

**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI
1999/2000**

Jakarta, 23 - 24 Februari 2000

Tema :

**Peranan Teknologi Isotop dan Radiasi
untuk Mensejahterakan Masyarakat**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

Penyunting :	1. Dr. F. Suhadi, APU	P3TIR - BATAN
	2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU	P3TIR - BATAN
	3. Ir. Simon Manurung, M.Sc	P3TIR - BATAN
	4. Ir. Elsje L. Sisworo, M.Si, APU	P3TIR - BATAN
	5. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU	P3TIR - BATAN
	6. Dr. Singgih Sutrisno, APU	P3TIR - BATAN
	7. Marga Utama, B.Sc, APU	P3TIR - BATAN
	8. Ir. Wandowo	P3TIR - BATAN
	9. Dr. Made Sumatra, M.Si	P3TIR - BATAN
	10. Dr. Darmawan Darwis	P3TIR - BATAN
	11. Hendig Winarno, M.Sc	P3TIR - BATAN
	12. Dr. Nelly D. Leswara	(Universitas Indonesia)
	13. Dr. Komarudin Idris	(Institut Pertanian Bogor)

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI (2000 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan teknologi isotop dan radiasi, Jakarta, 23 - 24 Februari 2000 / Penyunting, F. Suhadi ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2000.
1 jil. ; 30 cm

Isi jil. I. Pertanian, peternakan, proses industri, hidrologi, dan lingkungan

ISBN 979-95709-5-6

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Suhadi, F.

541.388

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi
Jl. Cinere Pasar Jumat
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12070
Telp. 021-7690709
Fax. 021-7691607; 7513270
E-mail pairlib@hotmail.com; sroji@batan.go.id

PENGANTAR

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR-BATAN) telah menyelenggarakan Pertemuan Ilmiah Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi ke 12, di Jakarta tanggal 23 dan 24 Februari 2000. Pertemuan ilmiah ini bertujuan untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitian teknologi isotop dan radiasi serta sebagai sarana tukar menukar informasi diantara para peneliti serta para peneliti dan industriawan guna lebih mendayagunakan teknologi isotop dalam bidang industri dan untuk lebih memperluas wawasan para peneliti.

Pertemuan ilmiah ini dihadiri oleh 176 orang peserta (45 orang peserta undangan dan 131 orang peserta lainnya) yang terdiri dari para ilmuwan dan peneliti baik dari lingkungan Batan maupun dari berbagai instansi pemerintah seperti Menteri Negara Riset dan Teknologi, Departemen Kesehatan, Balai Penelitian Bioteknologi - Bogor (BalitBio), Balai Penelitian Veterinaria - Bogor, Pusat Veterinaria - Surabaya (Pusvetma); Perguruan tinggi yaitu Universitas Indonesia -Jakarta, Institut Pertanian Bogor, Universitas Andalas - Padang, Universitas Brawijaya - Malang dan Universitas Udayana - Bali; serta pihak swasta yaitu PT. Perkasa Sterilindo, PT. Pupuk Sriwijaya, PT. Indo Farma, PT. Ristra Indolabs, Japan Atomic Industrial Forum (JAIF), Japan Atomic Energi Research Institute, Japan.

Risalah pertemuan ilmiah ini memuat seluruh makalah yang dipresentasikan dalam pertemuan tersebut yaitu 6 makalah utama/undangan dan 39 makalah peserta. Sedangkan makalah yang tidak dipresentasikan, tidak dimuat dalam risalah ini.

Risalah pertemuan ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknologi nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang pembangunan nasional dimasa datang.

Penyunting,

DAFTAR ISI

Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional	ix
 MAKALAH UTAMA	
Arah Kebijakan Riset dan Teknologi dalam Memasuki Milenium Ketiga A. AZIZ DARWIS (Asisten Menristek Bidang Pengembangan Ristek)	1
 MAKALAH UNDANGAN	
Community Development by Radiation Processing of Natural Resources Keizo Makuuchi (Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI, Japan)	9
Perkembangan Penggunaan Teknik Radioperunut dalam Industri WANDOWO (P3TIR, BATAN)	11
Arti Strategis Teknik Radiotracer dan Radioscanning dalam Industri Pupuk WIBISONO SOEYOSO DAN M. ABBAD (P.T. Pupuk Sriwijaya)	17
Langkah-langkah Strategis untuk Menjadikan Tanaman Obat Asli Indonesia Menjadi Sediaan Fitofarmaka JAMES M. SINAMBELA (P.T. Indo Farma)	21
Potensi Tumbuhan Obat Asli Indonesia Sebagai Produk Kesehatan H. M. HEMBING WIJAYAKUSUMA (Himpunan Pengobatan Tradisional dan Akupuntur Se-Indonesia)	25
 MAKALAH PESERTA	
Gamma radiation induce clonal variation in <i>Catharantus roseus</i> (L) Don. SUMARYATI SYUKUR	33
Pengembangan teknik " ³² P- post labelling" untuk mendeteksi dini risiko kanker BUDIAWAN	39
Penggunaan metode <i>radioassay</i> teknik fase padat dalam reaksi fiksasi α -Kobratoksin terhadap reseptor koligernik NURLAILA Z.	45
Perbandingan dua formula radiofarmaka sidik otak ^{99m} Tc-ESD beserta karakteristiknya NANNY KARTINI, KUSTIWA, RUKMINI ILYAS, DAN ISWAHYUDI	51
Pembentukan radikal bebas pada <i>Graft</i> tulang manusia dan <i>Bovine</i> iradiasi BASRIL ABBAS, SUTJIPTO SUDIRO, DAN NAZLY HILMY	57
Pengaruh iradiasi sinar gamma pada <i>Salmonella chester</i> dan sensitivitasnya terhadap antibiotika T. HASAN BASRY	63
Pengujian isolat klinik <i>Mycobacterium tuberculosis</i> resisten terhadap beberapa antibiotika dengan metode reaksi berantai polimerase / <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR) MARIA LINA R., DADANG, S., DAN F. SUHADI	69

Deteksi cepat bakteri <i>Escherichia coli</i> enterohemoragik (EHE) dengan metode PCR (Polymerase Chain Reaction) DADANG SUDRAJAT, MARIA LINA R, DAN F. SUHADI	75
Studi radikal bebas biji pulasari (<i>Alyxia reinwardtii</i> . BI) hasil radiasi gamma menggunakan <i>Electron Spin Resonance</i> (ESR) ERIZAL DAN RAHAYU CHOSDU	81
Aplikasi program database dalam seleksi galur mutan sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L.) SOERANTO, H.	87
Proporsi sumbangan Nitrogen oleh tanah, pupuk dan <i>Pseudomonas putida like</i> dalam tanaman sorghum pada inceptisol Sumatra Selatan A.A.I. KESUMADEWI, ISWANDI ANAS, D.A. SANTOSA, DAN ELSJE L. SISWORO	95
Analisis pemberian limbah pertanian abu sekam sebagai sumber silikat pada andisols dan oxisol terhadap pelepasan fosfor terjerap dengan teknik perunut ³² P ILYAS, SYEKHFANI, DAN SUGENG PRIJONO	103
Serapan N berasal dari sludge iradiasi yang dikombinasikan dengan pupuk N oleh tanaman terong M.M. MITROSUHARDJO, HARYANTO, S. SYAMSU, HARSOJO DAN N. HILMY	111
Tanggapan tanaman padi sawah terhadap pemadatan tanah IDAWATI DAN HARYANTO	115
Hasil gabah dan sumbangan N pupuk yang dipengaruhi oleh pemberian Zeolit dan pupuk hijau Sesbania pada tanaman padi sawah HARYANTO, IDAWATI DAN TAMSIL LAS	121
Pengamatan dinamika populasi dan penangkapan massal lalat buah <i>Bactrocera carambolae</i> (Drew & Hancock) untuk pengendalian di kebun mangga A.N. KUSWADI, M. INDARWATMI, I.A. NASUTION, D. SIKUMBANG DAN T. HIMAWAN	127
Pemanfaatan ragi produk lokal untuk substitusi ragi torula dalam formulasi makanan buatan larva lalat buah (<i>Bactrocera carambolae</i> Drew & Hancock) D. SIKUMBANG, I.A. NASUTION, M. INDARWATMI, DAN A.N. KUSWADI	133
Efisiensi N-Urea pada padi sawah yang diaplikasikan dengan <i>azolla</i> HAVID RASJID, ELSJE L. SISWORO, Y. WEMAY, DAN W.H. SISWORO	139
Uji aplikasi formulasi pelepasan terkendali insektisida karbofuran pada tanaman padi varietas cilosari M. SULISTYATI, ULFA T.S, SOFNIE M.CH., A.N. KUSWADI, DAN M. SUMATRA	145
Translokasi herbisida 2,4-D- ¹⁴ C pada tanaman gulma dan padi pada sistem persawahan SOFNIE M. CHAIRUL, MULYADI DAN IDAWATI	151
Pengaruh iradiasi terhadap infektivitas metaserkaria <i>Fasciola gigantica</i> pada kambing M. ARIFIN, BOKY J.T., DAN TARMIZI	157
Pengaruh vaksinasi dengan larva tiga <i>Haemonchus contortus</i> iradiasi terhadap respon kekebalan pada domba BERIAJAYA DAN SOEKARDJI P.	163
Kultivasi jamur kuping (<i>Auricularia</i> sp.) dalam media tandan kosong kelapa sawit dan serbuk gergaji hasil iradiasi ENDRAWANTO DAN E. SUWADJI	169
Limbah agroindustri dan peternakan ayam sebagai pakan tambahan ikan nila HARSOJO, ANDINI, L.S., ROSALINA, S.H. DAN SUWIRMA, S.	175

Pengukuran serapan polutan gas NO ₂ pada tanaman tipe pohon, semak dan penutup tanah dengan menggunakan gas NO ₂ berlabel ¹⁵ N NIZAR NASRULLAH, SOERTINI GANDANEGARA, HENY SUHARSONO, MARIETJE WUNGKAR DAN ANDI GUNAWAN	181
Interaksi uap reservoir dan aquifer di sekelilingnya pada lapangan panas bumi Kamojang ZAINAL ABIDIN, WANDOWO, DJIONO, ALIP, DAN WIBAGIYO	187
Penelitian asal-usul berbagai sumber air di sekitar bendungan Ngancar Wonogiri, Jawa Tengah dengan teknik isotop alam PASTON SIDAURUK, INDROJONO, WIBAGIYO, BUNGKUS PRATIKNO, DAN EVARISTA RISTIN	195
Studi arah dan penyebaran rembesan air Danau Batur menggunakan isotop alam Oksigen-18 dan Deuterium WIBAGIYO, INDROYONO, PASTON S, ZAINAL A, EVARISTIN	201
Penentuan lokasi pembanding berdasarkan distribusi ¹³⁷ Cs lapisan tanah dari beberapa lokasi stabil NITA SUHARTINI, DARMAN, HARYANTO, DAN DJAROT AS.	207
Penentuan nilai rasio isotop Oksigen (¹⁸ O/ ¹⁶ O) dan Sulfur (³⁴ S/ ³² S) dari BaSO ₄ DIN 5033 (MERCK) untuk standar internal EVARISTA RISTIN P.I, PASTON SIDAURUK, WIBAGYO, DJIONO, DAN SATRIO	217
Scanning kolom proses dengan teknik serapan sinar gamma di UP-IV Pertamina Cilacap SIGIT BUDI SANTOSO, KUSHARTONO, BISANA, DAN EKO MULYANTO	225
Pengukuran tebal pipa terselubung dengan teknik radiografi tangensial menggunakan sumber Iridium-192 SOEDARDJO	229
Pelapisan permukaan pelepah batang pisang batu (<i>Musa brachycarpa</i>) dengan radiasi sinar-UV SUGIARTO DANU, AGUS NURHADI, RITA PUSPITA, DAN ANIK SUNARNI	237
Sifat mekanik komposit campuran Zeolit-PVA yang diiradiasi sinar-γ ⁶⁰ Co DARSONO, SUGIARTO DANU, DAN TAMZIL LAS	245
Pengaruh radiasi sinar-γ dan penambahan kalsium karbonat pada sifat fisika dan mekanik kompon karet alam SUDRADJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, KADARIJAH, DAN MADE SUMARTI KARDHA	251
Studi perbandingan degradasi secara enzimatik campuran CPP/Bionolle dan CPP/PCL dengan modic NIKHAM, FUMIO YOSHII DAN K. MAKUUCHI	259
Sintesis dan karakterisasi Wolfram - Ftalosianin untuk bahan sasaran radioisotop Wolfram-188 (¹⁸⁸ W) aktivitas jenis tinggi DUYEH SETIAWAN	269
Uji aktivitas mikrofungsi asal lingkungan tangki reaktor Triga Mark II terhadap korosi Aluminium ROSMIARTY A. WAHID, LUKMAN UMAR DAN YANI YESTIANI	275
Pemisahan uranium dari hasil belah Zr dan Ru dengan menggunakan TBP 30% - dodekan dalam medium asam nitrat sebagai bahan ekstraktor R. DIDIEK HERHADY, BUSRON MASDUKI, DAN SIGIT	283

PENELITIAN ASAL-USUL BERBAGAI SUMBER AIR DI SEKITAR BENDUNGAN NGANCAR WONOGIRI, JAWA TENGAH DENGAN METODE ISOTOP ALAM

Paston Sidauruk, Indrojono, Wibagiyo, Bungkus Pratikno, dan Evarista Ristin P.I.

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

ABSTRAK

PENELITIAN ASAL-USUL BERBAGAI SUMBER AIR DI SEKITAR BENDUNGAN NGANCAR WONOGIRI, JAWA TENGAH DENGAN METODE ISOTOP ALAM. Penelitian asal usul berbagai sumber air di sekitar bendungan Ngancar, Wonogiri dengan metode isotop alam telah dilakukan. Penelitian ini meliputi pengambilan sampel dan analisis dari berbagai sumber air yang ditemukan di sekitar bendungan seperti air waduk, air keluaran, mata air, pompa air penduduk setempat, air hujan, dan air dalam lubang piezometer dan sumur pantau. Untuk tujuan penelitian ini, analisis isotop alam yang ditunjang dengan data hidro-kimia dari seluruh sampel yang dikumpulkan telah dilakukan dan diinterpretasikan. Dari hasil analisis dan interpretasi data dapat disimpulkan bahwa sebagian besar air yang berada dalam berbagai sumber air disekitar bendungan berasal dari bocoran dari air waduk.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE ORIGIN OF VARIOUS WATER SOURCES IN THE VICINITY OF NGANCAR DAM, WONOGIRI USING NATURAL ISOTOPES. The investigation of the origin of various water sources in the vicinity of Ngancar Dam, Wonogiri, using natural isotopes technique has been conducted. The study includes collecting and analyzing water samples from various sources in the vicinity of the dam such as reservoir water, water discharges, springs, local water well, rain water, water from piezometer and observation wells. For this investigation, natural isotopes composition and hydro chemical ions of the samples have been analyzed and interpreted. From the data interpretation, it is concluded that most of the water in various sources originated from water reservoir.

PENDAHULUAN

Bendungan mempunyai peran yang sangat penting untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Hal ini disebabkan bendungan tidak hanya berfungsi sebagai pendukung sistem irigasi yang baik tetapi dapat juga berfungsi sebagai penyedia tenaga listrik, pengendali banjir dan sebagai reservoir. Untuk itu, sistim manajemen bendungan yang dapat menjamin keselamatan bendungan itu sendiri perlu diterapkan.

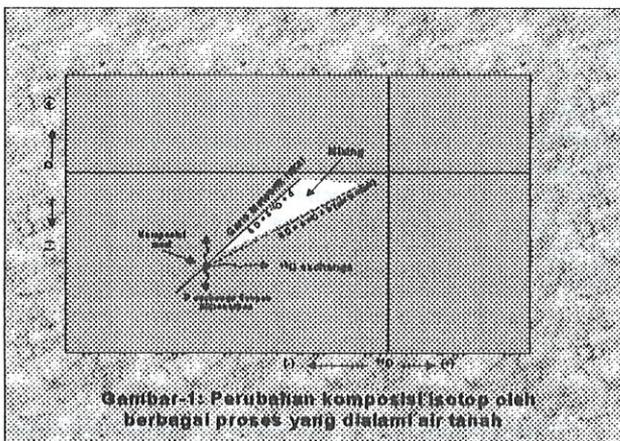
Rembesan atau bocoran adalah salah satu masalah yang sering dihadapi dalam sistem manajemen bendungan. Penanganan masalah kebocoran adalah sangat penting karena masalah bocoran tidak hanya menyangkut masalah kehilangan air tetapi yang paling penting adalah menyangkut keselamatan bendungan itu sendiri. Untuk itu, pengawasan secara berkala dan berkesinambungan dan pengendalian rembesan perlu diambil. Salah satu teknik yang tersedia dewasa ini yang dapat digunakan untuk memonitor adanya rembesan dan bocoran adalah teknik isotop alam. Tujuan dari penelitian dengan teknik isotop alam ini adalah untuk menentukan asal-usul dari air keluaran dari berbagai sumber di sekitar bendungan apakah berasal dari air reservoir bendungan atau dari sumber lain. Tahapan ini perlu dilakukan untuk menentukan tingkat kebocoran yang terjadi pada waduk yang diselidiki sebelum tahapan pekerjaan selanjutnya dilakukan.

Dalam penelitian ini, contoh air telah dikumpulkan dari berbagai sumber di sekitar Bendungan Ngancar secara berkala selama empat bulan. Makalah ini menyajikan hasil interpretasi dari hasil analisa data dan observasi parameter lainnya di lapangan.

HIPOTESA

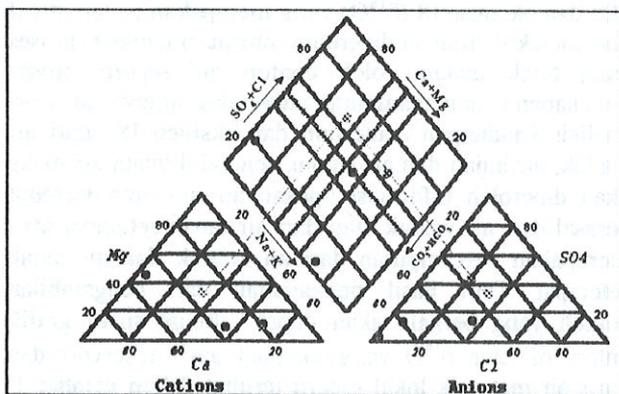
Dari hasil analisis kandungan deuterium ($\delta^2\text{H}$ atau δD) dan oksigen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) yang merupakan isotop stabil dari molekul air akan diperoleh informasi tentang proses yang telah dialami oleh contoh air seperti proses penguapan atau pencampuran antara dua sumber air. Dari analisis kandungan deuterium dan oksigen-18 dari air waduk, air hujan dan air sumur penduduk/mata air maka akan diperoleh informasi apakah air keluaran tersebut berasal dari air waduk atau dari air tanah setempat atau merupakan pencampuran dari air waduk dan air tanah setempat. Dari hasil pengamatan dan pengambilan contoh yang berkala akan dapat dibuat suatu grafik antara δD dan $\delta^{18}\text{O}$ yang memuat garis reservoir dan garis air meteorik lokal seperti terlihat dalam gambar 1. Para ahli telah membuktikan bahwa hubungan antara kelimpahan deuterium (δD) dan oksigen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) suatu contoh air mengikuti hubungan linier dengan persamaan : $\delta\text{D} = A \delta^{18}\text{O} + B$, dimana $A = 8$ untuk air hujan dan B tergantung dari faktor geografis suatu daerah. Sedangkan untuk suatu contoh air yang telah mengalami penguapan

seperti halnya air waduk harga slope A biasanya lebih kecil dari 8. Sebagai contoh untuk air hujan yang diperoleh dari 91 stasiun bumi seluruh dunia diperoleh hubungan berikut : $\delta D = 8 \delta^{18}O + 10$ (IAEA, 1981; Hoefs, 1980; Drost and Moser, 1983). Persamaan ini selanjutnya disebut dengan *Global Meteoric Water Line (MWL)*. Untuk Indonesia para peneliti BATAN melalui beberapa stasiun penadah hujan di beberapa tempat di Indonesia diperoleh hubungan δD vs $\delta^{18}O$ sebagai berikut : $\delta D = 8 \delta^{18}O + 14$ (BAFI-BATAN, 1984). Seperti disinggung di atas bahwa air yang mengalami penguapan seperti halnya air waduk akan mempunyai slope lebih kecil dari 8. Untuk lebih jelasnya slope garis penguapan ini tergantung dari beberapa parameter diantaranya; suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. Sebagai contoh, Sidauruk, P. (1987) mendapatkan garis penguapan untuk suhu rata-rata 30 °C dan kelembaban relatif 57 % sbb: $\delta D = 4.54 \delta^{18}O - 10.17$.



Gambar-1: Perubahan komposisi isotop oleh berbagai proses yang dialami air tanah

Untuk garis air meteorik lokal dalam penelitian ini dengan demikian akan menggunakan persamaan yang diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya yaitu $\delta D = 8 \delta^{18}O + 14$. Hal ini dilakukan karena periode waktu penelitian selama 4 bulan belum dapat dianggap cukup untuk membangun garis air meteorik lokal.



Gambar-2 : Diagram Trilinear

Kandungan hidrokimia pada tiap lapisan akuifer mempunyai ciri tersendiri, tergantung pada batuan yang dilaluinya. Hal ini disebabkan karena air hujan yang

masuk ke dalam tanah akan mengalami perkolasi dan mengalami interaksi dengan batuan tersebut, kemudian melalui mekanisme kesetimbangan terjadi peristiwa pelarutan dan pertukaran ion (ion exchange). Analisis hidrokimia dimaksudkan untuk melihat secara kualitatif gambaran formasi batuan (tanah) yang pernah dilalui oleh air tersebut dan lama waktu relatif air berinteraksi dengan formasi tersebut. Hasil analisis hidrokimia suatu contoh air dapat memberikan informasi tambahan atau memperkuat informasi yang telah diperoleh dari hasil analisis deuterium dan oksigen-18 tentang asal-usul air keluaran.

Umumnya unsur-unsur kimia yang dianalisis berupa garam-garam mineral yang larut dalam air. Garam mineral tersebut diukur dalam bentuk ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan ion HCO_3^- (Stiff, 1951; Todd, 1980) dan hasil analisis ion ini akan disajikan dengan diagram Trilinear Piper seperti dalam gambar 2 di samping.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan isotop alam yang ditunjang dengan analisis hidrokimia. Dalam pendekatan ini contoh air secukupnya dikumpulkan dari setiap air keluaran, air waduk, air dalam sumur pantau, air hujan dan mata air/sumur penduduk yang berada disekitar bendungan Ngancar. Contoh yang diambil kemudian ditaruh dalam botol khusus yang telah disiapkan yaitu contoh yang diperuntukkan untuk analisis isotop alam ditempatkan dalam vial gelas anti evaporasi sebanyak 20 cc sedangkan untuk analisa hidrokimia dan tritium ditempatkan dalam botol kapasitas 1000 cc. Contoh ini harus diperlakukan sedemikian rupa sehingga dapat menjaga keadaan contoh sama seperti saat diambil. Pengambilan contoh ini dilakukan secara berkala selama empat bulan yang kemudian contoh tersebut dianalisis di laboratorium Hidrologi dan Kimia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN untuk mengetahui kandungan isotop alam (deuterium, oksigen-18, tritium dan hidrokimia).

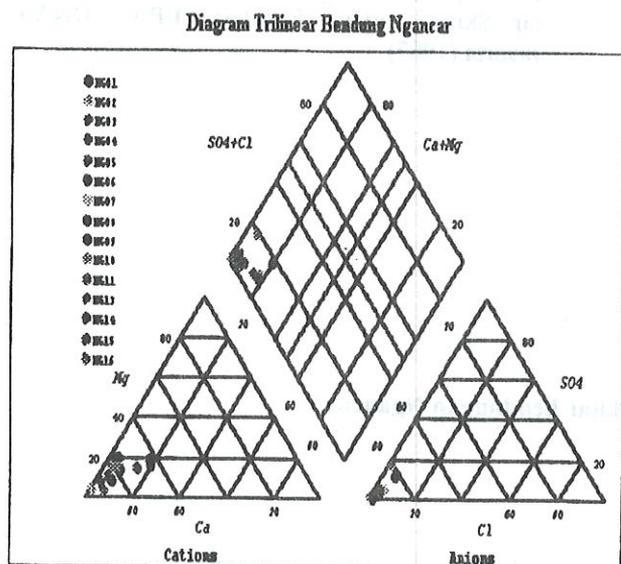
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-hasil analisis isotop alam dan hidrokimia dari seluruh data yang dikumpulkan akan dibahas di bawah ini,

Hidrokimia

Pola kandungan kation dan anion dari contoh air di Ngancar seperti terlihat dalam Gambar 3 mengikuti pola kandungan kation dan anion contoh air segar (*Fresh Water*, Stiff, 1951). Kation dan anion contoh air di waduk Ngancar tidak bervariasi banyak seperti dapat dilihat dalam Gambar 3. Seluruh kation dan anion berkelompok pada daerah yang sempit yaitu pada daerah Calcium-Magnesium dan karbonat tinggi. Hal ini dapat terjadi karena input dari air waduk berasal dari air tanah setempat.

Hasil analisis TDS dari seluruh contoh menunjukkan harga pada besaran yang tidak terlalu berfluktuasi yaitu sekitar ~ 110 - 180 mg/l. Fenomena ini memperkuat hasil analisis kation dan anion bahwa mata air, air keluaran dan air waduk berasal dari air tanah setempat. Nilai TDS yang rendah ini juga memberikan indikasi bahwa waktu transit air tanah setempat dari daerah imbuhny tidak terlalu besar.



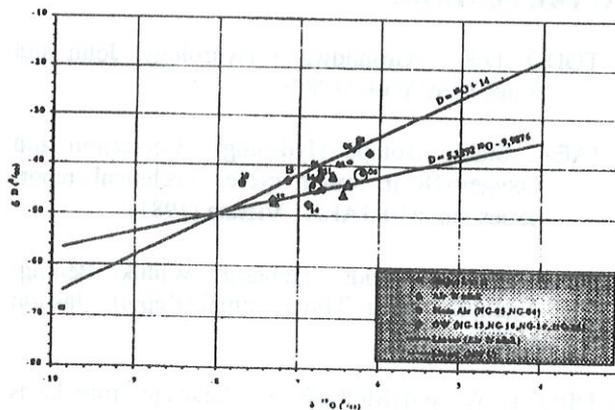
Gambar 3. Diagram Trilinear Hidrokimia Bendungan Ngancar

Deuterium (δD) dan Oksigen-18 ($\delta^{18}O$)

Seperti telah diterangkan dalam pembahasan sebelumnya kedua garis dalam gambar 4 adalah garis meteorik lokal dengan persamaan $\delta D = 8 \delta^{18}O + 14$ dan garis air waduk dengan persamaan $\delta D = 3,68 \delta^{18}O - 20,165$.

Seperti pembahasan sebelumnya dari Gambar-4 dapat dilihat sumber-sumber yang berindikasi kuat berasal dari air waduk yaitu mata air NG-04 (Q~1200 l/mnt) dan NG05 (Q~ 70 l/mnt). Disamping itu air pada sumur pantau NG-13 dan NG-14 juga berindikasi kuat adalah rembesan dari air waduk.

Sedangkan mata air NG-01, NG-02, dan NG-03 tidak ada indikasi kuat berasal dari air waduk. Dari informasi yang diperoleh dari penduduk setempat dan hasil observasi tim Hidrologi BATAN bahwa debit mata air ini tidak konstan yang kadang-kadang debit mata air ini khususnya NG-01 dan NG-02 turun secara bersamaan dengan turunnya permukaan air waduk. Hal ini dapat terjadi seperti diterangkan dalam pembahasan hidrokimia dan tritium di atas karena input dari air waduk adalah air tanah setempat maka turunnya debit mata air NG-01 dan NG-02 secara bersamaan dengan turunnya permukaan air waduk adalah fenomena yang masuk akal. Hal ini juga dapat terjadi karena dengan terisinya waduk Ngancar maka air tanah lokal yang seogianya menuju waduk akan naik keatas ke permukaan dan timbul sebagai mata air.



Gambar 4: Hubungan antara δD dengan $\delta^{18}O$ Pada waduk Ngancar

KESIMPULAN

Dari analisa dan interpretasi data isotop stasioner, hidrokimia dan tritium diperoleh hasil-hasil sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis hidrokimia dapat disimpulkan bahwa input air waduk adalah berasal dari air tanah lokal.
2. Ada indikasi kuat bahwa beberapa air keluaran disekitar bendung berasal dari waduk, khususnya air keluaran NG-04 yang mempunyai debit sangat besar (Q~1200 l/menit) dan NG-05 (Q~70 l/menit).
3. Air keluaran dengan kode sampel NG-01 dan NG-02 yang merupakan sumber air bersih penduduk yang debitnya kadang-kadang dapat turun bersama-sama dengan turunnya air waduk bukan merupakan air yang berasal dari waduk. Fenomena ini bisa terjadi karena input pada air waduk adalah berasal dari air tanah setempat sebagaimana halnya mata air tersebut sehingga turunnya debit mata air ini adalah indikasi turunnya input pada air waduk. Seperti juga diterangkan di atas bahwa dengan naiknya permukaan bendungan Ngancar akan menaikkan tinggi permukaan air tanah lokal setempat proporsional dengan naiknya permukaan bendungan Ngancar. Dengan demikian maka pada ketinggian tertentu maka air tanah setempat akan keluar ke permukaan sebagai air tanah.

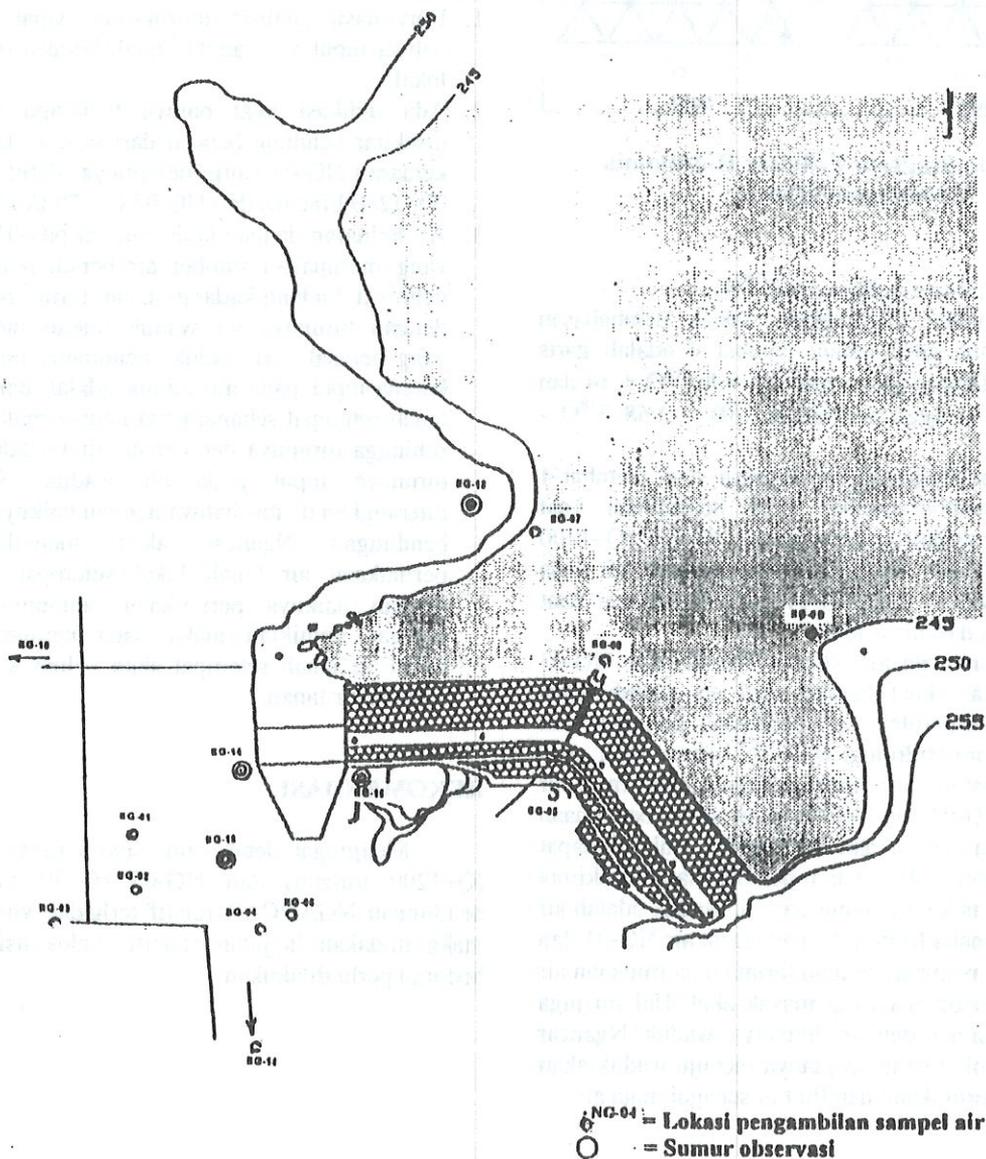
REKOMENDASI

Mengingat debit yang cukup besar dari NG-04 (Q~1200 l/menit) dan NG-05 (Q~70 l/menit) pada bendungan NGANCAR relatif terhadap volume waduk, maka tindakan lanjutan seperti melokalisir rembesan/bocoran perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. TODD, D.K ., Groundwater Hydrology, John and Sons, New York (1980).
2. IAEA, Stable Isotope Hydrology; Deuterium and Oxygen-18 in water cycle, Technical report series No. 210, IAEA , Vienna (1981).
3. BAFI-BATAN, Studi rembesan waduk Bening-Nganjuk, Jawa Timur, Final Report, Jakarta (1984).
4. DROST, W. and MOSER, H., Leakage from lakes and Reservoirs, Guide Book on Nuclear Techniques in Hydrology, Technical Report Series No. 91, IAEA, Vienna (1983).
5. HOEFS, J., Stable isotop geochemistry, Springer verlag, Berlin - Heidelberg-New York (1980).
6. STIFF, H.A., Jr., The interpretaions of Chemical Water Analysis by Means of Patterns, Journal of Petroleum Technology, Atlantic refining Co. Dallas Texas (1951).
7. SIDAURUK, P., Pengaruh proses penguapan terhadap perbandingan D/H dan $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dalam air, Skripsi sarjana, Fakultas MIPA - UNAS, Jakarta (1987).

Lampiran 1: Gambar lokasi pengambilan contoh air di sekitar bendungan Ngancar



Lampiran 2: Daftar kode dan lokasi pengambilan contoh air pada bendungan Ngancar

No.	KODE CONTOH	KETERANGAN
1.	NG-01	Mata air di desa Jarak, elevasi 192 m, pH=7, Q~ 3-4 l/dt, air jernih keluar melalui celah batuan kapur.
2.	NG-02	Mata air 3 m lebih rendah dari NG-01, Q~ 1/2l/dt, pH 7
3.	NG-03	Mata air tempat mandi, elevasi 1-2 m dibawah NG-02, pH 7
4.	NG-04	Mata air Q besar , pH 6-7
5.	NG-05	Mata air di bawah bendung , Q kecil, elevasi 190m (-40m dari puncak bendungan)
6.	NG-06	Mata air di aliran limpasan, elevasi 2 m di bawah NG-05
7.	NG-07	Air waduk sayap kanan kedalaman 1 m
8.	NG-08	Air waduk di pintu air, kedalaman 1 m dan 12 m di bawah permukaan.
9.	NG-09	Air waduk sayap kiri kedalaman 1m
10.	NG-10	Mata air Pagersengon, Selopuro, dimanfaatkan masyarakat, formasi batu kapur , Q 2 l/menit, elevasi 270 m (50 m dari axist dam)
11.	NG-11	Mata air Melikan, Desa Bilik Urip, elevasi 182 m (-48 m dari axist dam), arah down stream
12.	NG-13	Air sumur pantau Nomor sumur NG-13 kedalaman 18 m
13.	NG-14	Air sumur pantau Nomor sumur NG-14 kedalaman 18 m
14.	NG-15	Air sumur pantau Nomor sumur NG-15 kedalaman 17 m
15.	NG-16	Air sumur pantau Nomor sumur NG-16 kedalaman 13 m
16.	CH-NG	Curah hujan bulanan area waduk Ngancar.

Lampiran 3: Hasil analisis isotop stabil dan hidrokimia contoh air dari bendungan Ngancar

Kode Contoh	Kation dan anion rata-rata (ppm)							TDS (mg/l)	Isotop alam stabil rata-rata (permil)	
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁼		δD	δ ¹⁸ O
NG-01	316	3.8	5.4	1.0	94.3	10.9	3.5	169	-41.0	-6.7
NG-02	318	4.0	5.6	1.0	98.7	11.0	4.3	170	-35.6	-6.3
NG-03	376	4.6	5.1	0.8	114.7	15.0	6.8	111	-39.5	-6.4
NG-04	237	3.1	7.1	1.6	69.0	7.0	6.7	161	-41.5	-6.2
NG-05	94	2.3	5.5	1.5	27.0	3.4	2.5	119	-43.9	-6.8
NG-06	287	3.3	6.7	1.6	51.7	5.3	6.8	140	-36.7	-6.3
NG-07	81	2.4	5.3	1.6	19.4	3.5	3.6	-	-41.8	-6.5
NG-08	66	3.0	5.9	1.4	18.9	2.8	7.3	103	-47.4	-7.4
NG-09	80	1.5	5.3	1.5	19.1	3.5	3.6	102	-43.8	-6.4
NG-10	415	1.6	1.6	0.2	146.2	3.8	1.7	135	-42.3	-7.4
NG-11	389	5.4	4.7	1.0	114.6	13.0	4.6	150	-41.3	-6.7
NG-13	416	1.8	8.9	1.0	115.7	2.3	4.7	110	-46.8	-7.3
NG-14	356	5.3	3.2	0.2	106.3	5.8	10.1	117	-47.8	-6.8
NG-15	274	3.5	4.7	1.2	85.8	6.5	1.2	148	-43.1	-7.1
NG-16	364	2.8	8.9	1.9	119.4	13.7	61	181	-42.5	-6.7
CH-NG	-	-	-	-	-	-	-	-	-67.6	-9.9
									-34.4	-6.3
									-9.8	-2.4

DISKUSI

BAROKAH ALIYANTA

1. Apakah kebocoran hanya berasal dari waduk, apakah tidak mungkin kebocoran merupakan kontribusi air tanah & air waduk mengingat dari grafik lokal MWL danau tidaklah begitu mencolok mohon penjelasan ?
2. Berapa umur air yang teramati pada debit bocoran 10 maupun 0,5 l/s atau tempat lain ?

INDROJONO (PASTON S.)

1. Kebocoran memang tidak 100% dari air waduk, air tanah juga memberikan kontribusi ke air bocoran, tetapi sebagian besar berasal dari air waduk (lihat grafik δD vs $\delta^{18}O$ waduk Ngancar).
2. Umur air tanah pada debit bocoran dapat dihitung berdasarkan kandungan Tritiumnya = 3,4 TU dibandingkan dengan kandungan Tritium air hujan (4,5 TU). Dengan menggunakan rumus peluruhan umur air bocoran : 5,02 tahun.

ZAINAL ABIDIN

Berdasarkan data geologi (struktur) dan data isotop alam pada mata air, dapatkah Anda memberikan indikasi "pathway" dari lintasan kebocoran. Mengingat "blanket" pada dinding bendung tetap menampilkan adanya bocoran pada mata air ?

INDROJONO (PASTON S.)

Lintasan bocoran yaitu mulai dari air waduk sayap kanan (daerah yang belum di "blanket") melintasi lubang bor NG13, NG14 dan NG04 (mata air). Dari hasil tinjauan di lapangan pada bulan yang lalu (November - Desember 1999) dilakukan pem-"blanket"-an di daerah sayap kanan yang direkomendasikan sebagai daerah asal usul daerah bocoran.

SOEDARDJO

1. Apakah δD dan $\delta^{18}O$ tidak membahayakan lingkungan ?
2. Kondisi debit air waduk Ngancar apakah lebih besar dari debit air Waduk Gajahmungkur ?
3. Bagaimana cara membedakan bocoran air berasal dari kerusakan dinding waduk atau resapan dasar waduk yang sifatnya porous karena biasanya dasar waduk terjadi dari batuan gamping ?
4. Apa dapat diketahui kerusakan dinding bendungan akibat *reinforcemen corrossion* ?

INDROJONO/PASTON SIDAURUK

1. Tidak.
2. Q Ngancar \ll Q Gajahmungkur.
3. Umumnya bocoran air yang berasal dari dinding waduk (TDSnya) berbeda dibanding dengan resapan dari dasar waduk.
4. Dapat, yaitu dengan pemantauan & analisis air di sekitar waduk (mata air/air bocoran, air waduk, air hujan) sehingga apabila ada perubahan hasil analisis yang signifikan, secara dini kerusakan tubuh bendungan dapat diketahui ditindak lanjuti.