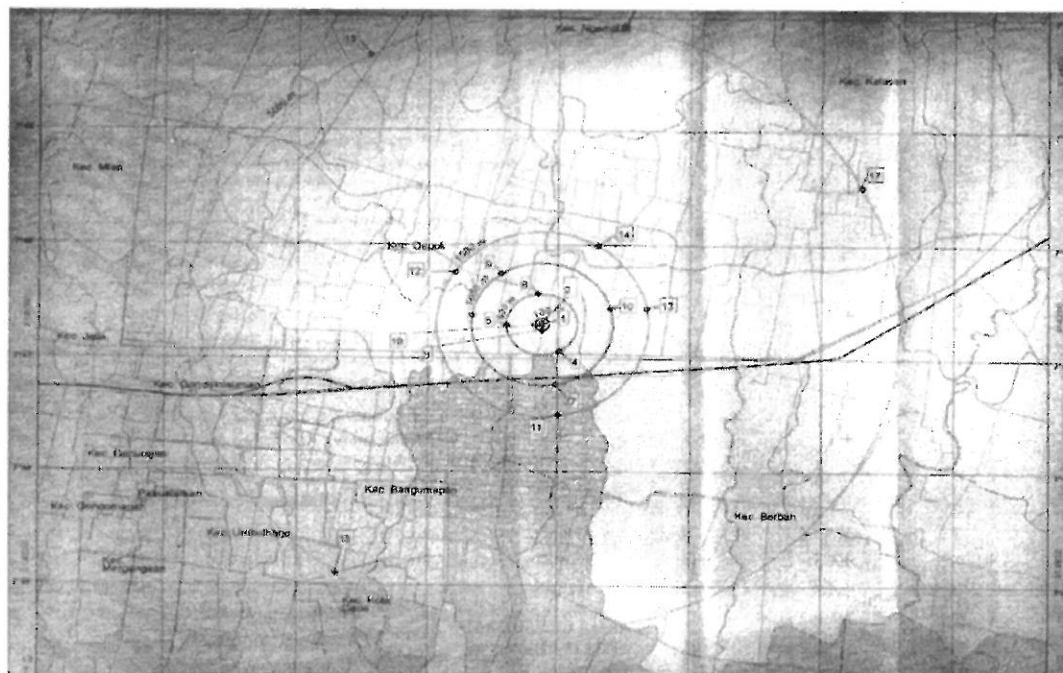
Pada periode tahun 1986 sampai dengan 2005 banyak tercatat aktivitas gunung Merapi. Pada tanggal 10 Oktober

1986 terjadi hujan lebat di puncak Merapi selama beberapa jam dan secara mendadak terjadi awan panas yang berasal dari kubah lava yang terbentuk tahun 1984. Awan panas berlangsung selama lima hari, dan awan panas yang terjadi berukuran kecil sampai sedang. Berdasarkan pemantauan pada bulan September dan Oktober 1986, terjadi pertumbuhan kubah. Pertumbuhan kubah terjadi hampir di seluruh permukaan kubah, dan berlangsung sampai bulan Januari 1987. Sesudahnya hanya bagian puncak kubah yang mengalami pertumbuhan. Akhirnya pada bulan Agustus 1987, terjadi perkembangan kubah, berupa gundukan lava (kubah kecil), di antara puncak kubah dan cekungan kawah utama. Hasil perkembangan kubah disebut sebagai kubah lava 86.

Di tahun 1992-1993 terjadi peningkatan



Gambar 3. Peta lokasi instalasi nuklir PTAPB.



Gambar 4. Peta radius pemantauan radioaktivitas lingkungan PTAPB.

November 1988 sebesar 60,53 Bq/m²/bulan, dan bulan Oktober 2003 sebesar 56,83 Bq/m²/bulan.

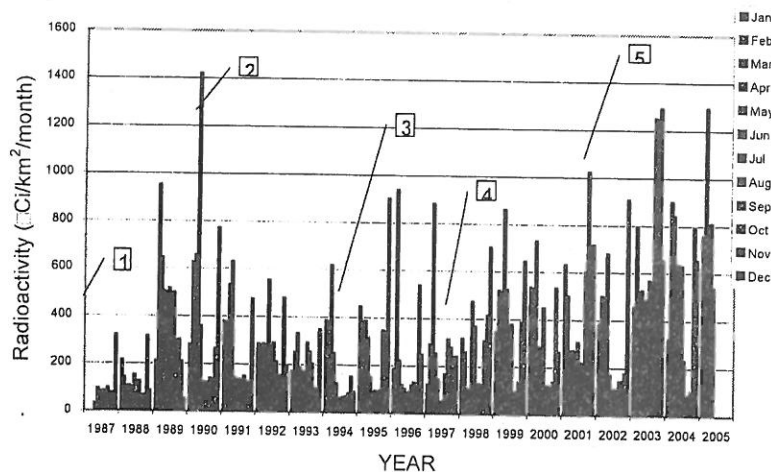
Dari Gambar 5 dan Gambar 6, diperoleh kenyataan bahwa radioaktivitas jatuhan yang terukur dari pos pengambilan cuplikan di PTAPB dan di luar PTAPB, sangat berfluktuatif dari bulan ke bulan, namun sangat dominan pada jangkauan (*range*) tingkat radioaktivitas lebih kecil dari 15 Bq/m²/bulan, dilihat dari sebaran data terbanyak yang berada pada jangkauan tersebut. Sebaran data pengukuran radioaktivitas jatuhan terbanyak berikutnya ada pada jangkauan 15-30 Bq/m²/bulan, dan hanya sedikit data pengukuran yang berada pada tingkat radioaktivitas lebih besar dari 30 Bq/m²/bulan.

Jika tingkat radioaktivitas jatuhan dikaitkan dengan aktivitas gunung Merapi dapat dikatakan sebagai berikut:

1. Peningkatan aktivitas seismik sejak tahun 1990, terjadi pembentukan kubah lava pada bulan Januari 1992 dengan volume kubah sekitar 2 juta m³. Saat terjadi letusan di bulan Februari 1992, radioaktivitas jatuhan yang terukur adalah 8,86 Bq/m²/bulan untuk pos PTAPB dan 5,46 Bq/m²/bulan untuk pos di luar PTAPB. Dua sampai tiga bulan kemudian terjadi sedikit kenaikan tingkat radioaktivitas jatuhan menjadi 20,49 Bq/m²/bulan di pos PTAPB dan 25,06 Bq/m²/bulan di pos luar PTAPB.
2. Periode pembentukan awal kubah lava 1994 dimulai pada bulan Desember 1993. Pada pengukuran tingkat radioaktivitas jatuhan di bulan yang

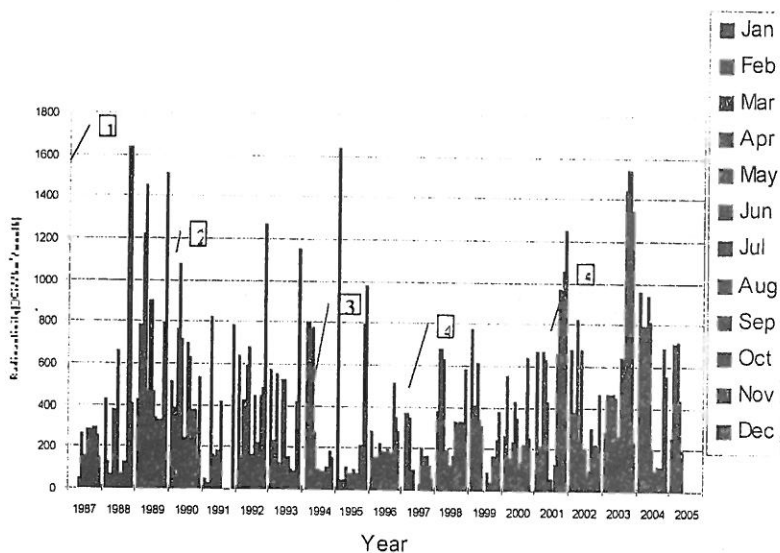
sama dengan periode pembentukan kubah lava 1994, ada kenaikan yang cukup signifikan yaitu terukur 42,51 Bq/m²/bulan untuk lokasi luar PTAPB yang 2 – 3 bulan berikutnya menurun secara perlahan. Demikian juga untuk pos di PTAPB pada bulan Desember 1993 radioaktivitas jatuhan yang terukur adalah 12,89 Bq/m²/bulan yang naik 6 kalinya dari bulan sebelumnya.

3. Pada peristiwa longsornya 2,6 juta kubik kubah selama 7 jam tanggal 22 November 1994, dengan disertai awan panas yang bergerak ke arah selatan sejauh 6,5 km ke kali Boyong, terukur radioaktivitas di bulan Januari 1995 sebesar 60,59 Bq/m²/bulan naik hampir 10 kali lipat di pos luar PTAPB, dan terukur 16,56 Bq/m²/bulan naik 5 kali lipat dari bulan sebelumnya untuk pos PTAPB.
4. Pada bulan Januari 1997 terjadi pertumbuhan kubah secara cepat. Dari Juni 1996 sampai Januari 1997 terjadi penambahan tinggi kubah mencapai 26 meter dengan penambahan volume kubah dari hanya 350 ribu meter kubik menjadi 1,6 juta meter kubik. Letusan yang terjadi pada tanggal 17 Januari 1997, juga memberi tendensi kenaikan radioaktivitas jatuhan yang terukur di pos PTAPB yaitu menjadi 2 kali pada bulan berikutnya (dari 4,58 Bq/m²/bulan menjadi 10,82 Bq/m²/bulan) dan hampir 6 kalinya pada dua bulan berikutnya, sehingga ini menjadi radioaktivitas jatuhan tertinggi di tahun 1997 yaitu sebesar 32,79 Bq/m²/bulan. Demikian juga dengan pos



Gambar 5. Distribusi radioaktivitas jatuhnya periode 1987-2005, di lokasi pengambilan cuplikan PTAPB.

- (1) Oktober 86 terjadi semburan awan panas dari kubah lava 84.
- (2) Peningkatan seismik sejak 1990, pembentukan kubah lava Januari 1992, Februari 1992 terjadi letusan dan awan panas.
- (3) November 1994, kubah lava 94 longsor disertai awan panas ke arah selatan.
- (4) Letusan tahun 1997 dan 1998. (5) Letusan tahun 2001.



Gambar 6. Distribusi radioaktivitas jatuhnya periode 1987-2005, di lokasi pengambilan cuplikan di luar PTAPB.

- (1) Oktober 86 terjadi semburan awan panas dari kubah lava 84.
- (2) Peningkatan seismik sejak 1990, pembentukan kubah lava Januari 1992, Februari 1992 terjadi letusan dan awan panas.
- (3) November 1994, kubah lava 94 longsor disertai awan panas ke arah selatan.
- (4) Letusan tahun 1997 dan 1998
- (5) Letusan tahun 2001

Tabel 2. Data radioaktivitas jatuhan (*fall-out*) di pos pengambilan cuplikan di luar kawasan PTAPB, periode 1987-2005, (aktivitas dalam Bq/m²/bulan).

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg	Max	Min
1987				1,69	9,65	5,69	10,56	10,56	4,29	10,71	9,47	5,30	7,55	10,71	1,69
1988	15,90	4,51	2,38	13,80	10,11	24,20	2,53	2,45	4,55	60,53	60,53	15,22	18,06	60,53	2,38
1989	15,90	28,89	45,10	53,84	17,10	33,28	17,09	12,68	6,32	12,24	29,41	55,83	27,31	55,83	6,32
1990	19,11	14,31	28,40	39,75	26,60	9,06	25,85	23,38	6,39	13,79	5,15	19,58	19,28	39,75	5,15
1991	1,74	1,07	30,50	6,10	5,70	6,63	15,52					29,07	12,04	30,50	1,07
1992	23,75	5,46	15,60	21,89	25,06	2,97	6,17	16,63	8,26	16,63	17,81	47,00	17,27	47,00	2,97
1993	21,17	8,69	20,35	4,65	0,76	19,24	5,64	5,66	3,49	3,34	15,37	42,51	12,57	42,51	0,76
1994		29,67	28,49	28,49	10,07	3,56	2,75	3,18	3,34	3,93	6,92	5,90	11,48	29,67	2,75
1995	60,59	1,68	1,69	3,83	2,83	2,85	3,61	2,58	2,85	7,89	29,54	36,22	13,01	60,59	1,68
1996	10,27		5,83	8,27	1,20	6,64	2,36	7,05	6,34	19,14	12,81	10,56	8,22	19,14	1,20
1997		13,77	12,74		3,66		1,14	7,63	1,69	6,02	4,23	2,19	5,90	13,77	1,14
1998	14,06	25,04	23,31	6,67	7,16	4,37	6,22	12,27	3,21	12,24	9,79	21,33	12,14	25,04	3,21
1999	28,52	15,07	22,55	12,44	11,46		3,31	1,42	0,79	5,97	9,04	13,93	11,32	28,52	0,79
2000	9,78	20,36	5,68	8,61	15,58	12,72	3,87	4,93	8,06	23,47	9,40		11,13	23,47	3,87
2001	24,83	7,72	24,83	23,27	15,92	2,19		4,65	24,50	35,87	38,94	46,03	22,61	46,03	2,19
2002	24,95	14,10	30,53	8,93	25,07	7,60	2,65	3,70	11,22	8,37	8,38	17,36	13,57	30,53	2,65
2003	10,29	17,09	5,65	17,09	16,53	9,66	23,59	5,50	53,31	56,83	49,74	8,64	22,83	56,83	5,50
2004	35,46	21,84	29,29	34,72	30,19	7,62	1,87	3,54	4,32	3,54	25,24	20,33	18,16	35,46	1,87
2005	9,15	26,19	26,65	15,98	7,20								17,03	26,65	7,20

DAFTAR PUSTAKA

- Chiozzi, P., Pasquale, V., Verdoya, M., Minato, S., 2003. "Gamma-ray Activity In The Volcanic Islands of The Southern Tyrrhenian Sea" Journal of Environmental Radioactivity 67, 235-246.
- EML-571, 1995. "Annual Report", Environmental Measurement Laboratory, US-Department of Energy.
- Moch. Yazid, Agus Sulistiyono, Ngasifudin, 1996. "Petunjuk Pelaksanaan Kerja di Laboratorium Radioaktivitas Latar Rendah", Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta, Badan
- Fardiaz, S., 1992. "Pencemaran Air dan Udara". Penerbitan Kanisius, Yogyakarta.
- Direktorat Vulkanologi, 2000, "Evolusi 100 Tahun Morfologi Gunung Merapi (Abad XX)", Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian.
- Direktorat Vulkanologi, 2005, "Lembar Tambahan Pustaka 4". Tenaga Atom Nasional.