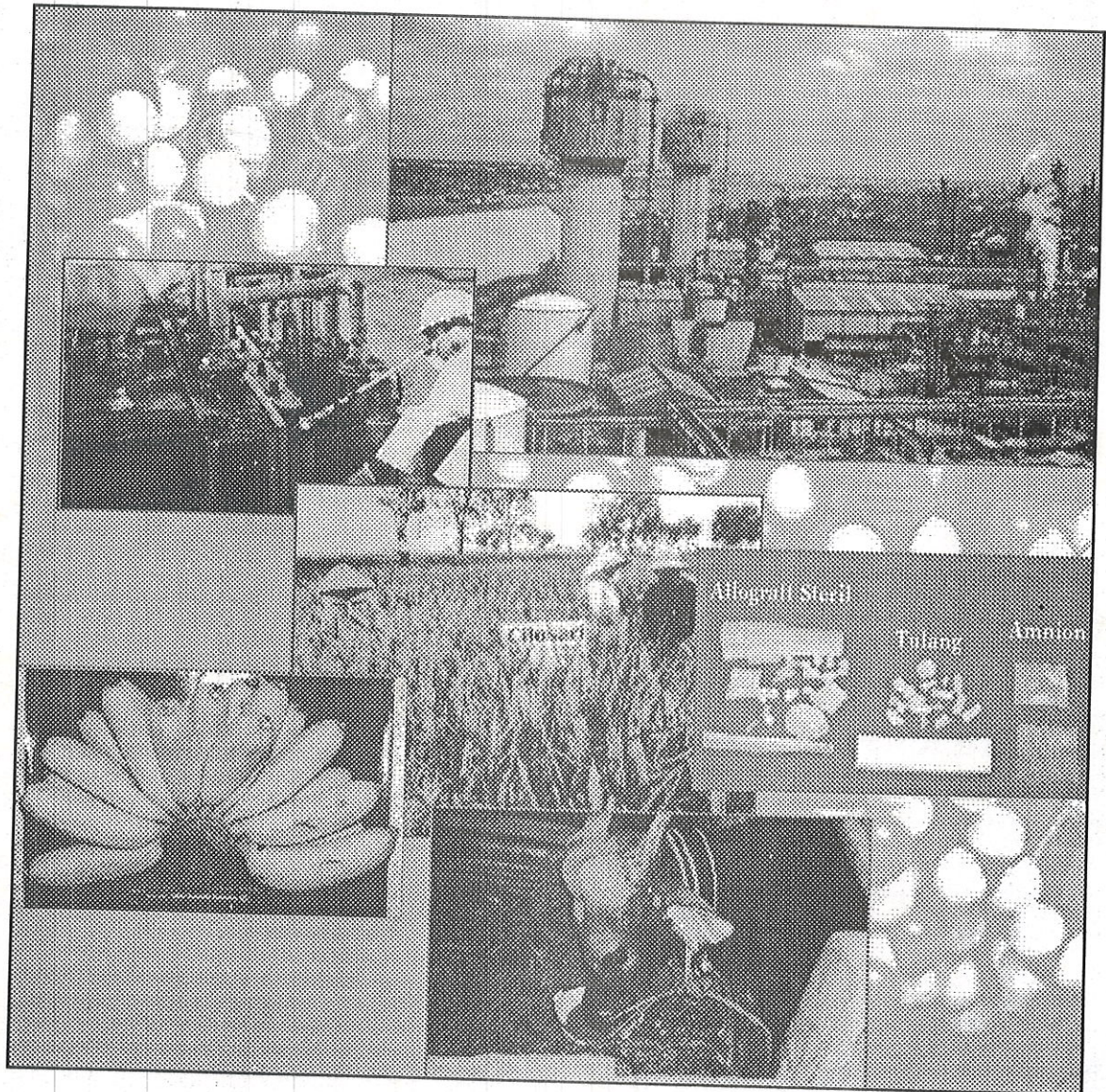


# RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



**Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002**

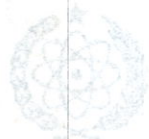
ISBN 979-82708-8-4

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
RESEPTI DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002



**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
2 0 0 1**

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



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

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

2001

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI

|              |   |                          |
|--------------|---|--------------------------|
| Penyunting : | 1. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU          | P3TIR - BATAN            |
|              | 2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU          | P3TIR - BATAN            |
|              | 3. Dr. F. Suhadi, APU                   | P3TIR - BATAN            |
|              | 4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU | P3TIR - BATAN            |
|              | 5. Dr. Singgih Sutrisno, APU            | P3TIR - BATAN            |
|              | 6. Marga Utama, B.Sc, APU               | P3TIR - BATAN            |
|              | 7. Ir. Wandowo                          | P3TIR - BATAN            |
|              | 8. Dr. Made Sumatra, MS, APU            | P3TIR - BATAN            |
|              | 9. Dr. Mugiono, APU                     | P3TIR - BATAN            |
|              | 10. Drs. Edih Suwadji, APU              | P3TIR - BATAN            |
|              | 11. Dr. Sofjan Yatim                    | P3TIR - BATAN            |
|              | 12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU          | P3TIR - BATAN            |
|              | 13. Dr. Nelly D. Leswara                | Universitas Indonesia    |
|              | 14. Dr. Ir. Komaruddin Idris            | Institut Pertanian Bogor |

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2002 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001 / Penyunting, Nazly Hilmy ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002.  
1 jil.; 30 cm

Isi jil. 1. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

ISBN 979-95709-8-0

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Nazly Hilmy

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 : p3tir@batan.go.id; sroji@batan.go.id  
Home page : <http://www.batan.go.id/p3tir>

|    |                                |                          |
|----|--------------------------------|--------------------------|
| 1  | Pria Ningsih Hilmy, Ph.D. APU  | BATIR - BATAN            |
| 2  | Dr. Ir. Moch. Zamrudin APU     | BATIR - BATAN            |
| 3  | Dr. F. Subadi APU              | BATIR - BATAN            |
| 4  | Dr. Ego L. Panudjawan, MS. APU | BATIR - BATAN            |
| 5  | Dr. Sumardi Sumanu, APU        | BATIR - BATAN            |
| 6  | Wahyuni, S.Sc. APU             | BATIR - BATAN            |
| 7  | H. Wondono                     | BATIR - BATAN            |
| 8  | Dr. Yudo Sumanu, MS. APU       | BATIR - BATAN            |
| 9  | Dr. Kujugoro, APU              | BATIR - BATAN            |
| 10 | Dr. Edib Swardi, APU           | BATIR - BATAN            |
| 11 | Dr. Soeman Yudianto            | BATIR - BATAN            |
| 12 | Dr. Irak M. Sa. M.D. APU       | BATIR - BATAN            |
| 13 | Dr. Nelly D. Larasari          | Universitas Indonesia    |
| 14 | Dr. Ir. Kemasudin Idris        | Institut Teknologi Bogor |

BERTITIK LAMPAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI  
 (STOP DAN RALAT) (2001 - JAKARTA). Riset pertama yang diterbitkan  
 dan pengembangannya yang terdapat dalam jurnal "5 - 7 Oktober 2001 \\  
 Penelitian Teknologi Nuklir Nasional. Pusat  
 Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002.  
 134 - 135

14. Ir. Moch. Zamrudin, K. Suardi, Soeman dan Soeman

15. Ir. Moch. Zamrudin

16. Isotop - Soeman dan Ir. Moch. Hilmy

Alamat:  
 Panitia Pengorganisasian Isotop dan Radiasi  
 Jl. Cincin Timur  
 Blok B03-02 IKSR  
 Jakarta 12030  
 Telp. 021-7090709  
 Fax 021-7091807, 7713250  
 E-mail: [isotop@ipip.ti.bogor.ac.id](mailto:isotop@ipip.ti.bogor.ac.id), [ipip@ipip.ti.bogor.ac.id](mailto:ipip@ipip.ti.bogor.ac.id)  
 Website: <http://www.isotop.ti.bogor.ac.id>

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| Pengantar .....   | i   |
| Daftar Isi .....  | iii |
| Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....  | vii |
| Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....  | ix  |
| <b>MAKALAH UNDANGAN</b>   |     |
| Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia untuk Pemberdayaan Usaha Kecil Menengah<br>PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM) .....  | 1   |
| Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials<br>Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI) .....   | 5   |
| Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21<br>Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri .....   | 9   |
| <b>MAKALAH PESERTA</b>  |     |
| Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia<br>PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJIONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP .....  | 25  |
| Penyelidikan daerah imbuhan air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop<br>SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DJIJONO .....   | 33  |
| Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam <sup>137</sup> Cs<br>NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS .....   | 43  |
| Penentuan konsentrasi <sup>226</sup> Ra dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera<br>SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR .....   | 49  |
| Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta<br>WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DJIJONO .....  | 57  |
| Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan<br>A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI .....  | 65  |
| Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa<br>SUGIHARTO, PUGUH MARTYASA, INDROJONO, HARIJONO, dan KUSHARTONO..  | 69  |
| Penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dalam pupuk dan aplikasinya untuk menentukan sumber sulfur pada air tanah kampung Loji Krawang<br>E. RISTIN PUJI INDIYATI, ZAINAL ABIDIN, JUNE MELLAWATI, PASTON SIDAURUK, dan NENENG L.R., ..... | 75  |
| Pembuatan komposit campuran serbuk kayu - poliester - serat sabut kelapa untuk papan partikel<br>SUGIARTO DANU, DARSONO, PADMONO, dan ANGESTI BETTY .....   | 81  |
| Kombinasi pelapisan permukaan kayu lapis Meranti ( <i>Shorea spp</i> ) dengan metode konvensional dan radiasi Ultra Violet<br>DARSONO, dan SUGIARTO DANU .....  | 89  |

|  |     |
|--|-----|
| Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer)<br>SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K. ....          | 95  |
| Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi<br>MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA .....                       | 103 |
| Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinu dengan model bejana berderet<br>SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA .....                             | 109 |
| Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma<br>ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN .....              | 117 |
| Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif<br>ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI .....  | 125 |
| Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR ( <i>Polymerase Chain Reaction</i> )<br>LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F., .....                           | 131 |
| Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria<br>SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN .....                     | 137 |
| Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinu<br>RUSDIANASARI, dan BUCHARI .....   | 143 |
| Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk <sup>139</sup> Ba dengan peralatan koinsiden 4πβ-γ<br>NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO .....       | 149 |
| Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi<br>B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY ..... | 155 |
| <i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i><br>MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY .....  | 161 |
| <i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i><br>MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH .....   | 165 |
| <i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i><br>MENKHER M., and HELFIAL HELMI .....   | 169 |
| Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, dan O <sub>2</sub><br>NIKHAM .....    | 173 |
| Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi<br>YANTI S. SOEBIANTO, SITI MEILANI S., dan DIAH WIDOWATI .....                  | 181 |
| Pengaruh iradiasi gamma terhadap derajat kekuningan ( <i>Yellowness Index</i> ) dan sifat mekanik plastik pengemas makanan<br>RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I. ....               | 191 |
| Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i><br>YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK .....                                | 205 |



|  |     |
|--|-----|
| Pembentukan galur tanaman kacang tanah yang toleran terhadap Aluminium melalui kultur <i>in vitro</i><br>ALI HUSNI, I. MARISKA, M. KOSMIATIN, ISMIATUN, dan S. HUTAMI .....                  | 215 |
| Pembentukan kalus dan <i>spot</i> hijau dari kultur Antera galur mutan cabai keriting ( <i>Capsicum annuum</i> L.) secara <i>in vitro</i><br>AZRI KUSUMA DEWI, dan ITA DWIMAHYANI .....      | 221 |
| Peningkatan toleransi terhadap Aluminium dan pH rendah pada tanaman kedelai melalui kultur <i>in vitro</i><br>IKA MARISKA, SRI HUTAMI, dan MIA KOSMIATIN .....                               | 225 |
| Efek radiasi sinar gamma dosis rendah pada pertumbuhan kultur jaringan tanaman ciplukan ( <i>Pysalis angulata</i> L.)<br>ROSMIARTY A. WAHID .....  | 235 |
| Pengujian galur mutan Sorghum generasi M4 terhadap kekeringan di Gunung Kidul<br>SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, dan PARNO .....   | 241 |
| Evaluasi penampilan fenotip dan stabilitas beberapa galur mutan kacang hijau di beberapa lokasi percobaan<br>RIYANTI SUMANGGONO, dan SOERANTO HUMAN .....                                    | 247 |
| Penggunaan pupuk hayati fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman jagung di lahan kering<br>HAVID RASJID, J. WEMAY, E.L. SISWORO, dan W.H. SISWORO .....                               | 255 |
| Pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada kondisi ketersediaan air terbatas<br>THOMAS .....   | 261 |
| Peningkatan keragaman sifat agronomi tanaman melati <i>Jasminum sambac</i> (L.) W. Ait dengan teknik mutasi buatan<br>LILIK HARSANTI, dan MUGIONO .....                                      | 273 |
| Pengaruh sumber eksplan dan <i>Thidiazuron</i> dalam media terhadap regenerasi eksplan mutan nilam ( <i>Pogostemon cablin</i> Benth.)<br>ISMIYATI SUTARTO, MASRIZAL, dan YULIASTI .....      | 281 |
| Kombinasi bahan organik dan pupuk N inorganik untuk meningkatkan hasil dan serapan N padi gogo<br>IDAWATI, dan HARYANTO .....  | 287 |
| Kuantifikasi transformasi internal <sup>15</sup> N untuk memprediksi daya suplai Nitrogen pada lahan paska deforestasi<br>I.P. HANDAYANI, P. PRAWITO, dan E.L. SISWORO .....                 | 295 |
| Pengaruh fosfat alam dan pupuk kandang terhadap efisiensi pemupukan P pada oxisol Sumatera Barat<br>JOKO PURNOMO, KOMARUDDIN IDRIS, SUWARNO, dan ELSJE L. SISWORO .....                      | 305 |
| Studi kandungan unsur mikro pada UMMB sebagai suplemen pakan ternak ruminansia<br>FIRSONI, YULIZON MENRY, dan BINTARA HER SASANGKA .....   | 313 |
| Penggunaan suplemen pakan dan pemanfaatan teknik <i>radioimmunoassay</i> (RIA) untuk meningkatkan efisiensi inseminasi Buatan (IB)<br>TOTTI TJIPTOSUMIRAT, DADANG SUPANDI, dan FIRSONI ..... | 319 |
| Pembuatan antibodi pada kelinci yang diimunisasi dengan <i>Brucella abortus</i><br>SUHARNI SADI .....  | 325 |

|  |     |
|--|-----|
| Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang mencit<br>M. ARIFIN .....   | 333 |
| Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing<br>B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI .....  | 337 |
| Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) dengan pemberian hormon testosteron alami<br>ADRIA P.M. HASIBUAN, dan JENNY M. UMAR .....   | 345 |
| Pengamatan klinis dan serologis pada domba pasca vaksinasi L-3 iradiasi cacing <i>Haemonchus contortus</i> dalam uji skala lapangan<br>SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO .....   | 349 |
| Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> )<br>HARSOJO, DIDI ROHADI, LYDIA ANDINI S., dan ROSALINA S.H. ....  | 355 |
| Kondisi optimal untuk penentuan radioaktivitas serangga hama bertanda P-32 dengan menggunakan pencacah sintilasi cair<br>YARIANTO S., BUDI SUSILO, dan S. SUTRISNO .....   | 361 |
| Kemandulan terinduksi radiasi pada hama kapas <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) dan kemandulan yang diturunkan pada generasi F1<br>SUHARYONO, dan S. SUTRISNO .....                                       | 367 |
| Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul<br>DARMAWI SIKUMBANG, INDAH A. NASUTION, M. INDARWATMI, dan ACHMAD N. KUSWADI ..... | 373 |
| Pengaruh iradiasi gamma terhadap Thiamin & Riboflavin pada ikan tuna ( <i>T. thynnus</i> ) dan salem ( <i>Onchorhynchus gorbuscha</i> ) segar<br>RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W. ....                 | 379 |
| Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit<br>YENNI M.U., dan ADRIA P.M. ....  | 385 |
| Sintesis hidrogel kopoli (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan imobilisasi ametrin<br>ERIZAL .....   | 389 |

## PENYELIDIKAN TINGKAT KEBOCORAN BENDUNGAN JATILUHUR DENGAN PENDEKATAN ISOTOP ALAM DAN HIDRO-KIMIA

Paston Sidauruk, Indrojono, Djiono, Eva Rista Ristin, Satrio dan Alip  
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

### ABSTRAK

**PENYELIDIKAN TINGKAT KEBOCORAN BENDUNGAN JATILUHUR DENGAN PENDEKATAN ISOTOP ALAM DAN HIDRO-KIMIA.** Tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur telah diselidiki melalui penyelidikan asal usul berbagai sumber air yang terdapat di sekitar bendungan. Penentuan asal usul air ini dilakukan dengan pendekatan kandungan isotop alam dan hidro-kimia dari contoh air yang dikumpulkan dari berbagai sumber di sekitar bendungan Jatiluhur. Pekerjaan ini meliputi pengambilan dan analisis sampel dari berbagai sumber air yang ditemukan di sekitar bendungan seperti air waduk, air keluaran, mata air, air pompa penduduk setempat, air hujan, dan air dalam lubang piezometer dan air pantau. Untuk tujuan penelitian ini, masing-masing sampel air yang dikumpulkan telah dianalisis kandungan isotop alam dan hidro-kimianya. Dari interpretasi komposisi data isotop alam khususnya  $^{18}\text{O}$  dan  $^2\text{H}$  maupun hidro-kimia dari berbagai sumber air keluaran di sekitar bendungan yang menunjukkan karakteristik yang berbeda dengan air waduk, hal ini berarti bahwa sebagian besar air yang berada dalam berbagai sumber air di sekitar bendungan pada umumnya tidak menunjukkan hubungan langsung dengan air waduk.

### ABSTRACT

**INVESTIGATION OF LEAKAGE CONDITION OF JATILUHUR DAM USING NATURAL ISOTOPES AND HYDRO-CHEMISTRY APPROACHES.** The leakage condition of Jatiluhur Dam has been studied through the investigation of the origin of various water discharges around the dam. The origin of these discharges is interpreted from the stable isotopes and hydro-chemistry composition of collected samples from various sources around the Jatiluhur dam. Field work for field parameters measurement and water samples collection, laboratory work for stable isotopes and water chemistry analysis, interpretation are the main part of this work. Water samples are collected from various sources such as from dam reservoir, discharges, springs, local groundwater extraction point, precipitation, and observation wells in the vicinity. The work has been successfully identify the relationship of those various sources relative to the reservoir water. The stable isotopes and water chemistry contents of most of collected samples that shows a significant different characteristic with the reservoir water suggests that most of the discharges founds in the vicinity of the dam has no a direct relationship to reservoir water.

### PENDAHULUAN

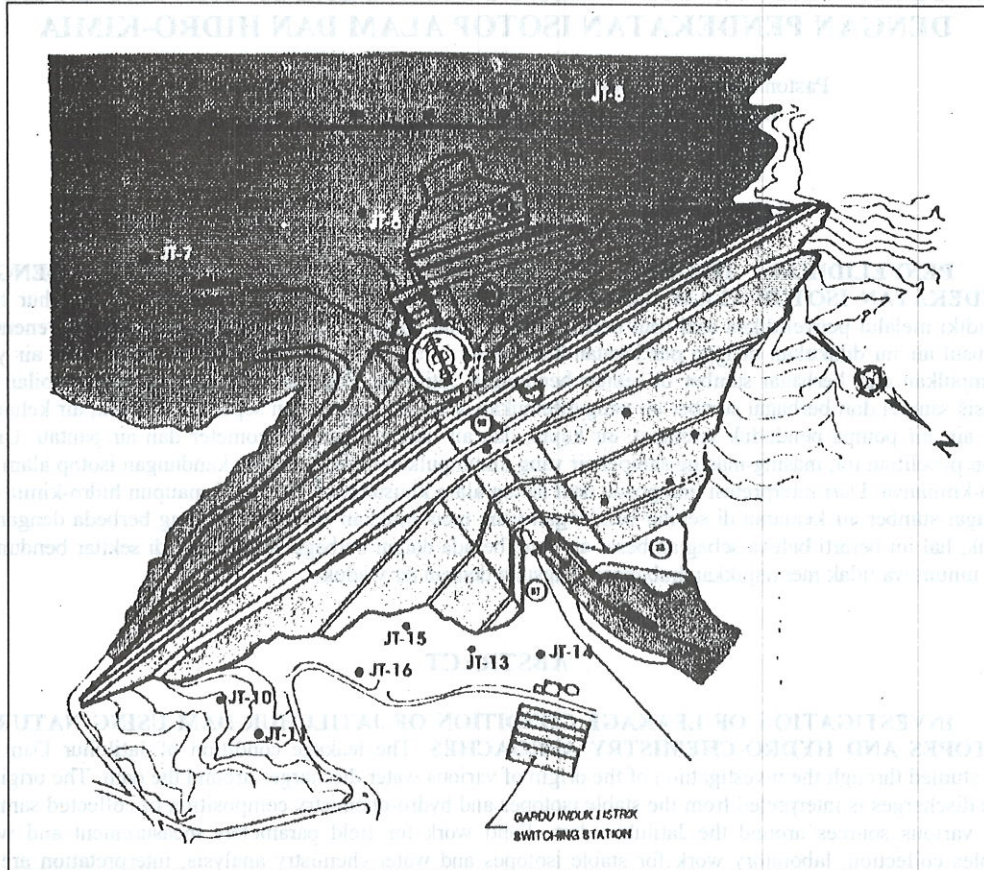
Bendungan Jatiluhur yang merupakan proyek pengembangan daerah pengairan sungai Citarum, terletak kira-kira 130 km tenggara Jakarta. Bendungan yang merupakan jenis tanah dan batu urugan (earth and rockfill type) mempunyai panjang 1200 m pada puncak dan tinggi 105 m, dengan kapasitas simpan 9.100.000 m<sup>3</sup>. Bendungan ini merupakan salah satu bendungan terbesar di Indonesia. Dilihat dari fungsinya, bendungan ini merupakan bendungan serbaguna seperti untuk penyediaan air minum, irigasi, pembangkit listrik dan untuk pengendalian banjir. Karena fungsi bendungan yang serbaguna dan sangat strategis, maka keamanan bendungan perlu diupayakan seoptimal mungkin. Salah satu masalah yang dihadapi oleh pengelola bendungan ini adalah adanya air keluaran (*discharges*) yang terdapat di sekitar bendungan yang belum jelas asal-usulnya seperti mata air di sekitar menara dan tubuh bendungan. Dikhawatirkan air keluaran tersebut berhubungan langsung dengan air waduk yaitu merupakan rembesan atau kebocoran air waduk, untuk itu perlu dilakukan penyelidikan asal-usul air keluaran tersebut.

Untuk mengidentifikasi kebocoran tersebut telah dilakukan penyelidikan hubungan air waduk dengan berbagai sumber air yang terdapat di sekitarnya. Penyelidikan ini dilakukan menggunakan pendekatan analisis dan interpretasi kandungan isotop stabil  $^{18}\text{O}$  dan  $^2\text{H}$  maupun hidro-kimia sampel air yang dikumpulkan dari sekitar bendungan. Penelitian ini adalah merupakan kerjasama antara Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Pengairan, Bagian Proyek Bimbingan Teknis Keamanan dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN.

### METODE PENELITIAN DAN ANALISIS

**Pengambilan Contoh.** Contoh-contoh air secukupnya dikumpulkan dari setiap air keluaran, air waduk, air hujan dan mata air/ sumur penduduk yang berada di sekitar waduk.

Lokasi pengambilan contoh air ditampilkan dalam Gambar 1 dengan identitas contoh pada Tabel 1. Untuk mengamati perubahan komposisi isotop stabil  $^{18}\text{O}$  dan  $^2\text{H}$  maupun kandungan hidro-kimia dari sumber



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh air yang ada di sekitar bendungan Jatuluhur

Tabel 1. Penjelasan kode contoh

| No. | Kode contoh | Keterangan   |
|-----|-------------|--|
| 1   | JT-01       | Berada dalam terowongan PLTA, Q~0.5 l/min.   |
| 2   | JT-02       | Air keluaran di aceunsur, 3 m di bawah JT-01 (dalam terowongan PLTA), Q~2.5 l/det. |
| 3   | JT-03       | Air keluaran di Buchon 2 m sebelah atas JT-01 (dalam terowongan PLTA)              |
| 4   | JT-04       | Air rembesan, sebelah kiri bendungan   |
| 5   | JT-05       | Air waduk sebelah kiri   |
| 6   | JT-06       | Air waduk depan menara bendungan   |
| 7   | JT-07       | Air waduk, sebelah kanan bendungan   |
| 8   | JT-08       | Sumur pengamatan P-60 kedalaman 24 m   |
| 9   | JT-09       | Sumur pengamatan OW-07, sebelah kiri bendungan, kedalaman (h) 1,63 m               |
| 10  | JT-10       | Sumur pengamatan sebelah kanan bendungan, OW 21, h = 14 m                          |
| 11  | JT-11       | Sumur CL-747 (kiri bendungan) h = 20 m   |
| 12  | JT-12       | Sumur CL-717 (kanan bendungan) h = 20 m  |
| 13  | JT-13       | Sumur pengamatan OW-14 (kanan bendungan) h = 9 m                                   |
| 14  | JT-14       | Sumur pengamatan OW-13 (kanan bendungan) h = 6,2 m                                 |
| 15  | JT-15       | Sumur CL-720 (kanan bendungan) h = 2 m   |
| 16  | JT-16       | Sumur pengamatan OW-18 (kanan bendungan) h = 17 m                                  |

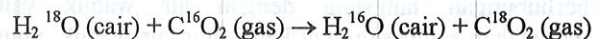
air sebagai fungsi waktu maka pengambilan contoh air dilakukan 4 kali dengan selang waktu pengambilan rata-rata adalah satu bulan. Khusus untuk contoh air untuk analisis isotop stabil digunakan kontainer khusus untuk mencegah penguapan.

Contoh-contoh air yang telah dikumpulkan dibawa ke laboratorium Hidrologi dan Kimia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN untuk analisis komposisi isotop stabil  $^{18}\text{O}$  dan  $^2\text{H}$  maupun kandungan hidrokimianya.

#### Metode Analisis

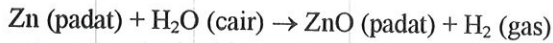
**Analisis  $^{18}\text{O}$  dan  $^2\text{H}$ .** Kelimpahan relatif molekul-molekul  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  ( $^{18}\text{O}$ ) dan  $\text{HD}^{16}\text{O}$  (D atau  $^2\text{H}$ ) dalam contoh air diukur relatif terhadap suatu air standar internasional, SMOW (Standard Mean Ocean Water). Pengukuran kelimpahan relatif tersebut dilakukan dengan alat spektrometer massa dengan persiapan berikut :

- untuk pengukuran  $^{18}\text{O}$ , contoh air direaksikan dengan gas  $\text{CO}_2$  standar. Contoh air dan gas  $\text{CO}_2$  standar dikocok selama 8 jam sampai mencapai kesetimbangan dalam reaksi di bawah ini :



selanjutnya gas  $\text{CO}_2$  yang diperoleh akan dimasukkan ke dalam alat spektrometer massa.

- untuk pengukuran Deuterium, sebanyak 9,45 gr Zn dimasukkan ke dalam tabung reaksi khusus bersama-sama dengan contoh air yang akan dianalisis sebanyak 10 µl kemudian divakumkan, dengan terlebih dahulu dibekukan dengan N<sub>2</sub> cair sampai tekanan mencapai ± 10<sup>-2</sup> mbar. Tabung reaksi tersebut kemudian dimasukkan ke dalam blok pemanas pada temperatur 520°C, dimana akan berlangsung reaksi sebagai berikut :



selanjutnya gas H<sub>2</sub> yang diperoleh dari reaksi di atas diukur dengan alat spektrometer massa.

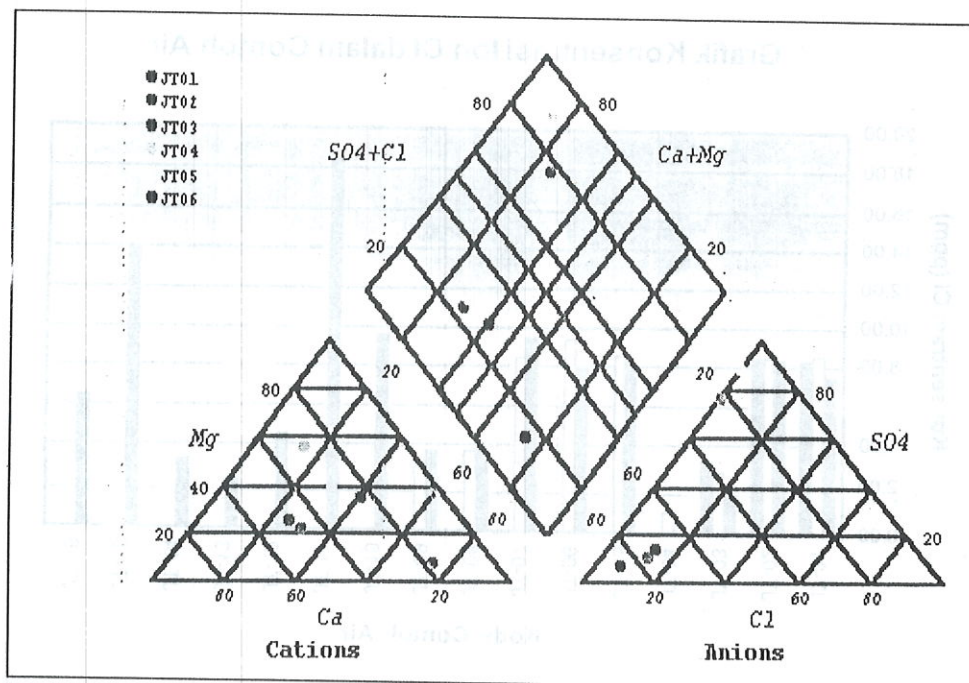
**Analisis hidro-Kimia.** Analisis hidro-kimia dilakukan untuk membantu mengungkapkan asal-usul air dari sampel air yang dikumpulkan dari sekitar waduk. Unsur-unsur kimia yang dianalisis adalah garam-garam mineral yang larut dalam air seperti Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, Cl<sup>-</sup> dan ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> [1]. Analisis hidro-kimia ini dilakukan dengan perlakuan berikut :

- Analisis HCO<sub>3</sub> dilakukan dengan metode volumetri menggunakan indikator metil orange dengan asam sulfat sebagai penitrasi.
- Analisis kation Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup> dilakukan dengan spektrometer serapan atom (AAS).
- Analisis anion Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-</sup> dilakukan dengan menggunakan alat spektrometer UV-Visible, dimana terlebih dahulu ion-ion (sampel) ditambahkan HCl 10 % kemudian direaksikan dengan larutan BaCl<sub>2</sub> yang sudah distabilkan dengan tween 20, sedangkan ion Cl<sup>-</sup> (sampel) dibuat dalam bentuk kompleks merkuri triosionat.

Kandungan ion-ion mineral dinyatakan dalam satuan ppm (part per million atau mgr/l) atau dapat juga dinyatakan dalam bentuk satuan epm (equivalent per million atau grek/l). Untuk interpretasi data hasil analisis unsur yang dinyatakan dalam satuan epm ditabulasikan dalam bentuk diagram Trilinier Piper [5]. Dalam diagram trilinier Piper, kandungan atau konsentrasi kation dan anion dinyatakan dalam prosentasi dari seluruh kation atau anion dalam milliequivalent/l (meq/l). Untuk memudahkan analisis hidro-kimia melalui diagram trilinier Piper, para peneliti biasanya menggolongkan air menjadi beberapa golongan berdasarkan komposisi kation-anion contoh tersebut. Salah satu cara tersebut diadopsi dalam makalah ini, bagian berbentuk empat persegi panjang dari diagram trilinier Piper dibagi menjadi empat daerah yang mewakili: daerah bikarbonat-karbonat dan Sodium-Potassium; daerah bikarbonat-karbonat dan calcium-magnesium (daerah ini biasa juga dikenal sebagai daerah *freshwater*); daerah sulfat-klor dan calcium-magnesium; dan daerah sulfat-klor dan sodium-potassium (daerah ini adalah daerah air laut) [5].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kelimpahan relatif oksigen-18 (δ<sub>O-18</sub>) dan deuterium (δ<sub>D</sub>) ditabulasikan pada Tabel 2 sedangkan diagram Trilinier Piper dari harga rata-rata analisis kation dan anion sampel air pada waduk ini dapat dilihat dalam Gambar 2. Dari diagram trilinier ini dapat dilihat bahwa kandungan hidro-kimia dari sampel air yang dikumpulkan dari sekitar bendungan menyebar pada daerah yang cukup luas. Hal ini menunjukkan



Gambar 2. Diagram Trilinier Piper sampel air pada bendungan Jatiluhur

bahwa sumber air tersebut telah berinteraksi dengan formasi batuan atau tanah yang berbeda dengan lama interaksi yang mungkin juga berbeda. Disamping itu, sebaran yang cukup luas dari kation dan anion seperti terlihat dalam Gambar 2 dapat juga terjadi karena percobaan yang dilakukan sebelumnya yang melibatkan beberapa sumur pantau membuat pola kation dan anion sumur keluaran atau sumur pantau berbeda dari pola kation dan anion air tanah dan air waduk. Hal ini juga diperkuat dan hasil observasi penulis yang menemukan bahwa contoh air yang diambil dari OW-07 mempunyai warna hijau pekat, yang merupakan sisa dari zat fluoresence pada percobaan beberapa tahun sebelumnya. Dari hasil analisis dan interpretasi data hidro-kimia bendungan Jatiluhur, untuk sementara dapat disimpulkan bahwa pergerakan air tanah ditubuh bendungan berjalan sangat lambat.

Salah satu indikator penting lainnya yang dapat digunakan untuk menjejak asal-usul air adalah kandungan hidro-kimia yang sangat konservatif yaitu ion  $Cl^-$ . Dari hasil analisis kandungan  $Cl^-$  dari seluruh contoh air yang dikumpulkan seperti dapat dilihat dalam Gambar 3 maka sumber air keluaran dengan kode sampel JT-01 air di RD dalam terowongan PLTA dan JT-02 mempunyai indikasi kuat berasal dari air reservoir bendungan. Hal ini dapat dilihat dari kandungan  $Cl^-$  dari kedua sumber air yang hampir sama yaitu kira-kira 8 ppm. Namun hasil ini hanya bersifat indikator awal yang harus dibuktikan dengan indikator lainnya seperti akan dibahas dalam analisis komposisi isotop stabil dibawah ini. Kesamaan kandungan  $Cl^-$  ini bolah saja bersifat kebetulan yang diakibatkan proses pencampuran dan penguapan yang terjadi.

Untuk membantu pembahasan kelimpahan relatif isotop alam dari contoh air yang dikumpulkan, maka notasi dan rumus berikut ini diberikan.

1. Kelimpahan relatif deuterium ditulis dengan  $\delta_D$  dengan rumus [3, 4] :

$$\delta_D = \left( \frac{R_{D(\text{contoh})}}{R_{D(\text{standar})}} - 1 \right) \times 1000 \text{ ‰}$$

2. Kelimpahan relatif oksigen-18 ditulis dengan  $\delta_{O-18}$  dengan rumus [3, 4] :

$$\delta_{O-18} = \left( \frac{R_{O-18(\text{contoh})}}{R_{O-18(\text{standar})}} - 1 \right) \times 1000 \text{ ‰}$$

Dimana :

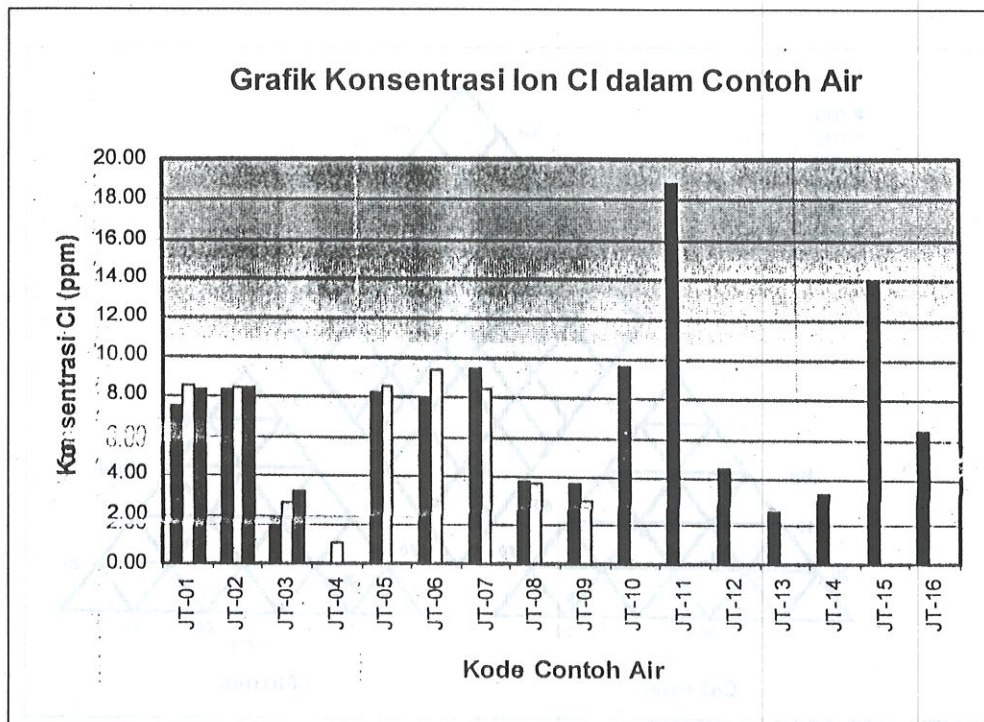
$\delta_D$  = Kelimpahan deuterium

$\delta_{O-18}$  = Kelimpahan oksigen-18

$$\delta_{O-18} = \frac{nH_2^{18}O}{nH_2^{16}O}; \quad \delta_D = \frac{nHD^{16}O}{nH_2^{16}O};$$

Para ahli telah membuktikan bahwa hubungan antara kelimpahan deuterium ( $\delta_D$ ) dan oksigen-18 ( $\delta_{O-18}$ ) suatu contoh air mengikuti hubungan linier dengan persamaan [3, 4] :

$$\delta_D = 8 \delta_{O-18} + d$$



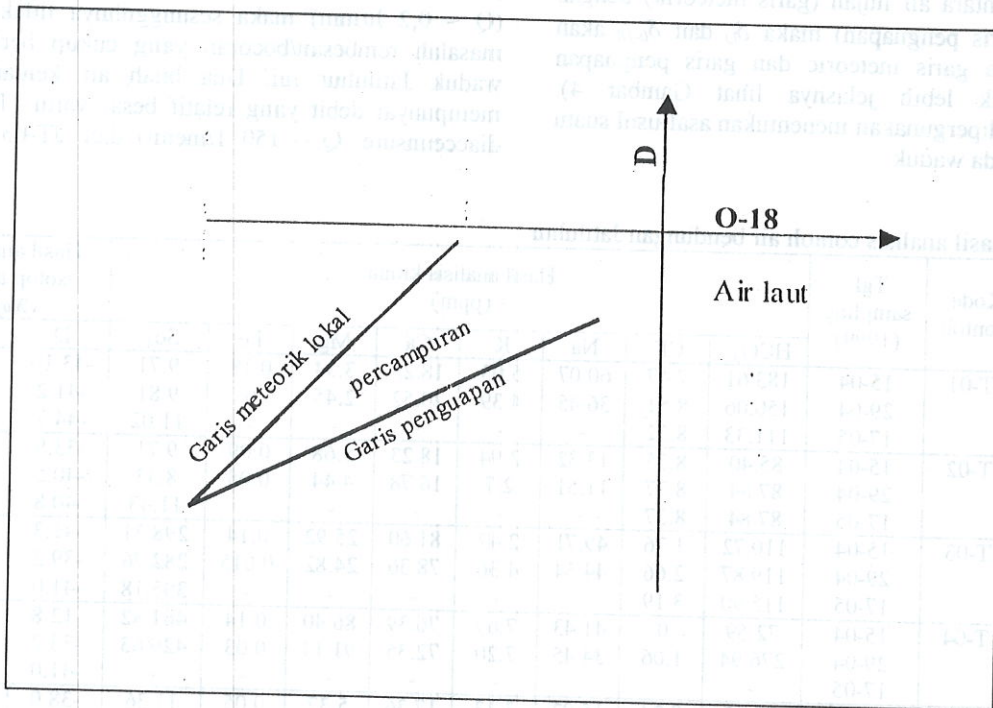
Gambar 3. Konsentrasi ion  $Cl^-$  pada contoh air yang diselidiki

dimana  $d$  tergantung dari faktor geografis suatu daerah. Sedangkan untuk suatu contoh air yang telah mengalami penguapan seperti halnya air waduk harga slope mempunyai harga  $< 8$ . Sebagai contoh untuk air hujan yang diperoleh dari 91 stasiun bumi seluruh dunia diperoleh hubungan berikut [4] :

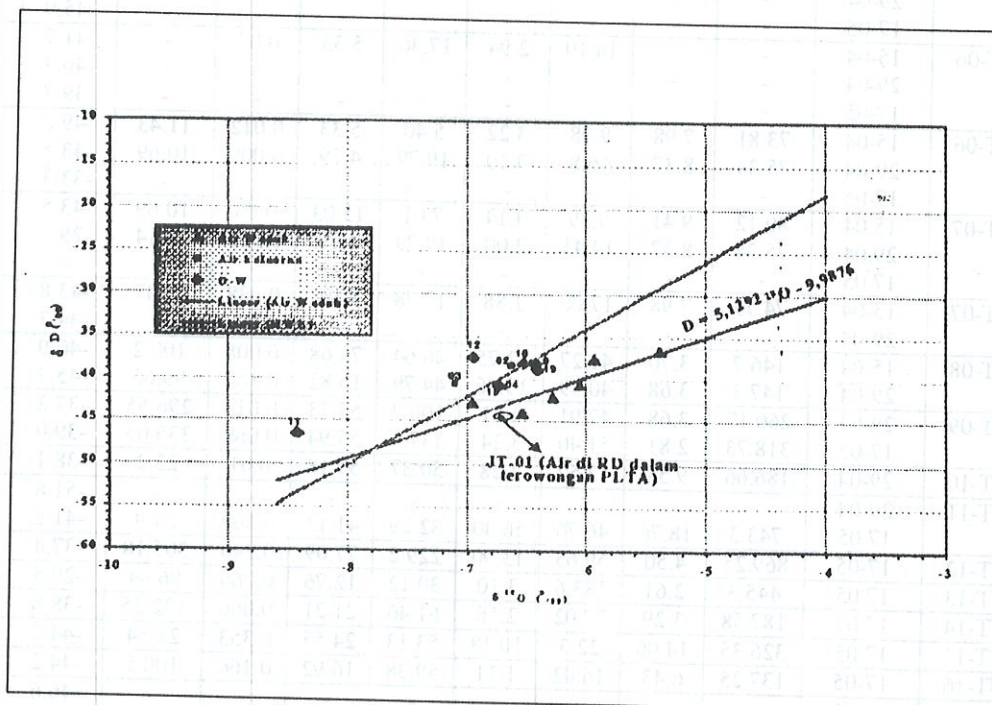
$$\delta_D = 8 \delta_{O-18} + 10$$

Persamaan di atas 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  $\delta_D$  vs  $\delta_{O-18}$  sebagai berikut [2] :

$$\delta_D = 8 \delta_{O-18} + 14$$



Gambar 4. Garis meteorik lokal, penguapan (waduk) dan percampuran



Gambar 5. Grafik hubungan antara  $\delta_D$  vs  $\delta_{O-18}$  contoh r air bendungan Jatiluhur

Di atas telah disinggung 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, kelembapan, dan kecepatan angin. Sidauruk, P. [6] mendapatkan garis penguapan untuk suhu rata-rata 30°C dan kelembapan relatif 57 % sebagai berikut :  $\delta_D = 4.54 \delta_{O-18} - 10.17$ . Sedangkan untuk suatu sumber air yang berasal dari percampuran antara air hujan (garis meteorik) dengan air waduk (garis penguapan) maka  $\delta_D$  dan  $\delta_{O-18}$  akan berada diantara garis meteoric dan garis penguapan tersebut (untuk lebih jelasnya lihat Gambar 4). Fenomena ini dipergunakan menentukan asal-usul suatu air keluaran pada waduk.

Gambar memperlihatkan bahwa air bocoran pada RD dalam terowongan (JT-01) adalah merupakan bocoran yang berasal dari air waduk. Hal ini juga telah dibahas di atas yaitu kesamaan kandungan Cl<sup>-</sup> antara sumber ini dengan air waduk adalah juga suatu indikasi bahwa air sampel JT-01 berasal langsung dari air waduk. Kandungan hidro-kimia yang tidak sama antara kedua sumber boleh saja diakibatkan oleh pertukaran ion yang terjadi dengan formasi tanah liat yang dilewati oleh air tersebut. Melihat debit bocoran ini relatif sangat kecil (Q ~ 0,2 lt/min) maka sesungguhnya tidak terdapat masalah rembesan/bocoran yang cukup berarti pada waduk Jatiluhur ini. Dua buah air keluaran yang mempunyai debit yang relatif besar yaitu JT-02 (air diaccesure Q ~ 150 l/menit) dan JT-03 (air di

Tabel 2. Hasil analisis contoh air bendungan Jatiluhur

| No. | Kode Contoh | Tgl. sampling (1999) | Hasil analisis kimia (ppm)    |                 |       |       |       |       |       |                              | Hasil analisis Isotop alam (‰) |       |
|-----|-------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|--------------------------------|-------|
|     |             |                      | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | Na    | K     | Ca    | Mg    | Fe    | So <sub>4</sub> <sup>-</sup> | D                              | O     |
| 1   | JT-01       | 15-04                | 183.61                        | 7.47            | 60.07 | 5.03  | 18.23 | 3.34  | 0.18  | 9.71                         | -43.10                         | -7.01 |
|     |             | 29-04                | 150.06                        | 8.51            | 36.45 | 4.39  | 20.52 | 2.45  | 0     | 9.81                         | -41.2                          | -6.68 |
|     |             | 17-05                | 111.33                        | 8.32            | -     | -     | -     | -     | -     | 11.02                        | -44.7                          | -6.43 |
| 2   | JT-02       | 15-04                | 85.40                         | 8.35            | 13.32 | 2.94  | 18.23 | 5.68  | 0.09  | 9.71                         | -33.9                          | -6.49 |
|     |             | 29-04                | 87.84                         | 8.37            | 11.51 | 2.7   | 16.78 | 4.44  | 0.05  | 8.33                         | -40.5                          | -6.64 |
|     |             | 17-05                | 87.84                         | 8.37            | -     | -     | -     | -     | -     | 11.43                        | -40.8                          | -6.77 |
| 3   | JT-03       | 15-04                | 110.72                        | 1.76            | 49.71 | 2.42  | 81.60 | 25.92 | 0.14  | 298.31                       | -41.3                          | -7.22 |
|     |             | 29-04                | 119.87                        | 2.66            | 44.54 | 4.36  | 78.36 | 24.82 | 0.015 | 282.76                       | -39.2                          | -6.53 |
|     |             | 17-05                | 115.90                        | 3.19            | -     | -     | -     | -     | -     | 305.18                       | -41.0                          | -7.52 |
| 4   | JT-04       | 15-04                | 72.59                         | 0               | 41.43 | 7.69  | 76.39 | 86.40 | 0.14  | 461.82                       | -12.8                          | -3.26 |
|     |             | 29-04                | 276.94                        | 1.06            | 34.45 | 7.20  | 72.35 | 91.14 | 0.03  | 429.63                       | -33.2                          | -5.85 |
|     |             | 17-05                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -41.0                          | -6.70 |
| 5   | JT-05       | 15-04                | 75.25                         | 8.24            | 15.02 | 3.13  | 17.36 | 5.37  | 0.05  | 11.36                        | -38.0                          | -6.30 |
|     |             | 29-04                | 76.25                         | 8.51            | 10.45 | 3.14  | 7.01  | 15.03 | 0.02  | 11.03                        | -37.0                          | -5.56 |
|     |             | 17-05                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -                              | -6.85 |
| 6   | JT-05       | 15-04                | 75.03                         | 7.58            | 15.36 | 2.84  | 17.88 | 4.63  | 0.012 | 9.86                         | -40.4                          | -7.22 |
|     |             | 29-04                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -41.9                          | -6.52 |
|     |             | 17-05                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -45.9                          | -7.15 |
| 7   | JT-06       | 15-04                | -                             | -               | 14.19 | 2.94  | 17.36 | 5.33  | 0.07  | -                            | -41.7                          | -6.11 |
|     |             | 29-04                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -40.3                          | -5.66 |
|     |             | 17-05                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -39.7                          | -6.38 |
| 8   | JT-06       | 15-04                | 73.81                         | 7.98            | 9.98  | 3.22  | 5.40  | 5.33  | 0.012 | 11.43                        | -49.3                          | -6.34 |
|     |             | 29-04                | 75.34                         | 8.37            | 16.8  | 3.10  | 19.79 | 4.79  | 0.009 | 10.69                        | -43.5                          | -6.45 |
|     |             | 17-05                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -33.3                          | -6.05 |
| 9   | JT-07       | 15-04                | 80.12                         | 9.41            | 9.39  | 3.14  | 7.01  | 15.03 | 0.03  | 10.69                        | -43.5                          | -5.24 |
|     |             | 29-04                | 75.34                         | 8.37            | 14.45 | 2.00  | 19.79 | 4.79  | 0.026 | 11.14                        | -29.7                          | -     |
|     |             | 17-05                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -                              | -     |
| 10  | JT-07       | 15-04                | 74.73                         | 7.98            | 17.00 | 2.88  | 17.78 | 4.90  | 0.038 | 13.47                        | -43.8                          | -6.35 |
|     |             | 29-04                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -44.3                          | -6.73 |
| 11  | JT-08       | 15-04                | 146.7                         | 3.70            | 41.27 | 12.75 | 46.64 | 78.68 | 0.008 | 100.2                        | -40.9                          | -7.22 |
|     |             | 29-04                | 147.3                         | 3.68            | 40.39 | 13.06 | 44.79 | 15.82 | 0.162 | 99.66                        | -45.4                          | -6.94 |
| 12  | JT-09       | 29-04                | 260.17                        | 3.68            | 47.91 | 4.51  | 100.7 | 57.73 | 0.013 | 296.55                       | -37.2                          | -6.77 |
|     |             | 17-05                | 318.73                        | 2.81            | 51.40 | 3.24  | 137.5 | 55.94 | 0.069 | 335.05                       | -39.0                          | -6.29 |
| 13  | JT-10       | 29-04                | 186.66                        | 9.58            | 12.57 | 2.28  | 50.37 | 59.18 | 0.01  | 22.2                         | -38.1                          | -6.43 |
| 14  | JT-11       | 29-04                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -51.8                          | -8.19 |
|     |             | 17-05                | 743.3                         | 18.76           | 46.76 | 56.40 | 82.29 | 41.13 | 0.169 | 34.9                         | -41.2                          | -8.65 |
| 15  | JT-12       | 17-05                | 869.25                        | 4.50            | 59.65 | 13.90 | 229.2 | 77.09 | 0.240 | 305.18                       | -37.4                          | -6.95 |
| 16  | JT-13       | 17-05                | 445.3                         | 2.61            | 183.6 | 3.10  | 30.12 | 12.76 | 0.066 | 96.44                        | -29.8                          | -7.10 |
| 17  | JT-14       | 17-05                | 187.58                        | 3.29            | 27.02 | 2.56  | 61.46 | 21.21 | 0.066 | 132.55                       | -38.8                          | -6.41 |
| 18  | JT-15       | 17-05                | 326.35                        | 14.06           | 22.3  | 10.18 | 53.13 | 24.55 | 0.353 | 28.54                        | -44.2                          | -7.03 |
| 19  | JT-16       | 17-05                | 137.25                        | 6.43            | 16.02 | 1.11  | 59.38 | 16.92 | 0.166 | 100.5                        | -44.2                          | -7.03 |
| 20  | CH-JT       | April                | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -46.6                          | -7.66 |
|     |             | Mei                  | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -34.4                          | -6.31 |
|     |             | Juni                 | -                             | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -                            | -32.4                          | -6.13 |



Buchon Q ~ 3001/mnt) tidak mempunyai indikasi berasal dari air waduk. Air pada JT-02 dan JT-03 kemungkinan merupakan mata air yang berasal dari reservoir terkekang (countiner aquifer) dibawah tubuh waduk atau mata air dari air tanah setempat.

#### KESIMPULAN

Karakteristik komposisi isotop alam khususnya  $^{18}\text{O}$  dan  $^2\text{H}$  maupun hidro-kimia dari berbagai sumber air keluaran disekitar bendungan yang relatif berbeda dengan air waduk, menunjukkan tidak adanya hubungan langsung antara air keluaran tersebut dengan air waduk. Hal ini juga berarti bahwa pada umumnya air keluaran tersebut bukan merupakan bocoran/rembesan yang berasal dari waduk. Walaupun air keluaran JT-01 (air dari RD dalam terowongan) mempunyai indikasi kuat berasal dari air waduk namun air keluaran ini untuk sementara tidak menjadi ancaman bagi keselamatan bendungan karena debit airnya yang relatif sangat kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. TODD,DK., Groundwater Hydrology. John and Sons, New York (1980).
2. BAFI-BATAN, Studi rembesan waduk Bening-Nganjuk, Jawa Timur. Final Report, Jakarta (1984).
3. DROST, W., MOSER, H., Leakage from lakes and reservoirs, Guide Book on Nuclear Tech. in Hydrology: Technical Report Series 91, IAEA, Vienna (1983).
4. HOEFS J., Stable isotop geochemistry Spring verlag, Berlin - Heidelberg-New York (1990).
5. STIFF, H.A., JR., The Interpretations of Chemical Water Analyses by Means of Patterns. J. of Petroleum Technology, Atlantic refining Co.Dallas Texas (1951).
6. 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)

---

#### DISKUSI

##### WISNU HENDROMARTONO

Apakah juga dilakukan pembenaran adanya kebocoran pada JT 1 dengan lapisan batuan pada konstruksi bendungan (gambar lapangan konstruksi dapat dilihat pada ruang pamer di Jatiluhur) sehingga dengan dianalisis lapisan tersebut dengan teori strength and vibration atau yang lain geofisika dan dengan pasti Anda dapat menentukan bahwa titik yang bocor tersebut mempunyai hubungan dengan air danau Jatiluhur.

##### PASTON SIDAURUK

Kita tidak melakukan uji geofisika atau analisis strength dan vibrasi. Penentuan hubungan antara air keluaran dengan air waduk hanya dilakukan dengan isotop alam dan hidro kimia.

DAFTAR PUSTAKA

1. TOBIAS, G. *Groundwater Hydrology*. John and Sons, New York (1980).

2. BAH-BATAN, studi terapan waduk Bengung-Ngagak Jawa Timur. Final Report Jakarta (1974).

3. BRODT, W., MOSER, H. *Leakage from lakes and reservoirs. Guide Book on Nuclear Tracer in Hydrology*. Technical Report Series of IAEA, Vienna (1987).

4. HOFFS, J. *Stable isotope geochemistry*. Spring Verlag Berlin-Heidelberg-New York (1990).

5. STEIN, H. A. JR. *The Interpretation of Chemical Water Analysis by Means of Patterns of Isotopic Ratios*. *Advances in Hydrological Sciences*, Vol. 1, D. D. R. Taylor, Ed., Plenum Press, New York (1977).

6. SIDABURUK, T. *Penelitian proses perkolasi air tanah pada waduk DDF dan "O" dalam kawasan perbukitan*. Fakultas MIPA-UNAS Jakarta (1987).

Buchan (1980) telah mempelajari indikasi perkolasi air tanah ke waduk. Air pada UT-02 dan UT-03 menunjukkan adanya perkolasi air tanah yang berasal dari reservoir (reservoir) yang dibawah tubuh waduk dan ini dapat dilihat dari hasil pengamatan.

KESIMPULAN

Analisis statistik kon-sentrasi radioisotop dalam air tanah dan air waduk menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara air tanah dan air waduk. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis statistik yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara air tanah dan air waduk. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis statistik yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara air tanah dan air waduk.

DISKUSI

PASTON SIDABURUK

Kita tidak meniscayakan uji geostatistik atau analisis statistik dan statistik. Perhitungan hidrogram antara air tanah dengan air waduk hanya dilakukan dengan isotop alam dan hidro klorin.

WISNI ENDROMARPORNO

Analisis data dilakukan berdasarkan perbedaan adanya perbedaan pada UT-1 dengan lapisan lain pada konduktivitas. Perbedaan konduktivitas yang signifikan dapat dilihat pada hasil pengamatan di lapangan. Dengan demikian, dengan terdapat isotop yang signifikan dan perbedaan air tanah dan waduk dapat dilihat dari hasil analisis statistik yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara air tanah dan waduk.