

**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH**  
**PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN**  
**APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI**  
**1996/1997**  
 Jakarta, 18 - 19 Februari 1997

Penerbitan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18 - 19 Februari 1997, Penerbitan Nasional, Badan Tenaga Atom Nasional.

**BUKU I**

**PROSES RADIASI DAN GEOHIDROLOGI**

ISBN 970-92790-0-2 (no. jil. lengkap)  
 ISBN 970-92790-1-3 (jil. 1)  
 ISBN 970-92790-2-1 (jil. 2)  
 ISBN 970-92790-3-x (jil. 3)

I. Isotop - Kongres. I. Judul II. Mabsa, Munzirah

241.388

**BADAN TENAGA ATOM NASIONAL**  
**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI**

JL. CINERE PASAR JUMAT KOTAK POS 7002 JKSKL JAKARTA 12070; INDONESIA  
 TEL. 7690709 - KAWAT/CABLE: JUMATOM - TELEX 47113 CAIRCA IA FAX. 7691607

Penyunting : KPTP PAIR

- |                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ir. Munsiah Maha               | Ketua merangkap Anggota       |
| 2. Ir. F. Sundardi                | Wakil Ketua merangkap Anggota |
| 3. Dr. Ir. Moch. Ismachin         | Anggota                       |
| 4. Ir. Elsj L. Sisworo, MS        | Anggota                       |
| 5. Ir. Wandowo                    | Anggota                       |
| 6. Drs. Made Sumatra, MS          | Anggota                       |
| 7. Dr. Ir. Mugiono                | Anggota                       |
| 8. Dr. Yanti Sabarinah Soebiyanto | Anggota                       |
| 9. Dra. C Hendratno               | Anggota                       |

---

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18 - 19 Februari 1997 / Penyunting, Munsiah Maha ..... (et al.) -- Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, 1997.  
3 jil. ; 30 cm

- Isi Jil. 1. Proses radiasi dan geohidrologi  
2. Pertanian  
3. Peternakan, Biologi, dan Kimia

ISBN 979-95390-0-5 (no. jil. lengkap)

ISBN 979-95390-1-3 (jil. 1)

ISBN 979-95390-2-1 (jil. 2)

ISBN 979-95390-3-x (jil. 3)

1. Isotop - Kongres I. Judul II. Maha, Munsiah

541.388

---

Alamat : Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi  
Jl. Cinere Pasar Jumat  
Kotak Pos 7002 JKSKL  
Jakarta 12070



4x

**DAFTAR ISI**

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	v
Sambutan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional .....	vii
<b>MAKALAH UNDANGAN</b>	
Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman Nasional menjelang abad 21 G.A. WATTIMENA .....	1
Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop A. HAFIED A. GANY .....	15
<b>MAKALAH PESERTA</b>	
Status dan prospek Litbang proses radiasi di PAIR-BATAN RAHAYUNINGSIH CHOSDU .....	19
Sifat fisik dan mekanik campuran akrilat-vinil eter yang diiradiasi berkas elektron SUGIARTO DANU dan TAKASHI SASAKI .....	23
Kopolimerisasi tempel monomer N-butil akrilat dan metil metakrilat pada kulit krus sapi dengan radiasi berkas elektron KADARIJAH, MADE SUMARTI, MARGA UTAMA, dan DWI WAHINI .....	33
Pengaruh radiasi berkas elektron dan antioksidan terhadap sifat fisik film polietilen ISNI MARLIJANTI, ANIK SUNARNI, MIRZAN T. RAZZAK, dan GATOT T.M.R. ....	39
Sifat fisik dan mekanik film kopolimer karet alam stirena iradiasi setelah didaur ulang MARSONGKO dan MARGA UTAMA .....	45
Kadar sisa NBA dalam lateks karet alam vulkanisasi radiasi HERWINARNI SOEKARNO .....	53
Studi pembuatan karet remah dari lateks alam iradiasi dan kopolimernya secara kimia MARGA UTAMA, SITI BUNDARI, dan H. SOESARSONO WIJANDI .....	63
Pengaruh radiasi berkas elektron terhadap sifat fisika campuran LDPE-karet alam SUDRADJAT ISKANDAR, FUMIO YOSHII, dan KEIZO MAKUUCHI .....	71
Evaluasi lateks alam iradiasi untuk produksi kondom skala pabrik YANTI S. SABARINAH, MARGA UTAMA, dan SASTRAVIQAYA .....	85
Kemungkinan pemakaian kopolimer lateks karet alam stiren untuk sarung tangan listrik MADE SUMARTI, MARGA UTAMA dan SRI SUSILAWATI .....	91
Pengaruh kadar monomer dan ekstender dalam kopolimerisasi lateks karet alam stirene terhadap keteguhan rekat kayu lapis tusam ( <i>Pinus merkusit</i> ) ADI SANTOSO dan MARGA UTAMA .....	97
Pelapisan permukaan kayu jeungjing ( <i>Paraserianthes falcaria</i> (L) Nielsen) menggunakan resin akrilat dengan radiasi ultra violet GATOT SUHARIYONO, SUGIARTO DANU, DARSONO, DAN MONDJO .....	101





## PENGANTAR

Sebagaimana pertemuan ilmiah sebelumnya, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) ke-9 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional pada tanggal 18 - 19 Februari 1997 bertujuan untuk menyebarluaskan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Radiasi, Geohidrologi, Pertanian, Peternakan, Biologi, dan Kimia. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini dihadiri oleh 148 orang peserta yang terdiri dari para ilmuwan, dan peneliti, serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintah, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua makalah utama yang dibawakan oleh pejabat senior, yaitu tentang Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman nasional menjelang abad 21, dan Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop. Selanjutnya, dibahas sebanyak 65 makalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Penerbitan risalah pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Penyunting,

## PENGANTAR

Sebagaimana pertemuan ilmiah sebelumnya, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radasi (APISORA) ke-9 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radasi, Badan Tenaga Atom Nasional pada tanggal 18 - 19 Februari 1997 bertujuan untuk menyebarkan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Radasi, Geohidrologi, Pertanian, Perikanan, Biologi, dan Kimia. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini dihadiri oleh 148 orang peserta yang terdiri dari para ilmuwan dan peneliti, serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintahan, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua makalah utama yang dibawakan oleh pejabat senior, yaitu tentang Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman nasional menjelang abad 21, dan Upaya pengaman bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop. Selanjutnya, dibahas sebanyak 62 makalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Penelitian masalah pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Penyunting,



4x

# INVENTARISASI KOMPOSISI ISOTOP ALAM AIR TANAH DI DAERAH KARST WONOSARI DAN SEKITARNYA

Wibagiyo, Wandowo, dan Indroyono

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## ABSTRAK

**INVENTARISASI KOMPOSISI ISOTOP ALAM AIR TANAH DI DAERAH KARST WONOSARI DAN SEKITARNYA.** Telah dilakukan survei untuk mengetahui variasi komposisi kandungan isotop alam Deuterium dan Oksigen-18 dalam air hujan, air tanah yang berupa mata air, sumur penduduk, dan sungai bawah permukaan pada musim yang berlainan. Diperoleh data bahwa komposisi isotop alam yang berasal dari berbagai lokasi tersebut memiliki nilai yang bervariasi, namun semua mempunyai kecenderungan lebih *enrich* dibandingkan dengan rata-rata air hujan setempat. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi proses fraksinasi terhadap airtanah di daerah karst.

## ABSTRACT

**INVENTORY OF ENVIRONMENTAL ISOTOPES COMPOSITION OF GROUNDWATER AT WONOSARI KARST AREA.** A survey of the environmental isotopes composition of Deuterium and Oxygen-18 in rainwater, groundwater from springs, shallow well, and subsurface river had been carried out during different seasons. The data show that composition of environmental isotopes from these locations are quite varied, however, they indicate that all of them are more enriched compared to the average value of the precipitation. This phenomena suggest that fractionation process has taken place to the groundwater in the karst area.

## PENDAHULUAN

Daerah penelitian ini terletak pada 110°35' hingga 110°45' garis Bujur Timur dan pada 7°55' hingga 8°15' garis Lintang Selatan, seluas 240 km<sup>2</sup>, dengan ketinggian 150 m hingga 500 m dari permukaan laut, dan termasuk dalam wilayah administrasi Kabupaten Gunung Kidul, propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah tersebut merupakan bagian barat dari Pegunungan Selatan yang melampar dari sebelah selatan Yogyakarta hingga Tulungagung, Jawa timur. Daerah penelitian merupakan daerah karst yang tersusun dari batu gamping koral, dan merupakan bagian dari formasi batu gamping Gunung Kidul.

Menurut JENNINGS (1), karst adalah daerah yang memiliki ciri relief dan pola aliran yang khusus sebagai akibat tingginya tingkat kelarutan batuan oleh air di alam. Daerah karst dicirikan dengan terdapatnya banyak dolina (lubang pada batuan), *shinkhole* (Jawa:luweng), gua, bukit, dan sungai bawah permukaan. Sebagian besar daerah karst umumnya terdapat di daerah dengan litologi batu gamping, sehingga banyak pendapat bahwa karst sinonim dengan daerah batu gamping. Pada daerah karst air hujan yang jatuh sebagian akan tertampung di dalam telaga, masuk ke sungai, dan sebagian lagi akan masuk ke dalam bumi sebagai air tanah. Sebagian besar sungai di daerah ini tiba-tiba hilang masuk ke dalam bumi melalui *shinkhole*, sebagai sungai bawah permukaan. Kadangkala sungai bawah permukaan muncul ke permukaan sebagai mata air besar, lalu tak jauh dari mata air tersebut air akan hilang masuk kembali ke dalam tanah.

Debit air sungai sangat berfluktuasi bergantung pada curah hujan pada musim penghujan. Pada musim kemarau yang berkepanjangan banyak mata air yang kering, sehingga masyarakat di daerah tersebut kekurangan air untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Sifat batu gamping yang dapat larut oleh air, menyebabkan batu gamping itu sendiri memiliki banyak lubang-lubang (*dolina*). Seterusnya air akan bergerak melalui dolina tersebut masuk ke dalam bumi menuju bagian yang rendah, dan akhirnya bergabung dengan sungai bawah tanah. Sifat resistensi batuan terhadap pelarut air yang relatif homogen di semua tempat, baik secara horisontal maupun vertikal, akan menyebabkan sungai bawah permukaan tidak mempunyai pola tertentu seperti halnya pada batuan sedimen non-batu gamping. Hal ini tentu menimbulkan kesulitan untuk melacak arah serta pola sungai bawah permukaan.

Berdasarkan pada kesulitan air di wilayah tersebut maka penelitian ini dilakukan, dengan tujuan akhir untuk mengetahui inter-relasi antara air hujan, air tanah, dan mata air, sehingga akan memberi kontribusi data di samping data lain yang telah didapat baik secara geologi ataupun secara konvensional lainnya. Penelitian dengan menggunakan isotop alam ini dapat memberi masukan tentang perbedaan komposisi isotop alam molekul air (Deuterium dan Oksigen-18) dalam air hujan, air telaga, mata air, dan air sungai bawah tanah.

Ketika air berubah fase melalui kondensasi atau evaporasi, maka terjadi fraksinasi isotop karena perbedaan tekanan uap dan kecepatan difusi di udara. Pada daerah karst, fraksinasi isotop sebagai akibat proses evaporasi



sangat dominan, karena air hujan yang turun akan tertampung dalam telaga atau sungai yang akan mendapat sinar matahari langsung. Sebagian besar air hujan, air telaga, dan air sungai akan masuk ke dalam bumi sebagai sungai bawah permukaan. Banyaknya lubang pada litologi batu gamping di daerah karst menyebabkan proses evaporasi dapat berlangsung terus, meskipun air hujan telah masuk ke dalam bumi sebagai sungai bawah permukaan (*evapotransportation*). Hal ini tentu membawa konsekuensi pada komposisi isotop alam yang terjadi akibat proses fraksinasi di daerah karst yang berlangsung secara terus-menerus.

Daerah karst yang tersusun dari batu gamping yang dapat larut oleh air yang melaluinya, akan mengalami proses pertukaran isotop (*isotope exchange*). Proses pertukaran isotop dengan batu gamping atau mineral Calcite dapat dijelaskan dengan persamaan berikut :



Konstante keseimbangan reaksi tersebut adalah :

$$\alpha_{c-w} = \frac{({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O})_c}{({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O})_w}$$

Menurut O'NEIL (2), faktor fraksinasi isotop ( $\alpha$ ) untuk calcite-air pada suhu 25°C memiliki nilai 1,0286. Akibatnya calcite yang *enrich* dalam Oksigen-18, yaitu sekitar + 28,6 % akan memperkaya komposisi isotop air tanah melalui proses pertukaran isotop.

**BAHAN DAN METODE**

**Bahan.** Bahan yang diteliti ialah sampel air yang diambil dari daerah penelitian yang berasal dari air hujan, mata air, air sungai bawah tanah, dan air telaga. Beberapa bahan lain yang digunakan ialah gas gas CO<sub>2</sub>, gas hidrogen, minyak parafin, es kering, dan Nitrogen cair.

**Sampling Air Hujan** Problem utama dalam sampling air hujan untuk analisis deuterium dan oksigen-18 adalah faktor evaporasi yang dapat mengubah komposisi isotop, sehingga dapat menimbulkan kesalahan interpretasi. Untuk menghindari evaporasi air hujan, botol penampungan air hujan didisain dengan leher yang sempit, serta permukaan air yang telah masuk ke dalam botol penampung akan segera tertutup oleh minyak parafin yang selalu terapung di atas air. Dari botol penampung air hujan diambil sampel air sebanyak 20 ml, kemudian ditutup rapat untuk menghindari evaporasi.

**Sampling Mata Air dan Sungai Bawah Tanah.** *Sampling* air dari mata air dan sungai bawah tanah dilakukan langsung dari air yang keluar dari mata air, atau air yang bergerak di dalam sungai bawah tanah, karena jika pengambilan dilakukan dari kolam penampung suatu mata air, atau air sungai bawah tanah yang telah dipompa akan memberikan komposisi isotop yang berbeda sebagai akibat

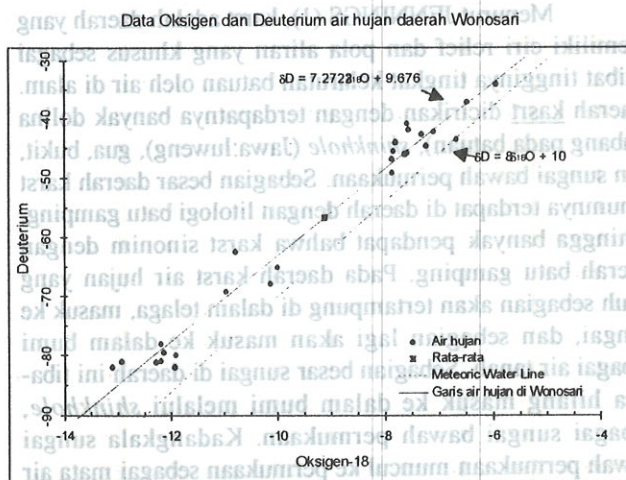
evaporasi selama dalam kolam penampungan. Pengambilan sampel dari mata air dan sungai bawah permukaan ini dilakukan pada awal dan akhir musim hujan. Jumlah sampel air yang diambil masing-masing sebanyak 20 ml, kemudian segera ditutup rapat untuk menghindari evaporasi.

**Analisis Sampel.** Analisis Oksigen-18 dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh EPSTEIN dan MAYEDA (1953) dalam (CRAIG (3), yaitu atas dasar reaksi pertukaran isotop Oksigen-18 pada keseimbangan gas CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O dengan cara mereaksikan 2 ml sampel air dengan gas CO<sub>2</sub>. Keseimbangan akan terjadi setelah 8 jam pengocokan pada suhu 25°C. Gas yang telah mencapai keseimbangan kemudian dialirkan ke dalam spektrometer massa untuk dianalisis kandungan Oksigen-18-nya dengan air standard V-SMOW (*Vienna-Standard Mean Ocean Water*).

Analisis Deuterium dilakukan dengan metode reduksi yang dikembangkan oleh FRIEDMAN (1953) dalam CRAIG (3). Sampel air sebanyak 10 µl direduksi dengan 0,25 gram butiran seng pada suhu 400°C, sehingga terjadi reaksi antara Zn dan H<sub>2</sub>O. Hidrogen lambat laun akan terkumpul dalam kontainer, lalu melalui ekspansi sisanya dipompa keluar. Gas hidrogen yang terkumpul ini kemudian dialirkan ke dalam spektrometer massa untuk dianalisis kandungan Deuteriumnya dengan air standar V-SMOW.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil analisis isotop dari air hujan di daerah penelitian menunjukkan komposisi yang bervariasi. Nilai Deuterium berkisar dari -36,6 hingga - 81,6 % dan Oksigen-18 berkisar dari -6,20 hingga -13,02 %. Nilai tersebut kemudian diplotkan dalam grafik  $\delta D/\delta^{18}O$ , maka didapatkan garis meteorik lokal dengan persamaan garis lurus  $\delta D = 7,2722\delta^{18}O + 9,6768$  (Gambar 1). Curah hujan rata-rata 1581,51 mm/tahun.



Gambar 1. Komposisi isotop air hujan di daerah Wonosari

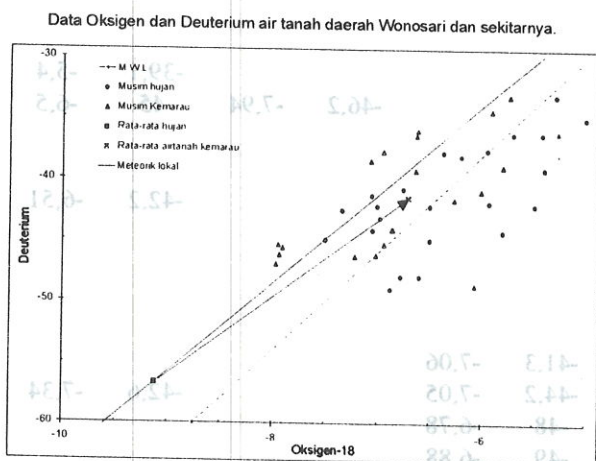


Jika komposisi isotop air hujan dihitung dengan persamaan YURTSEVER, (4), yaitu

$$dm = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \delta_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

maka didapatkan nilai komposisi rata-rata air hujan untuk Deuterium -56,67 ‰ dan Oksigen 18 sebesar -9,12 ‰.

Hasil analisis isotop alam air tanah di daerah penelitian menunjukkan berbagai variasi. *Sampling* dilakukan dalam musim hujan, musim kemarau dan musim peralihan pada 43 lokasi. Nilai untuk Deuterium berkisar dari -33,20 hingga -49,00 ‰, dan untuk Oksigen-18 berkisar dari -5,01 hingga -7,97 ‰. Hasil analisis tersebut diplot dalam grafik  $\delta D/\delta^{18}O$  bersama dengan data air hujan (Gambar 2). Terlihat bahwa komposisi Deuterium dan Oksigen-18 air tanah menunjukkan komposisi yang kaya (*enrich*) dibanding air hujan. Hal ini merupakan fenomena yang cukup menarik yang terjadi di daerah karst. Pengkayaan nilai Deuterium dan Oksigen-18 di daerah penelitian diperkirakan sebagai akibat proses evaporasi ataupun proses *exchange* dengan batuan karbonat (batu gamping).



Gambar 2. Komposisi isotop air tanah di daerah Wonosari dan sekitarnya

Sebagai akibat banyaknya telaga di daerah karst, maka air telaga pada kondisi di alam terbuka (*open air*) akan lebih efektif mengalami evaporasi. Akibatnya air telaga yang masuk ke dalam bumi memiliki komposisi yang kaya akan Deuterium dan oksigen-18.

Di samping itu, banyaknya lubang atau rongga di daerah karst baik berupa dolina, *sinkhole* ataupun gua, akan tetap memberi peluang terjadinya evaporasi selama dalam perjalanan (*evapotransportation*) sehingga akan memperkaya komposisi isotop berat. Pada musim hujan, air hujan yang langsung masuk ke dalam bumi, di samping

mengalami proses *evapotransportation*, juga akan mengalami proses pencampuran (*mixing*) dengan air tanah yang kaya akan Deuterium dan Oksigen-18. Dengan kondisi tersebut, maka air tanah yang muncul di permukaan akan cenderung memiliki komposisi yang lebih kaya dibanding air hujan.

Data analisis isotop Oksigen-18 dari air tanah menunjukkan bahwa tidak terjadi pengkayaan yang berarti dibandingkan air hujan (Gambar 2), sehingga dapat diperkirakan bahwa pertukaran isotop dengan batuan karbonat kurang efektif. Berarti pengkayaan Oksigen-18 bukan sebagai akibat pertukaran isotop antara air dan batuan karbonat, melainkan proses evaporasi yang lebih dominan.

Dari Gambar 2, bila rata-rata nilai air hujan ditarik garis ke rata-rata air tanah pada musim kemarau maka garis tersebut dapat menunjukkan arah pengkayaan isotop yang diakibatkan oleh proses evaporasi.

Jika data isotop dari beberapa sumur dilihat pada musim hujan dan musim kemarau maka terlihat bahwa pada awal musim hujan (Oktober, November) air tanah mempunyai kandungan isotop yang *enrich* (Tabel 1), sedangkan pada awal musim kemarau (Mei) air tanah mempunyai kandungan isotop yang *depleted*. Hal ini diperkirakan pada awal musim hujan, air tanah yang keluar merupakan *recharge* air hujan pada waktu musim kemarau. Demikian juga sebaliknya, pada awal musim kemarau air tanah yang keluar merupakan *recharge* air hujan pada musim hujan. Dengan demikian maka diperkirakan waktu tempuh air hujan yang masuk dalam bumi hingga keluar sebagai mata air cukup lama.

### KESIMPULAN

Dari hasil analisis Deuterium dan Oksigen-18, dapat disimpulkan bahwa :

1. Air tanah di daerah Wonosari dan sekitarnya memiliki komposisi Deuterium dan Oksigen-18 yang kaya (*enrich*) dibandingkan komposisi air hujan.
2. Air tanah di daerah Wonosari yang kaya akan Deuterium dan Oksigen-18 diperkirakan akibat proses evaporasi dan proses pertukaran isotop antara batu gamping dan air tanah, atau kedua proses tersebut berlangsung bersama-sama.
3. Diperkirakan proses evaporasi lebih dominan dibandingkan proses pertukaran isotop dalam proses perubahan komposisi isotop air tanah.

### DAFTAR PUSTAKA

1. JENNINGS, J.N., "Karst" In the series An Introduction to Systematic Geomorphology, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, (1971) 324.
2. O'NEIL, J.R., CLAYTON, R.N., and MAYEDA, T., Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonate, J. Chem. Phys. 30 (1969) 5547.

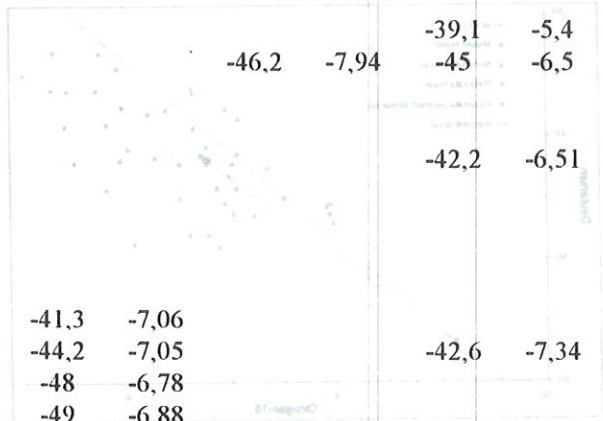


3. CRAIG, H., *Isotopic variations in meteoric waters, Science* (1961) 133.

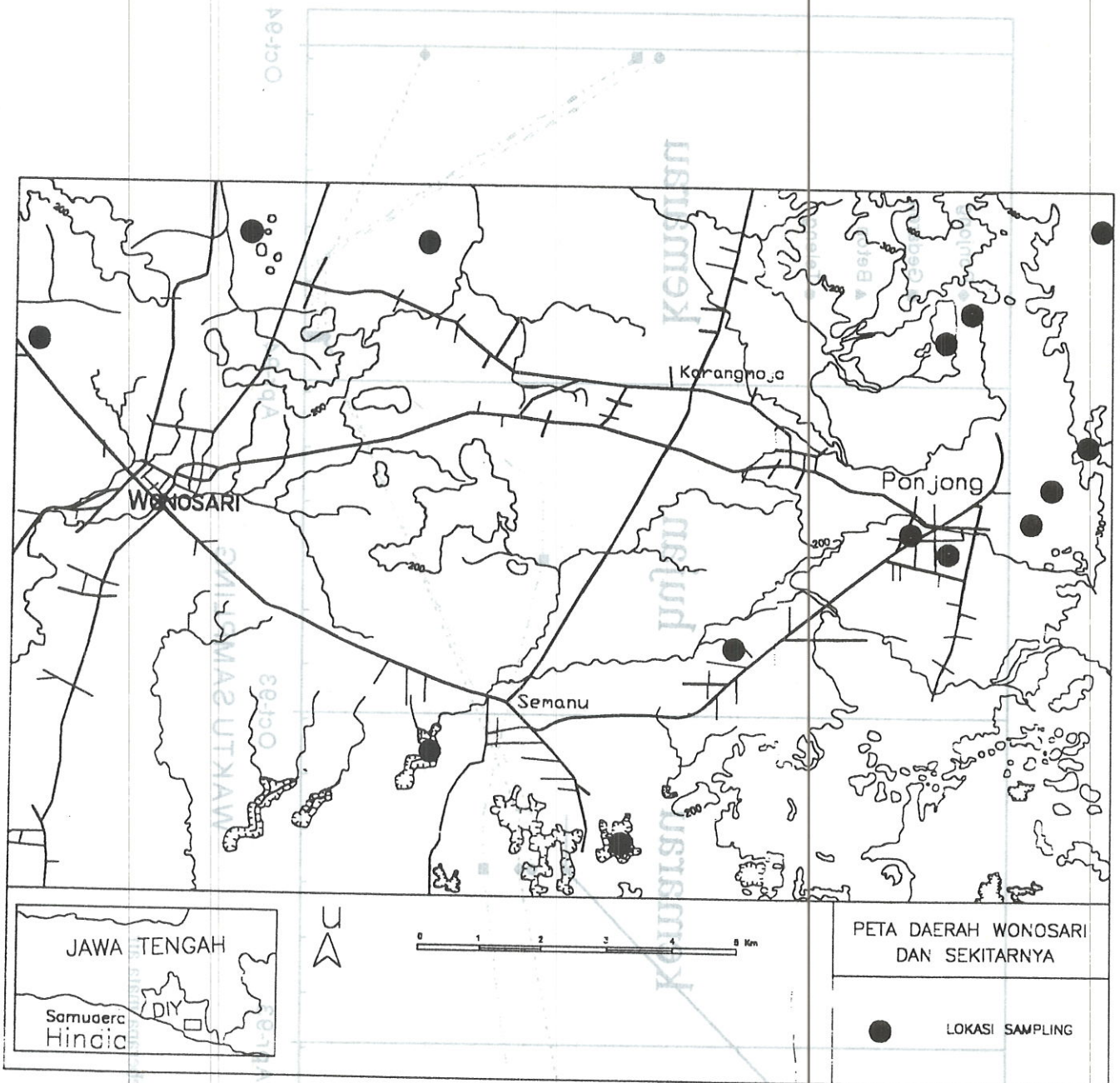
4. GONFIANTINI, R., and GAT, J.R., *Stable Isotope Hydrology, Deuterium and Oxygen-18 in the Cycle, Technical reports series 210, IAEA, Vienna* (1981) 339.

Tabel 1. Data isotop alam air tanah di Wonosari dan sekitarnya

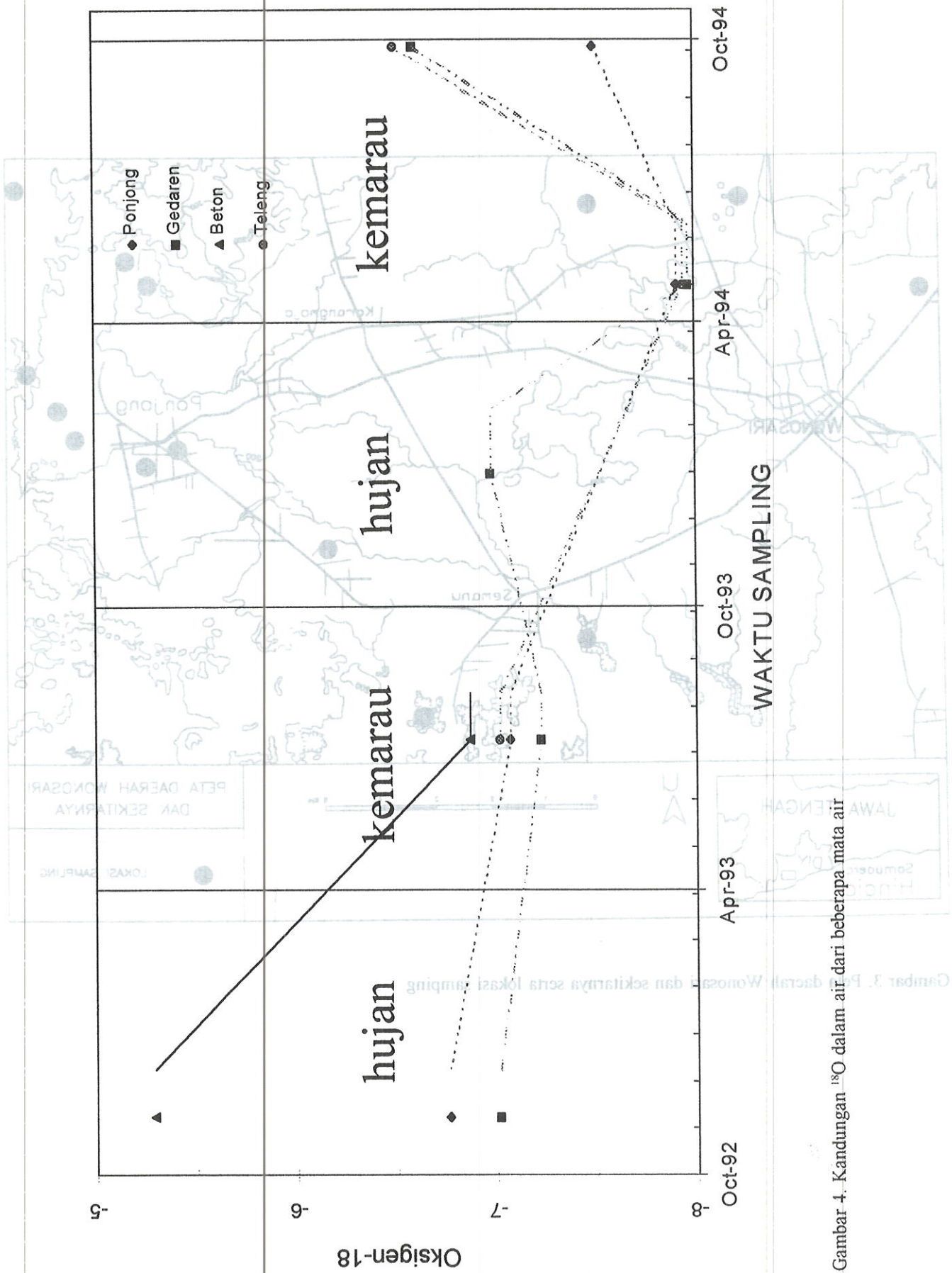
No.	Lokasi	22 Nop 1992		19 Jul 1993		15 Jan 1994		16 Mei 1994		22 Okt 1994	
		$\delta D$	$\delta O-18$	$\delta D$	$\delta O-18$	$\delta D$	$\delta O-18$	$\delta D$	$\delta O-18$	$\delta D$	$\delta O-18$
1.	Ponjong	-40,8	-6,76	-38,5	-7,07			-45,6	-7,91	-45,0	-7,50
2.	Beton	-33,2	-5,29	-44,1	-6,87						
3.	Gedaren	-42,2	-7,01	-46,3	-7,22	-43,2	-6,98	-47	-7,97	-48	-6,6
4.	Bribin			-45,4	-7,95					-38,1	-6,2
5.	Ngembel			-36	-6,62	-37,6	-5,95			-35	-5,01
6.	Gelaran 1			-33,2	-5,74	-36,3	-5,42				
7.	Gelaran 2			-34,4	-5,91						
8.	Baron 1			-39,2	-5,91						
9.	Baron 2			-36,4	-6,63						
10.	Luweng Semuluh			-37,7	-6,95					-39,1	-5,4
11.	Teleng 1			-46,2	-7,02			-46,2	-7,94	-45	-6,5
12.	Teleng 2			-44,1	-6,86						
13.	Sumur dangkal			-45,3	-6,94						
14.	Sumur Rukiyo			-41,6	-6,27					-42,2	-6,51
15.	Kantor PU			-38,9	-5,8						
16.	Sumur dangkal 1			-48,6	-6,07						
17.	Sumur dangkal 2			-40,9	-6,01						
18.	Sumur dangkal 3			-36,1	-5,27						
19.	Suko					-41,3	-7,06				
20.	Payak					-44,2	-7,05			-42,6	-7,34
21.	Gedruk Alam					-48	-6,78				
22.	Gedruk Tandem					-49	-6,88				
23.	Temon					-42,1	-7,78				
24.	Giri Tirto					-41,9	-5,93				
25.	Pringgokusuman					-37,8	-6,37				
26.	Gedong									-44,3	-5,81
27.	Sidorejo									-36,3	-5,72







Gambar 3. Peta daerah Wonosari dan sekitarnya serta lokasi sampling



Gambar 4. Kandungan  $^{18}\text{O}$  dalam air dari beberapa mata air



## DISKUSI

ALIP

Persamaan  $\delta D = 7, \dots + 9, \dots$

Apakah tidak ada suatu parameter yang belum dimasukkan dalam persamaan tersebut, (dapat ditayangkan kembali Hasil dan Pembahasan).

WIBAGIYO

Anda termasuk teliti, karena pada tayangan kami ada kekurangan, akan tetapi persamaan yang ada pada grafik yang benar. Terimakasih atas koreksi anda.

HERWINARNI S.

1. Apakah daerah karst ? Telah disebutkan bahwa daerah tersebut mempunyai sifat khusus, khusus tersebut apa mohon penjelasan.
2. Bila daerah Wonosari daerah *enrich* untuk isotop-isotop alam, terutama sekali isotop apa yang dominan, berarti daerah tersebut berbahaya bagi manusia, sehingga harus bagaimana ?

WIBAGIYO

1. Tadi telah kami sebutkan, daerah karst adalah daerah yang memiliki ciri relief dan pada aliran yang khusus sebagai akibat tingginya tingkat melarutnya batuan dengan air di alam.
2. Sifat khusus, reliefnya, banyak bukit, telaga dan gua serta sungai bawah tanah.
3. Yang kami maksudkan *enrich* adalah untuk air tanah terhadap air hujan, bukan isotop yang lain. Tetapi isotop deuterium dari oksigen-18.

TITA PUSPITASARI

1. Bagaimana cara membedakan bahwa pengayaan isotop alam pada air berasal dari evaporasi atau berasal dari pertukaran isotop.

2. Apakah ada korelasi dari air yang banyak mengandung isotop alam terhadap keamanan konsumsi air tersebut bagi masyarakat setempat.

WIBAGIYO

1. Dari grafik hubungan D &  $^{18}\text{O}$ -, arah dari rata-rata arahnya masih relatif sejajar dengan lokal material *water line*, kalau ada pertukaran isotop arah pengkayaan akan horizontal.
2. Di alam ini selalu ada isotop, dan manusia mempunyai toleransi terhadap isotop yang ada di alam. Efek secara langsung belum dapat di lihat, kami tidak meneliti kearah tersebut.

YUNIANTA

Faktor apa yang paling berpengaruh (RH, temp, curah hujan) terhadap fraksinasi isotop baik untuk  $^2\text{H}$  maupun  $^{18}\text{O}$  sehingga bervariasi dan lebih memperkaya kandungan isotop tersebut.

WIBAGIYO

Faktor yang paling berpengaruh adalah temperatur, akan tetapi faktor RH dan curah hujan juga ada pengaruhnya.

SATRIO

Dari data dan grafik yang diperoleh, bagaimana pertimbangan/asumsi bahwa isotop yang berasal dari sampel air dikatakan mengalami evaporasi, fraksinasi atau pertukaran isotop. Mohon dijelaskan perbedaannya !

WIBAGIYO

Dapat dilihat dari grafik hubungan Deuterium dan Oksigen-18, di mana arah pengkayaan relatif masih sejajar dengan *lokal material water line*.

DISKUSI

2. Apakah ada koreksi dari air yang banyak mengandung isotop alam terhadap keamanan konsumsi air tersebut bagi masyarakat setempat.

WIBAGIYO

1. Dari grafik hubungan  $D \propto 10^{-3}$  arah dari tata letak stasiun masih relatif sejajar dengan lokal material water line, kalau ada pertukaran isotop arah pengkayaan akan horizontal.

2. Di alam ini selalu ada isotop, dan manusia mempunyai toleransi terhadap isotop yang ada di alam. Efek secara langsung belum dapat di lihat, kami tidak melihat kearah tersebut.

YUNIANTA

Faktor apa yang paling berpengaruh (RH, temp, curah hujan) terhadap fraksiasi isotop baik untuk  $^{18}O$  maupun  $^{16}O$  sehingga bervariasi dan lebih memperkaya kandungan isotop tersebut.

WIBAGIYO

Faktor yang paling berpengaruh adalah temperatur, akan tetapi faktor RH dan curah hujan juga ada pengaruhnya.

SATRIO

Dari data dan grafik yang diperoleh, bagaimana pertimbangan/assumsi bahwa isotop yang berasal dari sumber air dikaitkan dengan variasi fraksiasi dan pertukaran isotop. Momen dijelaskan perbedaannya!

WIBAGIYO

Dapat dilihat dari grafik hubungan Deuterium dan Oksigen-18 di mana arah pengkayaan relatif masih sejajar dengan lokal material water line.

ALIP

Apakah tidak ada suatu parameter yang belum dimasukkan dalam persamaan tersebut, (dapat ditanyakan kembali Hasil dan Pembahasan).

WIBAGIYO

Anda termasuk lebih karena pada isyangan kami ada kekurangan akan tetapi persamaan yang ada pada grafik yang benar. Terimakasih atas koreksi anda.

HERWINARI S.

1. Apakah daerah karst? Telah disebutkan bahwa daerah tersebut mempunyai sifat khusus, khusus tersebut apa mohon penjelasan.  
2. Bila daerah Wonorejo daerah weweh untuk isotop-isotop alam, tentunya isotop apa yang dominan, berarti daerah tersebut dibutuhkan bagi manusia, sehingga harus bagaimana?

WIBAGIYO

1. Tapi telah kami sebutkan daerah karst adalah daerah yang memiliki ciri relief dan pada aliran yang khusus sebagai akibat tingginya tingkat melutusnya batuan dengan air di alam.

2. Sifat khusus reliefnya banyak bukti, telaga dan gua serta sungai bawah tanah.

3. Yang kami maksudkan weweh adalah untuk air tanah terhadap air hujan bukan isotop yang lain. Tetapi isotop deuterium dari oksigen-18.

TITA PUSPITASARI

1. Bagaimana cara membedakan bahwa pengayaan isotop alam pada air berasal dari evaporasi atau berasal dari pertukaran isotop.