

PEMBUATAN KERAMIK DARI BAHAN MANGANIT DAN KARAKTERISASI LISTRIKNYA SEBELUM DAN SESUDAH IRADIASI GAMMA

Dani Gustaman Syarif¹⁾, Guntur D. Sambodo¹⁾, Saeful Hidayat¹⁾, Muhamad Yamin¹⁾,
Yudi Setiadi¹⁾, Armanu²⁾

¹⁾ Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri-BATAN,
Jl. Tamansari 71, Bandung 40132

²⁾ Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN,
Ps. Jumat, Cinere, Jakarta Selatan.

ABSTRAK

PEMBUATAN KERAMIK DARI BAHAN MANGANIT DAN KARAKTERISASI LISTRIKNYA SEBELUM DAN SESUDAH IRADIASI GAMMA. Telah dilakukan pembuatan keramik oksida Mangan dari mineral manganit. Serbuk oksida mangan diperoleh dari mineral manganit melalui pelarutan dan pengendapan. Serbuk hasil pengendapan dipres dan disinter pada suhu 1000°C-1200°C selama 1 Jam di udara. Karakteristik listriknya ditentukan sebelum dan sesudah iradiasi gamma sebesar 50 kGy. Keramik dalam bentuk film tebal juga dibuat dari serbuk tersebut. Hasil analisis XRD memperlihatkan bahwa serbuk hasil pengendapan mengandung oksida Fe (Fe_2O_3) dan Mn (Mn_2O_3) dan keramik hasil sinter cenderung berkrystal spinel kubik dan berbentuk larutan padat. Karakteristik listrik memperlihatkan bahwa keramik ini mempunyai sifat termistor *negative thermal coefficient (NTC)* yaitu resistivitas listriknya menurun dengan pertambahan suhu. Pengaruh iradiasi gamma dengan dosis hingga 50 kGy terhadap karakteristik listrik keramik yang dibuat tidak terlihat.

Kata kunci : termistor, *negative thermal coefficient (NTC)*, mineral, manganit, iradiasi gamma.

ABSTRACT

FABRICATION OF CERAMICS FROM MANGANITE AND THEIR ELECTRICAL CHARACTERIZATION BEFORE AND AFTER GAMMA IRRADIATION. Fabrication of manganese oxide ceramics from manganite mineral has been carried out. Manganese oxide powder was derived from manganite mineral by dilution and precipitation. The precipitated powder was pressed and sintered at 1000°C-1200°C for 1 hour in air. Electrical characteristic was determined before and after gamma irradiation of 50 kGy. The XRD analyses showed that the precipitated powder composed of mainly Fe oxide (Fe_2O_3) and Mn oxide (Mn_2O_3), and the sintered ceramics tend to crystallize in cubic spinel forming a solid solution. The electrical characteristics showed that the ceramics had a negative thermal coefficient (NTC) property that is the electrical resistivity decreases with the increase of temperature. The effect of gamma irradiation of 50 kGy on the electrical characteristics was not seen.

Key words : thermistor, negative thermal coefficient (NTC), mineral, manganite, gamma irradiation.

PENDAHULUAN

Dalam rangka swasembada komponen dan substitusi impor serta alih teknologi, berbagai usaha harus dilakukan. Dikaitkan dengan pemulihan krisis usaha seperti ini menjadi lebih penting lagi. Di antara berbagai komponen yang selama ini diimpor salah satunya adalah

termistor.

Termistor (*Thermistor*) yang merupakan kependekan dari *thermally sensitive resistor* adalah suatu komponen elektronik yang memiliki tahanan listrik yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Berdasarkan responnya terhadap perubahan

Tabel 1. Data radioaktivitas jatuhan di pos pengambilan cuplikan PTAPB, Yogyakarta periode 1987 – 2005, (aktivitas dalam Bq/m²/bulan).

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Avg	Max	Min
1987				1,23	3,59	3,13	3,15	3,23	3,70	1,98	2,97	11,91	3,88	11,91	1,23
1988	7,97	5,32	1,09	4,08	0,65	5,63	1,00	4,74	2,64	2,64	11,72	3,33	4,23	11,72	0,65
1989	7,97	35,27	23,88	18,68	4,18	19,09	15,60	18,45	5,57	11,18	7,83	2,04	14,15	35,27	2,04
1990	10,45	23,12	24,32	52,59	13,33	2,26	4,69	2,55	5,26	2,12	9,83	28,58	14,93	52,59	2,12
1991	14,08	5,05	19,69	23,33	5,37	2,53	5,14	4,35	5,58	4,67	2,03	17,55	9,11	23,33	2,03
1992	10,64	8,86	10,66	8,10	20,49	1,88	10,81	7,88	1,45	5,76	17,69	7,28	9,29	20,49	1,45
1993	6,48	9,39	12,32	6,94	6,39	2,35	10,86	9,49	7,59	3,76	1,82	12,89	7,52	12,89	1,82
1994	14,33	13,61	22,90	9,26	4,61	1,38	2,41	2,54	2,63	3,01	5,65	3,32	7,14	22,90	1,38
1995	16,56	6,02	14,32	11,70	5,62	2,00	3,61	3,32	3,61	12,92	5,98	33,46	9,93	33,46	2,00
1996	6,97	34,84	8,25	4,49	3,90	2,42	3,40	4,46	4,90	3,04	19,94	9,23	8,82	34,84	2,42
1997	4,58	10,82	32,79	9,44	5,43	0,17	2,07	6,21	11,57	10,35	5,26	9,00	8,97	32,79	0,17
1998	11,75	9,70	3,99	0,41	17,47	13,67	1,42	4,79	4,37	11,40	15,34	25,98	10,03	25,98	0,41
1999	12,80	19,24	14,53	31,96	19,41	3,26	14,00	1,67	3,58	5,11	14,38	23,86	13,65	31,96	1,67
2000	19,81	17,45	27,06	10,64	2,08	16,62	3,94	4,60	3,72	5,17	19,69	9,78	11,71	27,06	2,08
2001	23,41	18,52	9,26	10,07	7,56	11,36	8,23	5,51	22,33	37,94	23,15	26,53	16,99	37,94	5,51
2002	14,25	18,52	15,51	25,19	6,29	2,41	4,11	1,94	5,28	5,46	6,62	33,73	11,61	33,73	1,94
2003	16,91	29,48	11,37	19,48	8,75	17,96	20,96	6,00	46,30	45,56	47,93	24,22	24,58	47,93	6,00
2004	11,88	33,42	31,19	17,65	23,51	23,29	8,66	3,04	3,24	3,83	29,39	24,22	17,78	33,42	3,04
2005	28,05	47,97	22,06	30,10	19,89								29,61	47,97	19,89

pengamatan di luar PTAPB, kejadian letusan Januari 1997 menaikkan radioaktivitas jatuhan yang terukur naik menjadi 13,77 Bq/m²/bulan di bulan berikutnya dan 12,74 Bq/m²/bulan pada dua bulan berselang (tertinggi di tahun 1997). Walaupun kubah lava yang terbaru adalah kubah lava 97, tetapi letusan yang terjadi di bulan Juli 1998 justru meruntuhkan kubah lava yang terbentuk di tahun 1957. Dan juga terjadi perubahan arah aktivitas Merapi dari yang semula mengarah ke selatan-barat daya-barat berubah ke arah barat-barat laut. Mungkin karena ini pula radioaktivitas jatuhan yang terukur tidak begitu tinggi di bulan berikutnya, tapi terjadi kenaikan yang cukup signifikan setelah 4 sampai 6 bulan sejak terjadinya letusan.

5. Adanya letusan di awal Februari 2001 juga memberikan tingkat radioaktivitas jatuhan yang terukur di bulan Februari di pos PTAPB yang cukup tinggi yaitu 18,52 Bq/m²/bulan, atau lebih tinggi dari rerata tahunan sebesar 16,99 Bq/m²/bulan dan hampir empat kali dari radioaktivitas minimum di tahun 2001.

Untuk periode tahun 1986 sampai tahun 1992, di mana terjadi letusan dan semburan awan panas di tahun 1986, serta peningkatan aktivitas seismik serta letusan di tahun 1992, terlihat tingkat radioaktivitas yang terukur banyak terdapat pada jangkauan 15–30 Bq/m²/bulan. Demikian juga untuk periode letusan di tahun 1997, 1998 dan 2001 ada kecenderungan tingkat radioaktivitas jatuhan naik dan berada pada

jangkauan 15 – 30 Bq/m²/bulan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa aktivitas gunung Merapi memberikan kontribusi terhadap kenaikan tingkat radioaktivitas jatuhan yang terukur, namun demikian pergerakan partikel yang dilepaskan ke atmosfer saat terjadi letusan/kegiatan gunung Merapi juga masih dipengaruhi oleh arah angin serta kecepatan angin, serta faktor-faktor meteorologis lainnya yang perlu dipertimbangkan.

KESIMPULAN

Dari data pengukuran radioaktivitas jatuhan di sekitar PTAPB–BATAN Yogyakarta sejak tahun 1987 sampai 2005, terlihat 5 aktivitas gunung Merapi yang terjadi pada jangka waktu tersebut memberikan kontribusi terhadap kenaikan radioaktivitas jatuhan.

II. PENENTUAN RADIOAKTIVITAS JATUHAN

Cuplikan jatuhan yang terkumpul setiap bulan pada suatu wadah cuplikan dan di lokasi yang telah ditentukan, secara rutin diambil untuk kemudian dianalisis radioaktivitas beta totalnya. Cuplikan jatuhan ada dua macam yaitu jatuhan basah yang berupa air hujan dan embun, serta jatuhan kering yang berupa debu.

Cuplikan jatuhan basah diaduk/dibuat homogen dan diukur volumenya. Jika volume ≥ 2 liter, maka diambil sebanyak 2 liter saja. Jika volumenya ≤ 2 liter maka diambil semuanya. Cuplikan jatuhan kering diambil dengan melarutkan debu yang menempel di permukaan penampung dengan air suling.

Preparasi cuplikan dilakukan dengan cara penguapan untuk mendapatkan konsentrat cuplikan. Konsentrat hasil penguapan dipindahkan ke dalam planset dan ditimbang beratnya. Radioaktivitas yang terkandung di dalam cuplikan diukur dengan alat cacah latar rendah/LBC (*Low Background Counter*) dengan sistem antikoinciden. Hasil pengukuran dengan LBC digunakan untuk menentukan tingkat radioaktivitas jatuhan setiap bulannya. Apabila cuplikan dianggap perlu untuk dianalisis lebih lanjut dilakukan identifikasi radionuklida yang terkandung di dalam cuplikan dengan spektrometri gamma latar rendah.

Perhitungan radioaktivitas jatuhan dilakukan dengan rumus (6):

$$\frac{C \times V}{2 \times E \times 2,22 \times 10^{-6} \times \phi} \mu\text{Ci}/\text{km}^2/\text{bulan},$$

dengan C adalah cacah neto cuplikan (cpm), V volume jatuhan (liter), E efisiensi alat cacah (%), ϕ luas penampang wadah (m^2).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pemantauan radioaktivitas jatuhan di dua lokasi yang berbeda yaitu di pos pengambilan cuplikan di PTAPB serta pos pengambilan cuplikan di luar kawasan PTAPB (2000 meter di sebelah Timur), diperoleh data radioaktivitas seperti tertera pada Tabel 1 dan Tabel 2. Grafik distribusi radioaktivitas jatuhan bulanan pada periode yang sama dapat dilihat pada Gambar 5 untuk lokasi pos pengambilan cuplikan PTAPB, dan Gambar 6 untuk lokasi di luar PTAPB.

Radioaktivitas jatuhan mempunyai rerata yang sangat berfluktuasi dari tahun ke tahun. Rerata tertinggi radioaktivitas jatuhan di lokasi PTAPB untuk periode tahun 1987 sampai dengan Mei 2005, terjadi pada tahun 2003 yaitu 24,58 $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{bulan}$. Namun radioaktivitas tertinggi bulanan terjadi pada bulan April 1990 sebesar 52,59 $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{bulan}$, disusul berturut-turut bulan November 2003 sebesar 47,93 $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{bulan}$ dan bulan Oktober 2001 sebesar 37,94 $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{bulan}$.

Untuk lokasi pengambilan cuplikan yang berada di luar kawasan PTAPB, rerata radioaktivitas tertinggi tahunan terjadi pada tahun 1989, sebesar 27,31 $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{bulan}$. Radioaktivitas tertinggi bulanan terjadi pada bulan Januari 1995 sebesar 60,59 $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{bulan}$ disusul bulan Oktober dan

aktivitas seismik yang berlangsung sejak 1990, dan terjadi pembentukan kubah 92. Volume kubah diperkirakan 2 juta m³. Pada Februari 1992 terjadi letusan disertai awan panas. Setelah letusan terjadi pertumbuhan kubah yang kemudian disebut sebagai kubah lava 92.

Di bulan November 1994, terjadi longsoran 2,6 juta m³, kubah lava yang terbentuk ditahun 1994 disertai semburan awan panas. Kubah lava 94 ini terbentuk di akhir tahun 1993, serta merupakan titik pertumbuhan baru dari puncak kubah 92.

Sejak bulan Juni 1996 mulai terbentuk kubah lava yang berbentuk perisai dengan lebar sekitar 170 m dan permukaan puncak kubah hampir rata. Pada tahun 1997 terjadi letusan vertikal yang bertitik pusat di puncak kubah perisai tersebut.

Pada bulan Juli 1998 terjadi letusan yang menghancurkan sebagian puncak kubah 97 dan sebagian besar kubah 57. Kubah lava 57 yang menjadi batas/bibir kawah utama bagian barat laut sebagian besar longsor.

Antara tahun 2000 sampai dengan 2005, hanya tercatat letusan di bulan Februari 2001, yang disertai semburan

awan panas ke arah barat daya / barat laut (5)

I.4. Program Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan

Pemantauan terhadap tingkat radiasi dan radioaktivitas alam di sekitar PTAPB (Yogyakarta) dan sekitarnya (Gambar 3), dilakukan dengan cara langsung atau dengan menggunakan cuplikan yang diambil dari komponen lingkungan itu sendiri seperti: udara, air, tanah, tumbuhan dan lain sebagainya. Selain itu dilakukan pula pengukuran tingkat radioaktivitas jatuhan secara rutin, untuk mendeteksi secara dini apabila terjadi kenaikan tingkat radioaktivitas lingkungan yang signifikan. Pemantauan radioaktivitas lingkungan di kawasan PTAPB meliputi daerah sampai dengan radius 5000 meter (Gambar 4). Cuplikan yang diambil meliputi air, tanah, tumbuhan, udara dan jatuhan. Radioaktivitas yang diukur adalah radioaktivitas beta total, karena dapat dilakukan dengan cepat dan dapat untuk membandingkan tingkat aktivitas serta memilih cuplikan yang akan dianalisis radionuklidanya (*radionuclide identification*).

1.1. Kondisi lingkungan di Yogyakarta

Yogyakarta seperti pada umumnya kota besar lainnya menghadapi permasalahan pencemaran udara, dalam hal ini partikulat. Kota Yogyakarta merupakan daerah yang padat penduduknya dan juga padat lalu lintas kendaraan bermotor, akan tetapi sedikit industri, dengan topografi yang relatif datar. Keadaan geografinya, di utara terdapat Gunung Merapi, dan di sebelah selatan terdapat Samudera Hindia (Gambar 1). Dengan karakteristik tersebut dugaan sumber partikulat di Yogyakarta adalah:

- kendaraan bermotor,
- *natural dust* (debu alam) dari tanah
- limbah domestik (rumah tangga dan pembakaran sampah)
- Gunung Merapi
- Samudera Hindia

1.2. Aktivitas Merapi sebagai Sumber Pencemaran Udara

Secara alamiah, atmosfer bumi mengandung partikulat yang berasal dari berbagai proses alam. Sebagai contoh proses alam yang menghasilkan partikulat adalah letusan gunung berapi dan hembusan debu oleh angin. Introduksi debu dan partikulat ke atmosfer dari proses letusan gunung Merapi akan mengubah komposisi atmosfer secara signifikan sehingga menambah tingkat pencemaran udara. Akan tetapi dengan semakin meningkatnya dinamika kehidupan manusia, semakin besar sumbangan aktivitas kegiatan manusia terhadap peningkatan konsentrasi partikulat di udara. Ditinjau dari aspek kesehatan ternyata toksisitas

pencemar yang paling berbahaya adalah partikel, diikuti berturut-turut oleh NO_x , SO_x , HC dan CO (3)

Pencemaran udara di samping dipengaruhi oleh jenis dan banyaknya pencemar, ternyata dipengaruhi pula oleh faktor-faktor meteorologi seperti: arah dan kecepatan angin, stabilitas atmosfer, pola sirkulasi angin, serta keadaan curah hujan. Arah angin menentukan ke arah mana zat pencemar diangkut dan kecepatan angin memegang peranan penting sampai sejauh mana zat pencemar terangkut. Stabilitas atmosfer, sebagai fungsi perubahan suhu terhadap ketinggian, menentukan bagaimana pola/bentuk penyebaran zat pencemar di udara. Pola sirkulasi angin lokal dan regional (Gambar 2), yang dipengaruhi oleh letak topografi dan geografi daerah, memegang peranan dalam pelacakan ke daerah mana zat pencemar dipindahkan. Curah hujan berperan dalam pencucian udara, sehingga mempunyai kemungkinan mengendapkan partikel zat pencemar yang dikandung udara. Oleh karenanya pencemaran udara dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air dan lahan bila air hujan yang turun bersifat asam. Keberadaan partikel-partikel zat pencemar dalam udara memungkinkan percepatan kondensasi dan meningkatkan curah hujan.

Dengan demikian setiap zat pencemar yang masuk dalam atmosfer akan mengalami pengenceran, pengangkutan ke suatu arah tertentu dengan pola penyebaran sesuai dengan stabilitas atmosfer, pencucian oleh air hujan serta perubahan bentuk (transformasi), baik