



Info

A groklimat
dan
hidrologi

ISSN 1907 - 8773



Terbit 2 bulan sekali

Volume 8 Nomor 1. Februari 2013

APLIKASI ISOTOP UNTUK IDENTIFIKASI AIR TANAH

Isotop adalah satu atau dua buah atom yang mempunyai jumlah proton yang sama tetapi jumlah neutron yang berbeda sehingga jumlah masa atomnya menjadi berbeda. Proton adalah partikel yang ukurannya lebih kecil dari atom (*subatomic particle*) yang bermuatan positif. Neutron adalah partikel yang ukurannya lebih kecil dari atom yang bermuatan negatif. Jumlah proton dan neutron di dalam atom (*nucleus*) dinamakan jumlah masa atom (*atomic mass number*). Penulisan isotop dalam kaidah sistem nomenklatur adalah sebagai berikut:

$${}^A_Z X_N \quad A: \text{jumlah masa}; Z: \text{jumlah proton}; N: \text{jumlah neutron}$$

Contoh penulisan isotop Oksigen adalah:

$${}^{16}_8 O_8 \quad \text{atau notasi yang umum digunakan dalam penulisan isotop Oksigen 16 adalah } {}^{16}O$$

Teknik isotop adalah inovasi teknologi di bidang isotop baik untuk bidang nuklir (*nuclear power*) maupun non nuklir seperti kesehatan manusia, kesehatan hewan, pertanian, pertambangan, hidrologi dan sebagainya. Salah satu kegunaan aplikasi isotop di bidang hidrologi adalah untuk identifikasi potensi air tanah dan pemanfaatannya untuk pertanian.

Air Tanah

Air tanah merupakan komponen dari suatu sistem daur hidrologi (*hydrology cycle*) yang terdiri rangkaian proses yang saling berkaitan antara proses atmosferik, proses hidrologi permukaan dan proses hidrologi bawah permukaan. Siklus hidrologi menggambarkan hubungan antara curah hujan, aliran permukaan, infiltrasi, evapotranspirasi dan air tanah. Sumber air tanah berasal dari air yang ada di permukaan tanah (air hujan, air danau dan sebagainya) kemudian meresap ke dalam tanah/akuifer di daerah imbuhan (*recharge area*) dan mengalir menuju ke daerah lepasan (*discharge area*). Menurut Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, (2004) aliran air tanah di dalam akuifer dari daerah imbuhan ke daerah lepasan cukup lambat, memerlukan waktu lama bisa puluhan sampai ribuan tahun tergantung dari jarak dan jenis batuan yang dilaluinya. Pada dasarnya air tanah termasuk sumber daya alam yang dapat diperbaharui akan tetapi jika dibandingkan dengan waktu umur manusia air tanah bisa digolongkan kepada sumber daya alam yang tidak terbaharukan. Di dalam tanah keberadaan air mengisi sebagian ruang pori-pori tanah yang bisa dimanfaatkan langsung oleh tanaman pada kondisi kelembaban tanah antara kapasitas lapang sampai titik layu permanen pada posisi zona aerasi. Di bawah zona aerasi terdapat zona penjenjutan yang menempatkan air mengisi seluruh ruang pori-pori tanah yang ada dengan kisaran tebal yang selalu berfluktuasi.

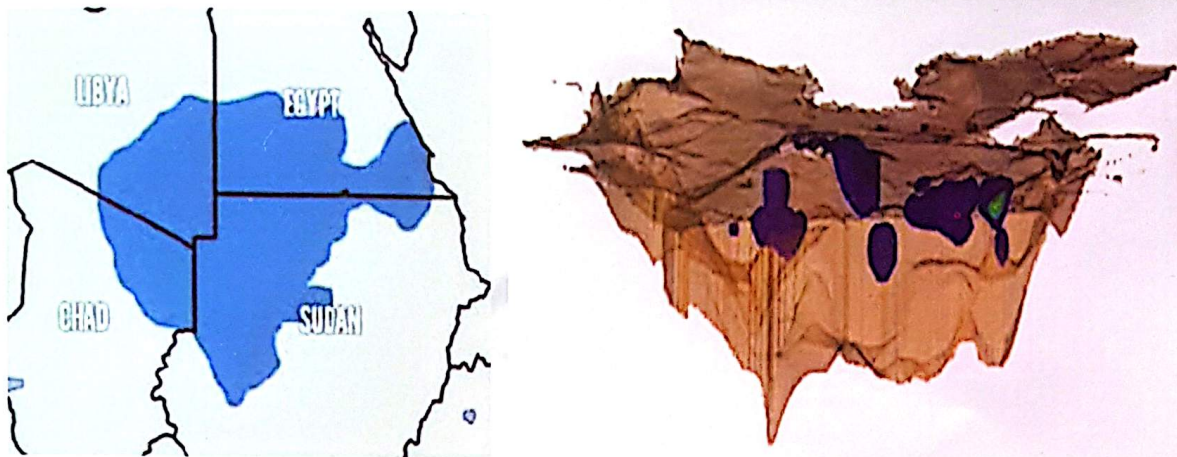


Debit dan keberadaan muka air tanah pada zone penjenjuran ini sangat dipengaruhi oleh pasokan air dari daerah imbuhan (*recharge zone*) yang berada di atasnya, semakin banyak pasokan yang diimbuhkan semakin banyak debit yang tersimpan dalam zone ini. Keberadaan air tanah pada zone ini seringkali disebut sebagai air (tanah) bebas. Ketebalan air bebas yang ada dalam tanah bisa mencapai puluhan meter tergantung dari letak lapisan batuan padu (*consolidated rock*) yang ada di bawahnya. Lapisan batuan padu (batuliat, batupasir, batugamping, batuan kristalin, dan shale) yang mengandung air tanah dalam lubang pelarutan, atau di rekahan batuan (lapisan batuan pembawa air tanah) disebut sebagai akuifer. Sebelum air tanah di eksploitasi, potensi air tanah tersebut harus lebih dahulu ditentukan.

Salah satu metode yang dapat diandalkan untuk menentukan potensi air tanah adalah metode isotop khususnya isotop alam. Penelitian kandungan isotop alam dari sumber air yang terdapat pada daerah tertentu telah terbukti dapat mengungkap daerah imbuh, umur dan mempelajari interkoneksi antara air tanah dengan air permukaan atau dengan sistem air tanah lainnya. Untuk mendapatkan gambaran tersebut contoh air dari sumber air yang ada di wilayah target penelitian seperti air hujan, air tanah dari sumur pantau dan mata air, dan air permukaan akan dikumpulkan secara berkala kemudian dianalisis. Dari hasil analisis dan interpretasi kandungan isotop alam contoh air yang dikumpulkan yang ditunjang dengan kandungan kimia-hidrologi akan dapat ditentukan potensi air tanah daerah tersebut melalui penentuan elevasi daerah imbuh, umur air tanah, dan interkoneksinya dengan sumber air lainnya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa data isotop alam stabil ^{18}O dan ^2H serta isotop radioaktif alam ^{14}C pada sumber air tanah dapat menginformasikan interaksi dan saling hubung antar sumber mata air dan air hujan selama proses perjalanannya yang dipengaruhi oleh sifat hidrogeologi (akuifer) maupun geologi daerah penelitian serta dapat memberikan informasi umur dari air tanah yang ada di bawah permukaan bumi.

Aplikasi Isotop di bidang air tanah

Aplikasi isotop untuk mendeteksi air tanah sudah banyak dilakukan di beberapa negara dengan hasil yang sangat fenomenal seperti Aquiver Nubian "Nubian Sandstone Aquiver System (NSAS)" di kawasan Libya, Sudan, Chad dan sebagian besar wilayah Mesir yang merupakan sistem aquiver terbesar di Planet Bumi yang dikategorikan sebagai sistem fosil aquiver air (Gambar 1) Aquiver tersebut terletak di bawah tanah tepatnya di bagian ujung Timur Grun Sahara yang melintasi keempat wilayah negara tersebut dengan cakupan lahan seluas 2 juta km^2 dengan kandungan air tanah sekitar 150.000 km^3 . Sejak tahun 2006, Badan Energi Atom Internasional (International Atomic Energy Agency/IAEA) telah bekerja sama dengan empat negara NSAS untuk membantu meningkatkan pemahaman tentang kompleksitas akuifer melalui Proyek Nubian IAEA-UNDP-GEF. Mitra proyek termasuk United Nations Development Programme (UNDP) / Global Environment Facility (GEF), IAEA, United Nations Educational, Ilmu Pengetahuan dan Kebudayaan (UNESCO) dan perwakilan pemerintah dari negara-negara NSAS.

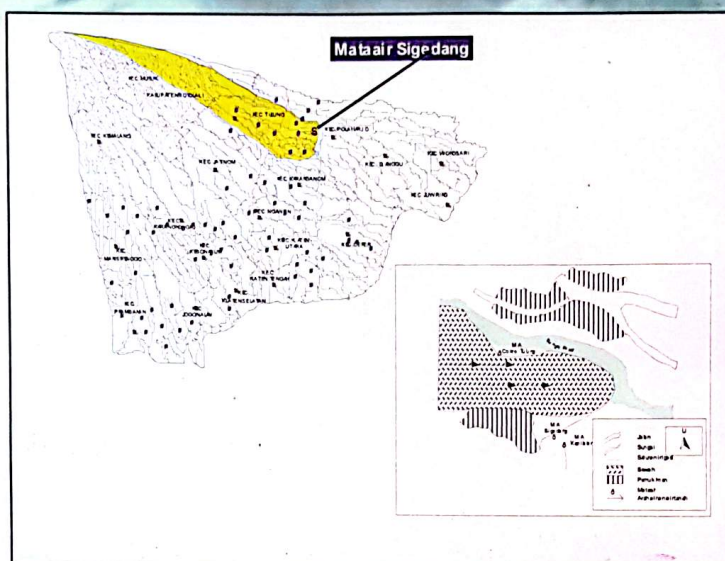


Gambar 1. Cakupan wilayah penyebaran Nubian Sandstone Aquiver System (kiri) dan irisan tiga dimensinya.

Di Indonesia penelitian isotop di bidang air tanah sudah banyak dilakukan oleh Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) melalui serangkaian penelitian antara lain penelitian daerah imbuhan air tanah (ground water recharge area) di Bontang (2004) dan Kabupaten Pasuruan (2005) dalam rangka evaluasi cadangan air tanah dan beberapa penelitian lain yang terkait seperti penentuan asal-usul air tanah penentuan hubungan antara air tanah dengan air permukaan, garis muka dan mekanisme intrusi air laut, asal usul salinitas pada air tanah dan penentuan arah gerakan air tanah.

Mengungkap tabir daerah imbuhan mata air Sigedang

Penelitian aplikasi isotop yang dilakukan oleh tim Fakultas Geologi UGM dapat mengungkap tabir daerah imbuhan air tanah dari mata air Sigedang di Kabupaten Klaten yang selama ini ditengarai mempunyai konektivitas dengan sumur penduduk dan sumur bor PT. Tirta Investama yang dieksploitasi untuk kebutuhan industri. Berdasarkan penelitian tersebut disimpulkan bahwa sumber air Sigedang terletak di dukuh Umbulsari, Klaten terdiri dari beberapa mata air yang tersebar berdekatan dan ada beberapa sumur bor dan sumur pantau yang dibuat PT Tirta Investama untuk kebutuhan eksploitasi. yang relative sama yaitu mata air Cokro (210 m) terletak 500 m dari mata air Sigedang dan mata air Umbul Palem (230 m) terletak 1,5 km dari Sigedang agak sedikit depleted dengan nilai komposisi isotop lebih rendah dari mata air Sigedang. Nampaknya mata air Sigedang, mata air Cokro, mata air Umbul Palem mempunyai kemiripan komposisi isotop dengan sumur artesis Rogoboyo. Ketiga kelompok tersebut (Sigedang, Cokro & Umbul Palem dan Rogoboyo) kisaran perbedaan komposisi isotop 0,1 hingga 0,15 ‰. Kelompok tersebut di atas walaupun terletak pada ketinggian yang relatif rendah mempunyai komposisi isotop lebih depleted bila dibandingkan dengan sumber mata air atau sumur bor yang terletak pada elevasi yang lebih tinggi seperti, mata air Umbul Tlatar (340 m) dan sumur bor Galsari (480 m) dan sumur bor Sodong (560 m).



Gambar 2. Sebaran daerah tangkapan air matai Sige-dang di wilayah Kabupaten Klaten.

Data-data tersebut memberikan informasi bahwa sumber air Sige-dang dengan komposisi isotop lebih *depleted* berasal dari air hujan yang mengimbuh pada elevasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber air Umbul Tlatar, sumur Galsari dan Sodong yang mempunyai komposisi isotop lebih *enriched*. Kenyataan tersebut dapat menggambarkan bahwa daerah imbuh air tanah daerah Sige-dang yang merupakan sumber yang dieksploitasi PT. Tirta Investama diperkirakan terletak pada daerah lereng timur gunung Merapi dengan ketinggian antara 600 – 800 m di atas permukaan laut. Berdasarkan sistem akuifer yang ada, menunjukkan bahwa akuifer pada sumur produksi aqua berbeda dengan akuifer pada mata air Sige-dang. Sumur produksi Aqua berasal dari aquifer berupa lava di bagian bawah (kedalaman 43-56 m), sedangkan mata air Sige-dang berasal dari akuifer bagian atas. Survei yang dilakukan oleh Fakultas Geologi, Universitas Gadjah Mada tersebut juga membuktikan bahwa peranan isotop untuk identifikasi air tanah juga dapat menggambarkan data umur air tanah daerah Sige-dang berkisar antara 1400 – 1600 tahun. Nilai umur tersebut menggambarkan potensi/jumlah air yang terdapat pada akuifer sangat besar yang telah terdeposit sejak umur tersebut.

Sumber:

- Bahan Training Isotop Hidrology 2012. IAEA, Vienna.
- Laporan akhir survei hidrogeologi secara terpadu (topografi, hidrologi, hidrogeologi, geolistrik dan hidroisotop) daerah imbuh air tanah daerah Sige-dang.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Nubian_Sandstone_Aquifer_System

Hendri Sosiawan

Info Agroklimat dan Hidrologi memuat informasi aktual dan inovasi teknologi hasil-hasil penelitian bidang agroklimat, hidrologi, dan pengelolaan air
Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian

Alamat Penyunting:
Jl. Tentara Pelajar No 1A, Bogor 16111
Telp : (0251) 8312760
E-mail : balitklimat@yahoo.com
<http://www.balitklimat.litbang.deptan.go.id>

Penanggung Jawab : Kepala Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Penyunting : Popi Rejekiningrum, Yayan Apriyana, Hendri Sosiawan dan Haryono
Penyunting Pelaksana : Eko Prasetyo