

LAPORAN TEKNIS 2017

70/AIR 2/OT 02 02/02/2018

**DATA RISET SUMBER DAYA AIR DANAU, AIR TANAH,
DAN FLUIDA GEOTHERMAL**

**Paston Sidauruk, Satrio, Bungkus Pratikno, Rasi Prasetio, E.
Ristin P.I., Neneng Laksminingpuri, Nurfadhlini dan Agus
Martinus**



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2018**

LAPORAN TEKNIS 2017

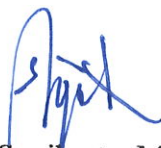
70/AIR 2/OT 02 02/02/2018

DATA RISET SUMBER DAYA AIR DANAU, AIR TANAH,
DAN FLUIDA GEOTHERMAL

Paston Sidauruk, Satrio, Bungkus Pratikno, Rasi Prasetio, E.
Ristin P.I., Neneng Laksminingpuri, Nurfadhlina dan Agus
Martinus


Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Industri dan Lingkungan



Dr. Sugiharto, MT
NIP. 19620705 198510 1 002

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Totti Tjiptosumirat
NIP. 19630830 198803 1 002

Abstrak

DATA RISET SUMBER DAYA AIR DANAU, AIR TANAH, DAN FLUIDA GEOTHERMAL. Pemanfaatan teknologi isotop dalam penelitian sumber daya air seperti airtanah, air permukaan dan komponen yang terkait telah berkembang khususnya beberapa dekade terakhir. Sifat dan karakteristik isotop yang sangat spesifik dapat mengungkap tentang proses, interaksi, dan asal usul suatu komponen hidrologi yang diselidiki. Fenomena ini dapat digunakan untuk meneliti beberapa permasalahan dalam bidang pengelolaan sumber daya air seperti daerah imbuhan, pola aliran, kualitas air, intrusi air laut, keseimbangan air, inter-relasi airtanah dengan air permukaan, dan asal-usul suatu sumber air. Teknik isotop alam (^{18}O , ^2H , ^3H , ^{34}S , ^{13}C , ^{14}C , ^{15}N , dan ^{222}Rn) dan teknik isotop buatan serta parameter hidrologi lainnya akan dipergunakan baik secara simultan baik secara sendiri-sendiri untuk menjawab masalah yang berhubungan dengan pengelolaan sumber daya air. Dalam tahun 2017, kegiatan yang akan dilakukan telah dirancang untuk dapat menopang program Nasional, program BATAN dan pengembangan teknologi isotop dan radiasi khususnya dalam bidang pengelolaan sumber daya air. Kegiatan utama dalam tahun 2017 adalah penelitian pola dinamika lateral air danau Toba, Sumatera Utara. Disamping itu, dalam penelitian tahun 2017 ini juga masih dilanjutkan penelitian stratifikasi pada beberapa titik yang dipilih. Namun pada tahun 2017 ini, penelitian stratifikasi air danau Toba didasarkan pada variasi suhu sebagai fungsi kedalaman. Beberapa penelitian penunjang dilakukan untuk mendukung keterlibatan PAIR dalam kegiatan regional seperti penelitian pola dinamika gerakan air tanah dalam cekungan air tanah Jakarta; penelitian ini untuk adalah menunjang kerjasama regional BATAN melalui RAS 7/030 "*Assesing Deep Groundwater Resources for Sustainable Management Through the Utilization of Isotopic Techniques.*"; dan interaksi air tanah dengan air sungai di daerah aliran sungai (DAS) Ciliwung; penelitian ini juga dimaksudkan sebagai implementasi kerjasama regional RAS 5/069: "*Complementing Conventional Approaches with Nuclear Techniques towards Flood Risk Mitigation and Post-Flood Rehabilitation Efforts in Asia.*" Dalam bidang potensi lapangan panas bumi, tahun 2017 masih melanjutkan penelitian struktur patahan dan upflow lapangan panas bumi Gunung Tampomas Sumedang, Jawa Barat.

Kata Kunci : sumber daya air, isotop alam, danau, air tanah, dinamika air danau, struktur patahan.

PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih untuk menunjang kehidupan yang ada di alam semakin hari semakin meningkat yang diakibatkan berbagai faktor seperti pertumbuhan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri. Dilain pihak sumber daya air yang tersedia dari segi jumlah dari generasi ke generasi adalah sama. Disamping itu, dari jumlah air yang ada juga mengalami tekanan dari kegiatan manusia yang semakin meningkat. Dengan demikian, penanganan yang terpadu dan konkrit dengan teknologi yang ada harus dilakukan untuk menjamin ketersediaan

sumber daya air untuk menopang kehidupan secara berkelanjutan. Semua komponen air dalam siklus hidrologi yang tersedia untuk pemenuhan kebutuhan manusia (i.e., air danau, sungai, air tanah) harus dipertimbangkan dan dimanfaatkan secara optimal. Penanganan masalah pengelolaan sumber daya air ini juga harus mencakup kualitas dan kuantitas air. Isotop dari molekul air dan zat terlarut dalam air dapat mengungkap proses, interaksi, dan asal-usul air tersebut. Dengan demikian teknologi isotop adalah salah satu teknologi yang tersedia untuk menjawab permasalahan di bidang pengelolaan sumber daya air baik secara kualitas maupun kuantitas.

Danau Toba yang terletak di propinsi Sumatra Utara merupakan danau yang terjadi oleh proses vulkanic sekitar 70.000 tahun yang lalu dan mencakup luasan sekitar 1700 km² dengan kedalaman mencapai 505 m dengan elevasi permukaan sekitar 900 m di atas permukaan laut. Danau yang diapit oleh beberapa Kabupaten ini adalah danau yang sangat strategis baik untuk perekonomian rakyat, pariwisata, pembangkit tenaga, maupun untuk lingkungan. Danau Toba sudah dikenal sejak lama telah mampu menopang perekonomian penduduk sekitar baik melalui budi daya ikan atau usaha lain yang ada kaitannya dengan danau air tawar. Danau Toba yang sangat mempesona yang merupakan tujuan wisata utama di Pulau Sumatera, juga merupakan reservoir alam bagi pembangkit listrik tenaga air Sigurgura, Asahan, yang menghasilkan tenaga listrik sebesar 617 MW. Disamping itu, Danau Toba juga menyimpan keragaman hayati yang perlu dilestarikan. Untuk itu, Danau Toba memerlukan penanganan yang terpadu yang melibatkan multi disiplin ilmu yang mencakup semua nilai strategis danau. Dalam upaya mensinergikan upaya penanganan yang berkesinambungan, salah satu unsur penting yang perlu diketahui adalah karakteristik danau yang mencakup diantaranya: interaksi danau dengan air tanah sekitarnya, dinamika air danau, stratifikasi danau, dan keseimbangan airnya. Salah satu teknik yang sudah banyak dilakukan para peneliti untuk mengungkap karakteristik danau ini adalah dengan teknik isotop alam yang ditunjang dengan parameter hidrologi lainnya. Untuk itu peneliti, bermaksud membantu mengungkap karakteristik danau Toba dengan teknik isotop alam yang ditunjang dengan parameter hidrologi lainnya. Penelitian ini ditujukan untuk meneliti komponen komponen yang terkait dalam keseimbangan air danau tersebut. Penelitian ini sangat penting terlebih akhir-akhir ini dimana ada klaim masyarakat telah terjadi penurunan muka air yang sangat berarti yang dikhawatirkan akan berlanjut terus jika penanganan yang serius tidak dilakukan. Kegiatan utama dalam tahun 2017 adalah penelitian pola dinamika lateral air danau Toba, Sumatera Utara. Disamping itu, beberapa kegiatan secara parallel dilakukan seperti:

1. Penelitian stratifikasi air danau Toba lanjutan pada beberapa titik yang dipilih berdasarkan pada variasi suhu sebagai fungsi kedalaman.
2. Penelitian pola dinamika gerakan air tanah dalam cekungan air tanah Jakarta; penelitian ini untuk adalah menunjang kerjasama regional BATAN melalui RAS 7/030 “*Assesing Deep Groundwater Resources for Sustainble Management Through the Utilization of Isotopic Techniques.*“;
3. Penelitian interaksi air tanah dengan air sungai di daerah aliran sungai (DAS) Ciliwung; penelitian ini juga dimaksudkan sebagai implementasi kerjasama regional RAS 5/069: “*Complementing Conventional Approaches with Nuclear Techniques towards Flood Risk Mitigation and Post-Flood Rehabilitation Efforts in Asia.*”
4. Penelitian struktur patahan dan upflow lanjutan dilapangan panas bumi Gunung Tampomas Sumedang, Jawa Barat.

METODE PENELITIAN

1. Pelaksanaan penelitian

Prinsip dari teknologi isotop alam untuk penelitian air tanah, dan air permukaan pada dasarnya ialah mengidentifikasi variasi konsentrasi isotop-isotop tersebut, kemudian dicari korelasinya dengan konsentrasi air meteorik lokal. Karena konsentrasi isotop stabil air meteorik adalah fungsi dari suhu udara, altitude dan latitude maka ini menjadi dasar tentang asal-usul air tanah. Dari sini penelitian bisa berkembang untuk mempelajari anomali lainnya [1, 2, 3].

Dalam pelaksanaannya ada 3 tahap kegiatan yaitu, pengambilan sampel/sampel dari sistem yang diteliti (air tanah, air meteorik, air danau), analisis terhadap sampel-sampel dan interpretasi terhadap hasil analisa. Variasi isotop dan parameter hidrologi lainnya sebagai fungsi waktu dan lateral dari suatu komponenkomponen hidrologi yang dipelajari dapat mengungkap beberapa informasi penting tentang daerah imbuhan, pola dinamika, interaksi dengan sistem air tanah lainnya, dan asal usul komponen hidrologi tersebut. Lebih jauh, variasi isotop ini juga akan dapat digunakan untuk mempelajari tidak hanya pola dinamika air danau tetapi juga untuk menentukan keseimbangan air danau.

Metode sampling adalah sebagai berikut: Contoh air akan diambil sebanyak 20 cc untuk keperluan analisis isotop stabil, 5000 cc untuk keperluan analisis kimia dan tritium,

secukupnya tergantung dari kandungan sulfatnya untuk analisis sulfat dari berbagai sumber air yang ada di daerah yang diteliti [1, 2, 3]. Kemudian contoh ini akan dimasukkan dalam tabung khusus yang telah disediakan untuk menghindari berbagai faktor seperti interaksi dengan sumber lain atau menghindari terjadinya penguapan. Jumlah contoh yang diambil akan disesuaikan dengan tujuan penelitian dan dengan mempertimbangkan saran dalam berbagai literatur, dan harga analisis tiap contoh.

2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian-penelitian sebagai berikut :

- a. Liquid Water Isotop Analyzer (LWIA) merk LGR DLT-100 [4]
- b. Picarro G2101-i laser spectrometer untuk analisis Carbon-13
- c. Carbon-14 Preparation Line
- d. Liquid Scintillation Counter (LSC) merk Perkin Elmer
- e. RAD7 Durrige Co. untuk analisis ^{222}Rn
- f. Ion Chromotography (IC) Metrohm
- g. Multi parameter (pH meter, Termometer, Conductivity meter, Dissolved oxygen)
- h. Hidrograph Digital
- i. GPS
- j. Elevasi meter
- k. Alat penampung curah hujan
- l. Gelas ukur

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian-penelitian sebagai berikut :

- | | |
|---|---|
| a. Nitrogen Cair (N_2 liquid) | j. Pyrolidine Instagel |
| b. Aceton pro analys | k. Botol sampel |
| c. N_2O_2 | l. Oil vacuum pump |
| d. Cu_2O | m. Natrium Hidroksida (NaOH) |
| e. Gas Nitrogen | n. Dryrite untuk LWIA – LGR |
| f. Gas CO_2 | o. Syringe 1,2 μL untuk Autosampler LWIA-LGR |
| g. Asam Phospate 100 % | p. Carbosoft |
| h. Barium Clorida (BaCl_2) | q. Silika gell |
| i. Pyrolidine | |

3. Analisis sampel

Metode analisis secara umum dapat digambarkan sebagai berikut:

- Isotop ^{18}O dan ^2H dalam air dilakukan dengan Laser water analyser.
- Isotop tritium dengan cara enrichment
- Isotop ^{14}C dilakukan dengan metode carboxorb
- ^{222}Rn dengan RAD7 DurrIDGE
- Hidrokimia (anion dan Kation) dengan Ion Chromatography

Analisis isotop ^{18}O dan Deuterium.

Analisis isotop ^{18}O dilakukan dengan metode spektroskopi laser menggunakan alat *Liquid-Water Isotope Analyser* yang dilengkapi dengan *auto injector* (gambar 1) [4]. Analisis menggunakan 3 buah standar kerja dengan nilai komposisi isotop ^{18}O dan ^2H yang berbeda-beda dan terkalibrasi sehingga hasil analisis tertelusur dengan baik.



Gambar 1. *Liquid water isotope analyzer.*

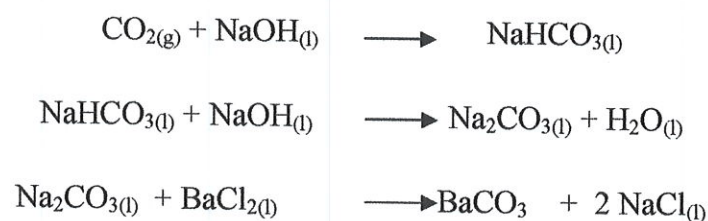
Sebanyak 1 ml sampel air baik yang berasal dari uap air udara, air tanah, air hujan dan air dari daun maupun akar tumbuhan dalam penelitian evapotranspirasi, diambil dan dimasukkan dalam botol sampel, untuk kemudian ditempatkan pada baki pada autosampler LWIA-LGR.

Analisis Tritium

Untuk analisis tritium, dibutuhkan sebanyak 1 liter sampel air diambil dari lapangan. Di lab, sampel tersebut kemudian didestilasi untuk menghilangkan mineral-mineral lain. Air terdestilasi sebanyak 600 cc selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung elektrolisis yang didalamnya berisi cell. Sebanyak 14 tabung cell atau sampel dalam sekali elektrolisis dimasukkan ke dalam bak pendingin dengan suhu sekitar 4 oC. Masing-masing cell dihubungkan secara seri kemudian dialiri arus listrik selama 10 hari. Setelah 10 hari, volume sampel akan menjadi 20 cc sehingga terjadi pengkayaan Tritium kurang lebih 30 kali lipat. Sampel kemudian dinetralkan menggunakan CO₂. Masing-masing sampel diambil 10 cc dan dimasukkan ke dalam vial gelas kemudian ditambah dengan 11 cc ULTIMA Gold LLT (sintilator) dan dicacah menggunakan alat Liquid Scintillation Analyzer selama satu jam tiap sampelnya dengan 20 kali pengulangan.

Analisis isotop ¹³C.

Analisis isotop C-13 untuk merunut asal-usul senyawa karbon dalam air tanah dilakukan dengan cara berikut. Isotop yang terlarut dalam air tanah atau batuan disebut DIC (*Dissolved Inorganic Carbon*). Air tanah yang diambil direaksikan dengan NaOH *free* CO₂ dan kemudian ditambahkan larutan BaCl₂ 10 % untuk didapatkan endapan karbonat BaCO₃. Endapan BaCO₃ kemudian dikeringkan menggunakan pemanas (oven) pada suhu 60°C. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut [6, 7, 8] :



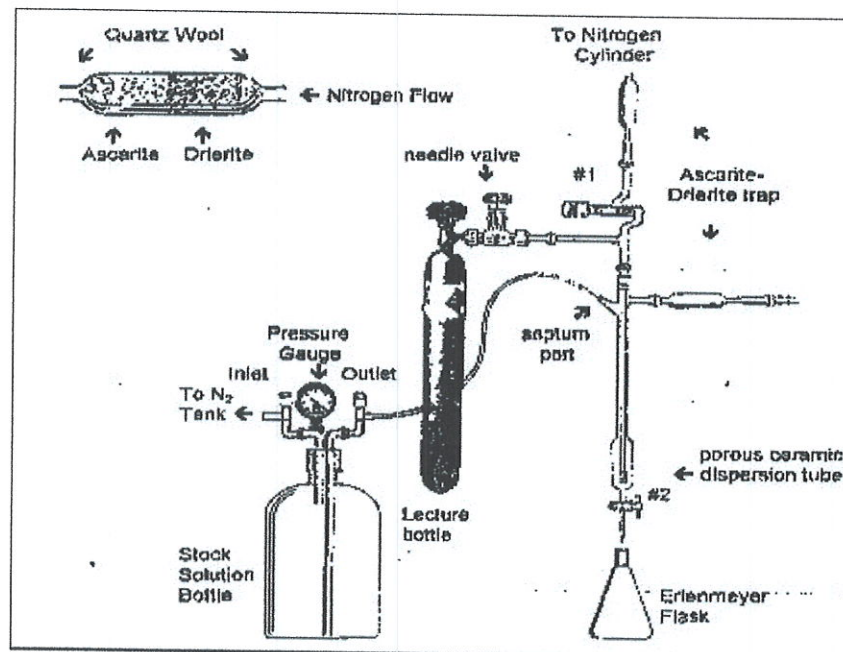
Endapan BaCO₃ yang sudah dikeringkan kemudian direaksikan dengan H₃PO₄ 100 % dalam tabung pada kondisi vakum. Gas CO₂ yang terlepas dalam tabung reaksi tersebut kemudian ditangkap (*traping*) dengan menggunakan N₂ cair dengan suhu -195⁰C juga pada kondisi tabung *traping* yang sudah divakum. kelanjutan dari persamaan di atas adalah sebagai berikut :



kemudian gas CO₂ yang didapat dianalisis komposisi rasio isotop ¹³C-nya dengan spektrometer massa SIRA-9.

Analisis isotop ^{14}C

Salah parameter penting dalam penelitian air tanah adalah residence time atau umur air tanah tersebut. Umur air tanah diantaranya Radioisotop ^{14}C mempunyai waktu paro 5730 tahun. Analisis konsentrasi (aktivitas) radioisotop ^{14}C dilakukan dengan langkah-langkah berikut: preparasi sampel pada alat sintesis benzena, pencacahan sampel, estimasi aktivitas ^{14}C sampel, dan penentuan umur sampel.



Gambar 2 : Rangkaian alat absorpsi CO_2 .

Sampel air untuk analisis ^{14}C diambil langsung dari sumbernya untuk menghindari kontaminasi udara. Sebanyak 60 liter sampel air dimasukkan ke dalam tabung pengendap karbonat. Proses pengendapan karbonat dilakukan dengan cara menambahkan sejumlah larutan kimia seperti $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaOH (bebas CO_2), BaCl_2 dan Praestol dalam kondisi basa. Dari proses ini diperoleh endapan sampel dalam bentuk BaCO_3 . Endapan BaCO_3 yang diperoleh dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kandungan ^{14}C dan ^{13}C .

Analisis isotop ^{14}C dilakukan dengan metode carbosorb yaitu dengan cara melakukan penyerapan CO_2 , baik CO_2 yang berasal dari sampel, latar belakang maupun standar dengan penyerap carbosorb yang telah dicampur dengan sintilator, fungsi dari sintilator ini adalah untuk mengubah emisi β dari $^{14}\text{CO}_2$ menjadi foton-foton cahaya [8].

Dalam kondisi vakum, sampel karbonat dalam bentuk senyawa BaCO_3 atau CaCO_3 direaksikan dengan HCl 10% sehingga diperoleh CO_2 melalui reaksi berikut.



Sebanyak kira-kira lima liter CO₂ ditampung dalam tabung *stainless steel*. Gas CO₂ ini selanjutnya dialirkan ke kolom absorpsi yang telah diisi dengan 35 ml larutan sintilator dan carborb.

Setelah proses absorpsi selesai, larutan yang terbentuk langsung dikururkan ke dalam labu *erlenmeyer* sambil dialiri gas N₂. Sebanyak 21 ml larutan tersebut diambil dan dituangkan ke dalam vial gelas 21 ml dengan menggunakan pipet volumetrik. Radioisotop ¹⁴C yang terkandung dalam ¹⁴CO₂ kemudian dicacah dalam pencacah sintilasi cair selama 20 menit 50 kali pengulangan [3].

Analisis Anion (Cl⁻, SO₄²⁻ dan HCO₃⁻) dan Kation (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺)

Analisis anion (Cl⁻ dan SO₄²⁻) dalam contoh air dilakukan dengan Ion Chromatografi 833 Basic Plus Metrohm dengan kolom Metrosep A supp-5 150/4.0. Contoh air disaring terlebih dulu dengan kertas saring mikropore 0.25 μm sebanyak kira-kira 50 ml. Sebanyak 10 ml contoh air tersebut dituang ke dalam vial plastik dan ditempatkan dalam urutan di Compact Autosampler Metrohm 863 yang terhubung dengan alat Ion Chromatography. Sebelumnya telah dibuat urutan konsentrasi (ppm) multi larutan standar Cl⁻ dan SO₄²⁻ untuk pembuatan kurva kalibrasi standar. Urutan sampel dan larutan standar ditulis dalam *determination series*. Pengukuran tiap sampel dan larutan standar dilakukan selama 50 menit. Analisa kualitatif dilakukan dengan membandingkan waktu retensi tiap senyawa pada contoh dengan waktu retensi larutan standar. Untuk Cl⁻ mempunyai waktu retensi sekitar 7 menit sedangkan SO₄²⁻ mempunyai waktu retensi sekitar 35 menit. Waktu retensi ini dapat berubah, oleh karena itu setiap 1 cycle pengukuran perlu disertakan larutan standar. Analisa kuantitatif dilakukan dengan mengukur luas puncak pada waktu retensi tiap senyawa dan memplotkan pada kurva kalibrasi standar. Perhitungan konsentrasi Cl⁻ dan SO₄²⁻ dalam contoh dilakukan menggunakan program excel setelah diketahui slope dan intercept kurva kalibrasi standar konsentrasi (ppm) versus luas puncak. Analisa bikarbonat dilakukan dengan metode titrasi menggunakan HCl 0.02N, titik titrasi pada pH=4.5 atau dengan indikator metil orange. Hasil kali volume (ml) dan konsentrasi HCl (ppm) yang dibutuhkan untuk menitar sebanding dengan konsentrasi HCO₃⁻ dalam sejumlah volume contoh air.

Untuk analisa kation (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺) contoh air perlu ditambahkan HNO₃ beberapa tetes untuk mencegah pengendapan kation. Analisa kation dilakukan juga dengan Ion Chromatografi 833 Basic Plus Metrohm dengan jenis kolom Metrosep C-4 250/4.0 yang dilengkapi dengan 863 Compact

Autosampler. Analisa kualitatif dan kuantitatif pada kation sama dengan analisa pada anion. Urutan waktu retensi adalah Na sekitar 6 menit, K sekitar 12 menit, Ca sekitar 23 menit dan Mg sekitar 30 menit.

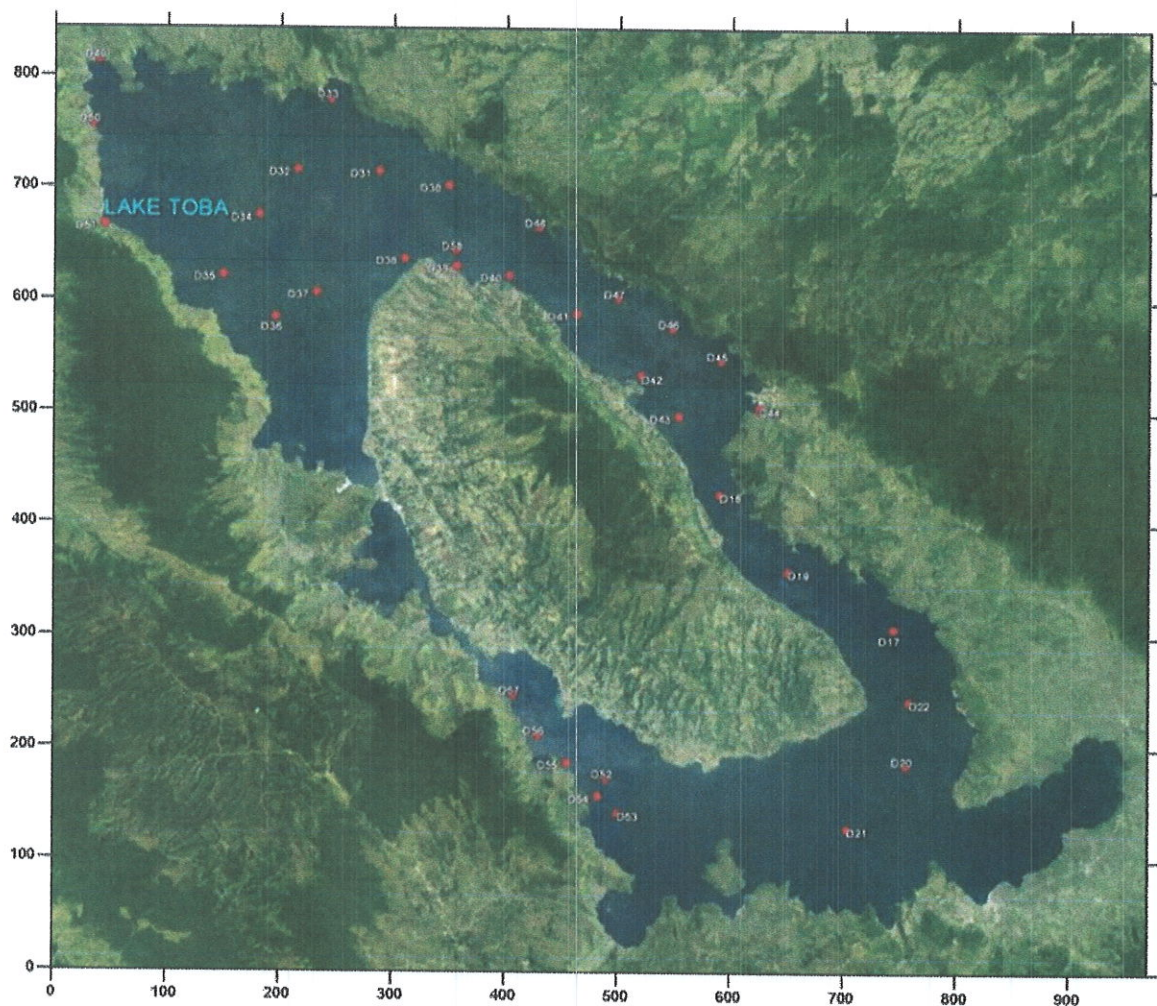
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Riset Stratifikasi dan pola dinamika lateral Air Danau Toba

Pada tahun 2017, pengamatan dan pengambilan sampel dari air danau Toba untuk tujuan penelitian pola dinamika lateral dan stratifikasi telah dilakukan. Pengambilan sampel dilakukan pada titik-titik pengambilan sampel yang dipilih sekitar 1 m dari permukaan. Pengambilan sampel tidak langsung diambil dari permukaan untuk menantisipasi suhu permukaan yang sangat terpengaruh dengan suhu udara sekitar. Pada beberapa titik yang ditentukan, pengukuran suhu air danau dari permukaan sampai kedalaman 100 m juga telah dilakukan. Pengukuran suhu ini dilakukan dengan alat *Eijklkamp CTD-Diver* yang dapat merekam konduktifitas (C), suhu (T) dan kedalaman (D) secara otomatis dari kedalaman 0 m sampai dengan 100 m. Lokasi pengambilan sampel diberikan dalam Gambar 3. Titik-titik sampel ini disebar sehingga dapat mewakili seluruh permukaan air danau. Namun beberapa lokasi khususnya diujung selatan danau Toba belum dilakukan pengambilan sampel. Hal ini terjadi diluar perkiraan karena adanya pemotongan anggaran oleh pemerintah sehingga pengambilan sampel yang telah direncanakan pada bulan Nopember 2017 harus dibatalkan. Hasil pengukuran parameter insitu seperti suhu, pH, konduktifitas, oksigen terlarut serta analisis kadungan isotop stabil deuterium (δD) dan Oksigen-18 ($\delta^{18}O$) diberikan dalam Tabel 1a, dan 1b, masing-masing untuk pengambilan sampel pada Februari, dan Juli 2017. Dari Tabel 1a, dan 1b ataupun Gambar 4a dan 4b dapat dilihat bahwa kandungan isotop stabil baik deuterium maupun oksigen-18 secara umum menunjukkan variasi secara lateral. Variasi lateral Oksigen-18 dan deuterium tidak menunjukkan pola yang sama. Hal ini sangat tidak terduga karena proses alam seperti penguapan seharusnya mempunyai efek yang sama terhadap variasi isotop O-18 dan deuterium. Hal lain yang mungkin terjadi adalah bahwa sumber air pada titik sampling yang berbeda berasal dari sumber air yang berbeda. Namun hal ini masih perlu diverifikasi pada sampling berikutnya. Pada Gambar 5 juga ditunjukkan variasi suhu sebagai fungsi kedalaman pada 4 titik yang dipilih. Ke empat titik dipilih sedemikian dapat menunjukkan profile vertical suhu dari sisi Timur dan Barat danau. Profil vertical air danau menggambarkan fenomena stratifikasi air danau yang pada umumnya disebabkan oleh suhu yang lebih besar pada permukaan danau. Suhu yang lebih besar pada

permukaan menyebabkan dinamika yang lebih aktif pada permukaan dibandingkan pada kedalaman yang lebih besar. Pada pola stratifikasi yang didasarkan pada profil tegak suhu menggambarkan dengan jelas tiga bagian stratifikasi yaitu lapisan atas (epilimnion) antara 0 – 15 m, lapisan tengah (metalimnion) 15 – 50 m, dan lapisan bawah (hypolimnion) >50m.

Phenomena stratifikasi tidak ditemukan pada konduktifitas dan dan pH. Kedua parameter ini mempunyai besaran yang hampir sama sebagai fungsi kedalaman. Hal ini juga dapat diterangkan karena dinamika air yang lebih aktif pada permukaan tidak mempengaruhi unsur-unsur terlarut dalam air yang pada akhirnya tidak mempengaruhi konduktifitas maupun pH air.



Gambar Titik Sampling Air Permukaan D. Toba

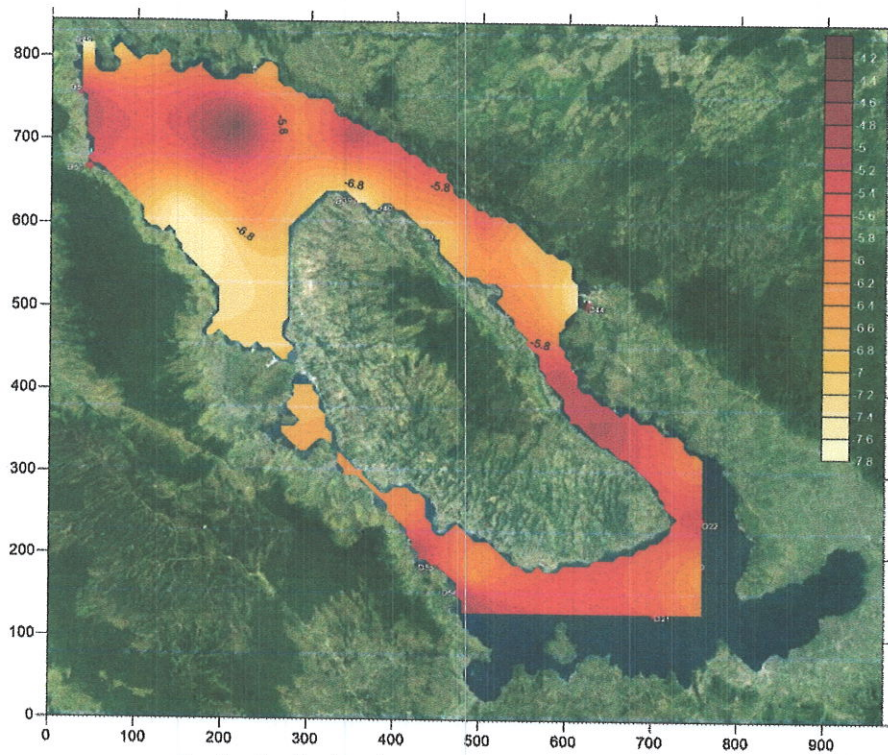
Gambar 3: Lokasi pengambilan sampel air danau

Tabel 1a: Data insitu dan isotop stabil pengambilan sampel Februari 2017

Kode	Dalam (m)	Kordinat		Isotop stabil		T (°C)	pH	C (µS)	Ket
		East (m)	North (m)	δ ¹⁸ O (‰)	δD (‰)				
D30	1	310167	471819	-4.98	-49.2	25.8	8.32	154	07-Feb-17
D31	1	311411	467001	-6.13	-45.0	26.6	8.42	148	
D32	1	311826	461299	-4.20	-45.0	25.8	8.29	148	
D33	1	316709	463898	-6.56	-43.6	26.4	8.33	149	Harang Gaol
D34	1	308833	458470	-5.36	-45.1	25.5	9.65	152	
D35	1	304735	455721	-7.47	-44.3	25.0	8.50	142	Bahal-Bahal
D36	1	301602	459209	-7.51	-43.5	26.2	8.45	145	
D37	1	303180	462183	-6.08	-42.6	25.6	9.11	147	
D38	1	305242	468472	-7.02	-48.2	25.5	9.34	155	
D39	1	304525	472067	-7.49	-44.3	25.2	8.54	132	08-Feb-17
D40	1	303666	475710	-6.48	-48.7	25.7	8.41	130	Janji Martahan
D41	1	300751	480304	-6.95	-43.2	25.3	8.44	140	Holang2, Tolping
D42	1	296206	484600	-6.09	-43.9	26.2	8.52	140	Tuktuk
D43	1	293213	487060	-6.10	-43.9	25.3	8.62	144	Sibisa
D44	1	293454	492732	-7.87	-49.1	27.0	8.52	150	Ajibata
D45	1	296951	490246	-6.79	-43.8	25.6	8.40	146	B. Gantung
D46	1	299391	486931	-6.65	-44.0	26.6	8.46	144	Repa, Sipolha
D47	1	301685	483259	-5.58	-49.5	26.7	9.13	149	
D48	1	306945	477951	-5.56	-45.6	25.9	8.43	136	Tj. Unta
D49	1	320239	447856	-7.75	-44.1	25.5	9.65	152	Tongging
D50	1	315794	447188	-5.02	-46.0	24.5	8.80	154	Paropo
D51	1	308664	447671	-5.32	-45.4	25.1	8.60	145	Silalahi

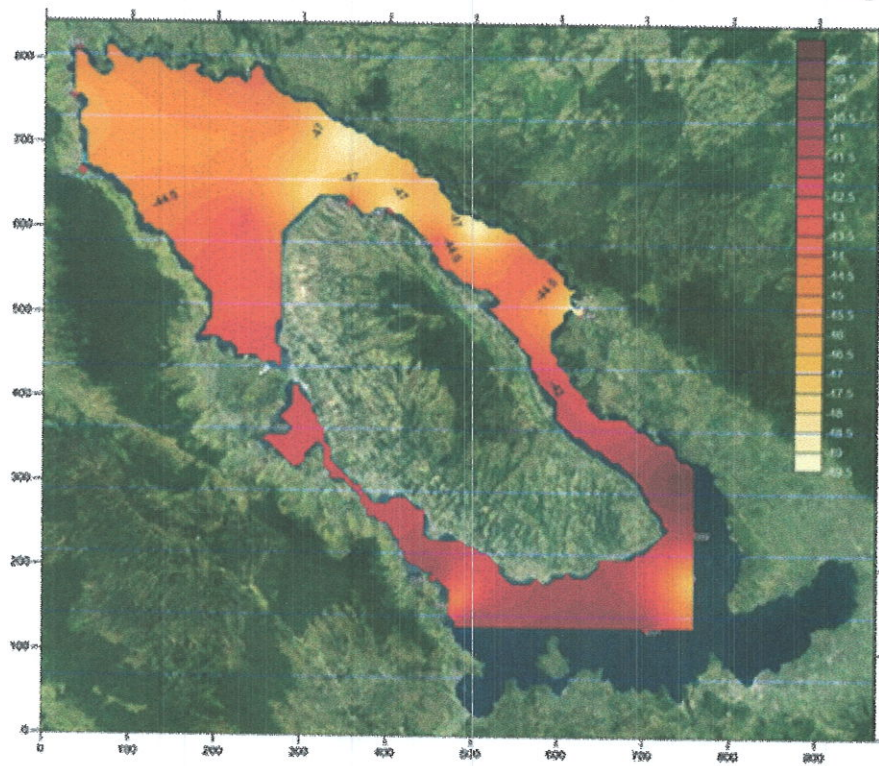
Tabel 1b: Data insitu dan isotop stabil pengambilan sampel Juli 2017

Kode	Dalam (m)	Kordinat		Isotop stabil		T (°C)	pH	DO (mg/L)	Ket
		East (m)	North (m)	δ ¹⁸ O (‰)	δD (‰)				
D52	1	268122	480659	-6.31	-44.0	27.9	8.95	4.61	Janjiraja-1
D53	1	265616	481302	-5.06	-40.5	28.2	8.74	4.30	Rapusan-Janjiraja
D54	1	266908	480007	-5.14	-44.7	28.1	8.39	4.21	Janjiraja-2
D55	1	269384	477963	-5.56	-40.1	28.1	8.39	4.34	
D56	1	271415	476040	-4.92	-40.9	28.3	8.24	4.09	Ransang Bosi
D57	1	274320	474494	-6.14	-41.8	29.0	8.28	3.47	Tamba
D58	1	305622	472061	-5.09	-39.7	21.8	8.64	5.55	P. Tao (Pagi 6.30)



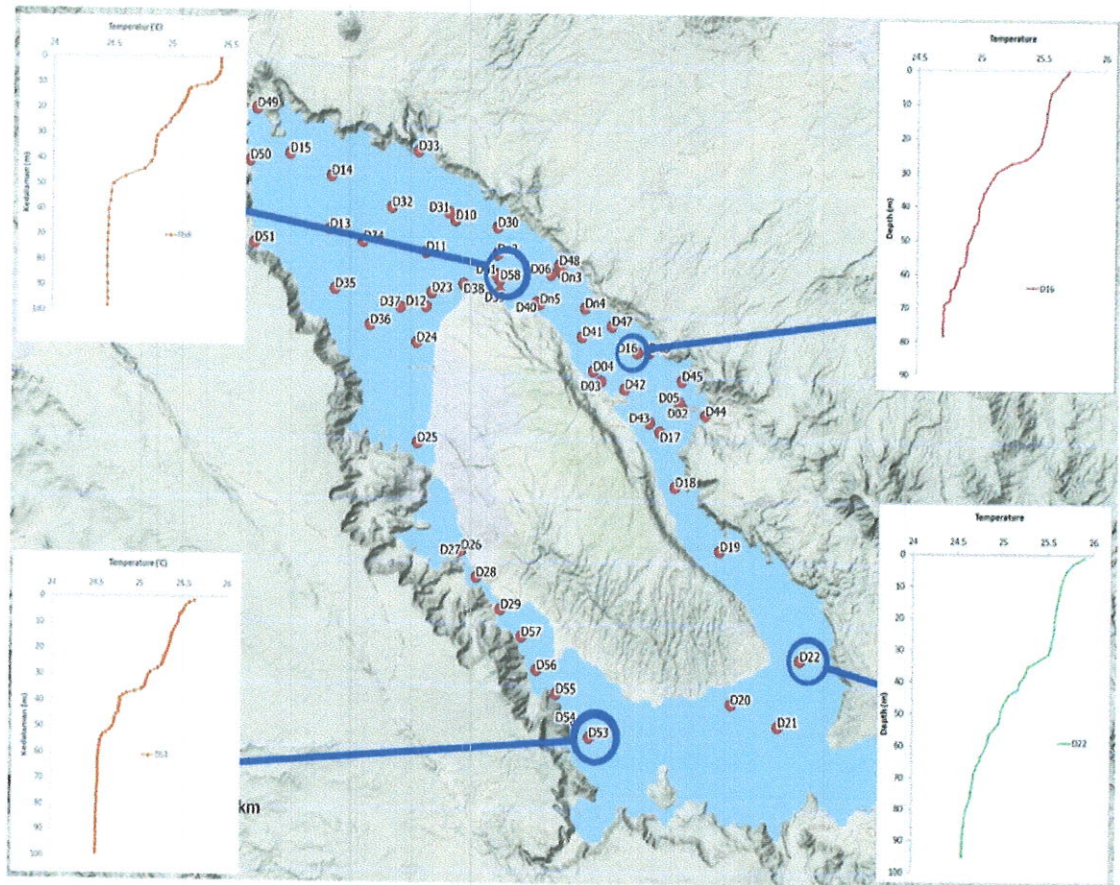
Gambar Iso Contour Isotope O-18 Air Permukaan D. Toba

Gambar 4a: Pola dinamika horizontal air danau berdasarkan kelimpahan $\delta^{18}\text{O}$



Gambar Iso Contour Isotope Deuterium Air Permukaan D. Toba

Gambar 4b: Pola dinamika horizontal air danau berdasarkan kelimpahan δD

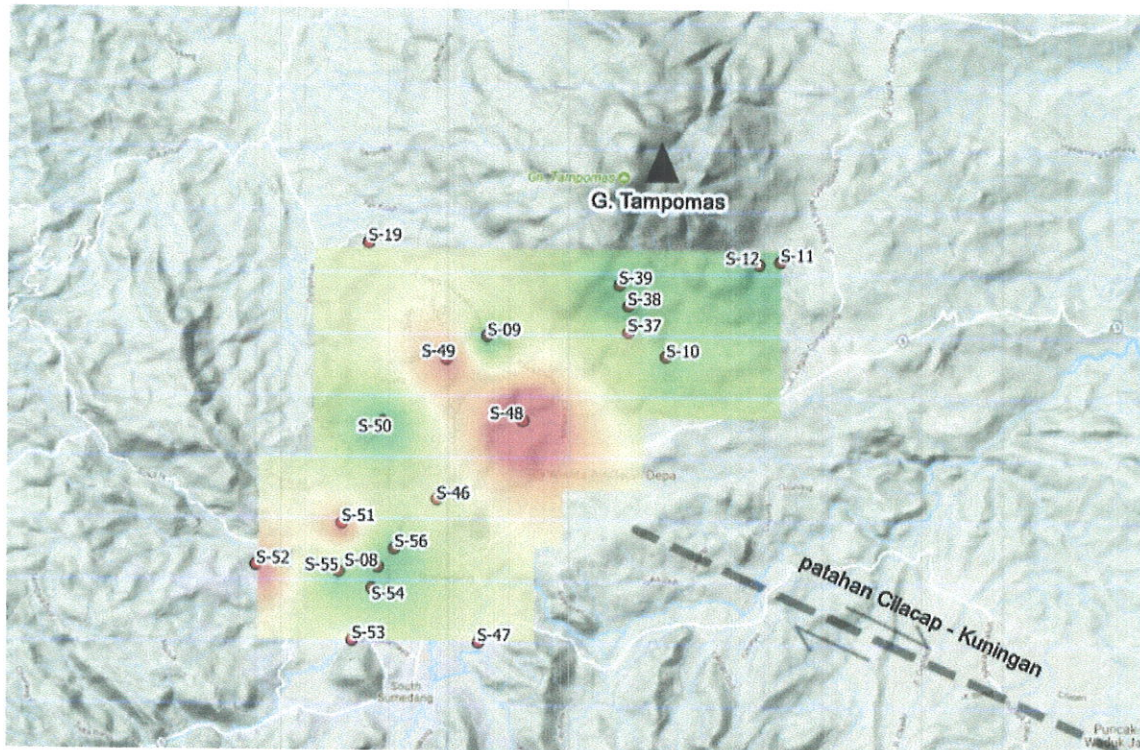


Gambar 5: Pola stratifikasi air danau Toba berdasarkan suhu sampel yang dikumpulkan pada Februari dan Juli 2017

2. Data Riset Penelitian Struktur patahan dan upflow lapangan panas bumi

Telah dilakukan pengukuran ^{222}Rn tanah di 19 titik di sekitar mata air panas Ciseupan dan sisi selatan gunung Tampomas. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi ^{222}Rn tanah yang terendah berada di daerah mata air panas Ciseupan (titik S08) sebesar 134 Bq/m^3 . Jika dibandingkan dengan ^{222}Rn dalam air dari sumber mata air panas Ciseupan (tahun 2016) yaitu 1110 Bq/m^3 , sedangkan nilai ^{222}Rn tanah Ciseupan rendah mengindikasikan bahwa mata air panas Ciseupan merupakan daerah outflow dimana fluida air panas tidak keluar langsung dari bawah titik tersebut melainkan mengalir naik di daerah up flow kemudian mengalir secara lateral hingga keluar sebagai mata air panas.

Sementara konsentrasi ^{222}Rn tanah tertinggi berada di daerah Cimalaka (titik S48) sebesar 15774 Bq/m^3 juga di titik S49 sebesar 10650 Bq/m^3 . Konsentrasi ^{222}Rn yang tinggi ini bersesuaian dengan adanya patahan Cilacap – Kuningan.



Gambar 6: Kontur distribusi ^{222}Rn tanah di sekitar Ciseupan dan selatan gunung Tampomas.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan pengumpulan sampel air danau Toba dari berbagai lokasi pada kedalaman 1 m dari permukaan telah diperoleh pola dinamika lateral danau Toba. Secara umum, variasi lateral Oksigen-18 dan deuterium tidak menunjukkan pola yang sama. Hal ini sangat tidak biasa karena proses alam seperti penguapan seharusnya mempunyai efek yang sama terhadap variasi isotop O-18 dan deuterium. Hal ini mungkin terjadi adalah bahwa sumber air pada titik sampling yang berbeda berasal dari sumber air yang berbeda. Namun hal ini masih perlu diverifikasi pada sampling berikutnya. stratifikasi air danau Toba. Profil tegak suhu dari beberapa titik pengambilan sampel pada sisi Timur dan Barat danau juga telah dilakukan yang menggambarkan pola stratifikasi air danau. Profil tegak suhu memberikan gambaran pola stratifikasi air danau yang lebih jelas jika dibandingkan dengan pola stratifikasi yang didasarkan dengan profil tegak kandungan isotop stabil yang telah dilaporkan pada laporan teknis penelitian tahun 2016. Pada pola stratifikasi yang didasarkan

pada profil tegak suhu menggambarkan dengan jelas tiga bagian stratifikasi yaitu lapisan atas (epilimnion) antara 0 – 15 m, lapisan tengah (metalimnion) 15 – 50 m, dan lapisan bawah (hypolimnion) >50m. Phenomena yang sama tidak ditemukan pada konduktivitas dan pH. Kedua parameter ini mempunyai besaran yang hampir sama sebagai fungsi kedalaman. Hal ini juga dapat diterangkan karena dinamika air yang lebih aktif pada permukaan tidak mempengaruhi unsur-unsur terlarut dalam air yang pada akhirnya tidak mempengaruhi konduktivitas maupun pH air.

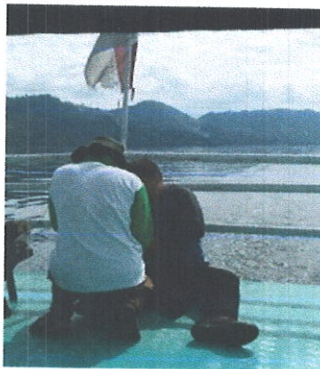
Hasil pengukuran konsentrasi ^{222}Rn tanah di sekitar gunung Tampomas hasil terendah berada di daerah mata air panas Ciseupan (titik S08) sebesar 134 Bq/m^3 sebaliknya aktifitas ^{222}Rn dalam air dari sumber mata air panas Ciseupan mencapai 1110 Bq/m^3 hal ini mengindikasikan bahwa mata air panas Ciseupan merupakan daerah outflow dimana fluida air panas tidak keluar langsung dari bawah titik tersebut melainkan mengalir naik di daerah up flow kemudian mengalir secara lateral hingga keluar sebagai mata air panas. Sementara konsentrasi ^{222}Rn tanah tertinggi berada di daerah Cimalaka (titik S48) sebesar 15774 Bq/m^3 juga di titik S49 sebesar 10650 Bq/m^3 . Konsentrasi ^{222}Rn yang tinggi ini bersesuaian dengan adanya patahan Cilacap – Kuningan.

DAFTAR PUSTAKA

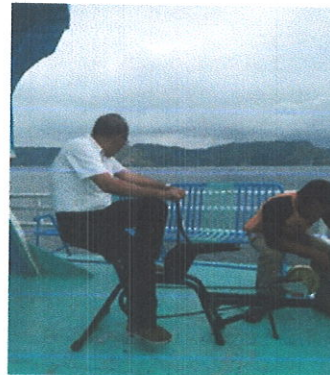
1. IAEA, "Stable Isotope Hydrology; Deuterium and Oxygen-18 in Water Cycle," Technical Report series no. 210, IAEA, Vienna, (1981).
2. ERIKSSON, E., "Stable Isotopes and Tritium in Precipitation," *Guide book on Nuclear Techniques in Hydrology*, Technical Report series no. 91, IAEA, Vienna, 19–34(1983).
3. CLARK, I. And FRITZ, P., *Environmental Isotopes in Hydrology*, Lewis Publishers, New York, (1997).
4. Los Gatos Research, "Liquid isotope analyser, highest precision and speed," <http://www.lgrinc.com/analyzers/isotope/> access: December 2013.
5. GHOSH, P. AND BRAND, W. A., "Stable Isotopes Ratio Mass Spectrometry in Global Climate Change Research," *International Journal of Mass Spectrometry*, v. 228, 1 – 33 (2003).
6. HOEFS J., *Stable isotop geochemistry*. Springer verlag, Berlin - Heidelberg-New York (1980).

7. DAVIS, S. N., THOMPSON, G. M., BENTLEY, H. W., STILES, G., "Groundwater Tracers – A short Review," *Ground Water*, v. 18, no. 1, 14 – 23 (1980).
8. DOMENICO, P.A., and SCHWARTZ, F. W., *Physical and Chemical Hydrogeology*, John Wiley and Son, New York, (1990).
9. HENDRAYANA, H., "Intrusi air asin ke dalam akuifer di daratan," Skripsi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, (2002).
10. Castenada, S. S., et al., "Environmental isotopes and major ions for tracing leachate contamination from a municipal landfill in Metro Manila, Philippines," *J. of Environmental Radioactivity*, 110, 30 -37 (2012).

FOTO-FOTO KEGIATAN.



Gambar 1. Persiapan pengambilan sampel air danau Toba (7-2-2017)



Gambar 2. Pengambilan sampel di Danau Toba (8-2-2017)



Gambar 3: Alat pengambil sampel akan diturunkan untuk mengambil sampel (8-2-2017)



anau