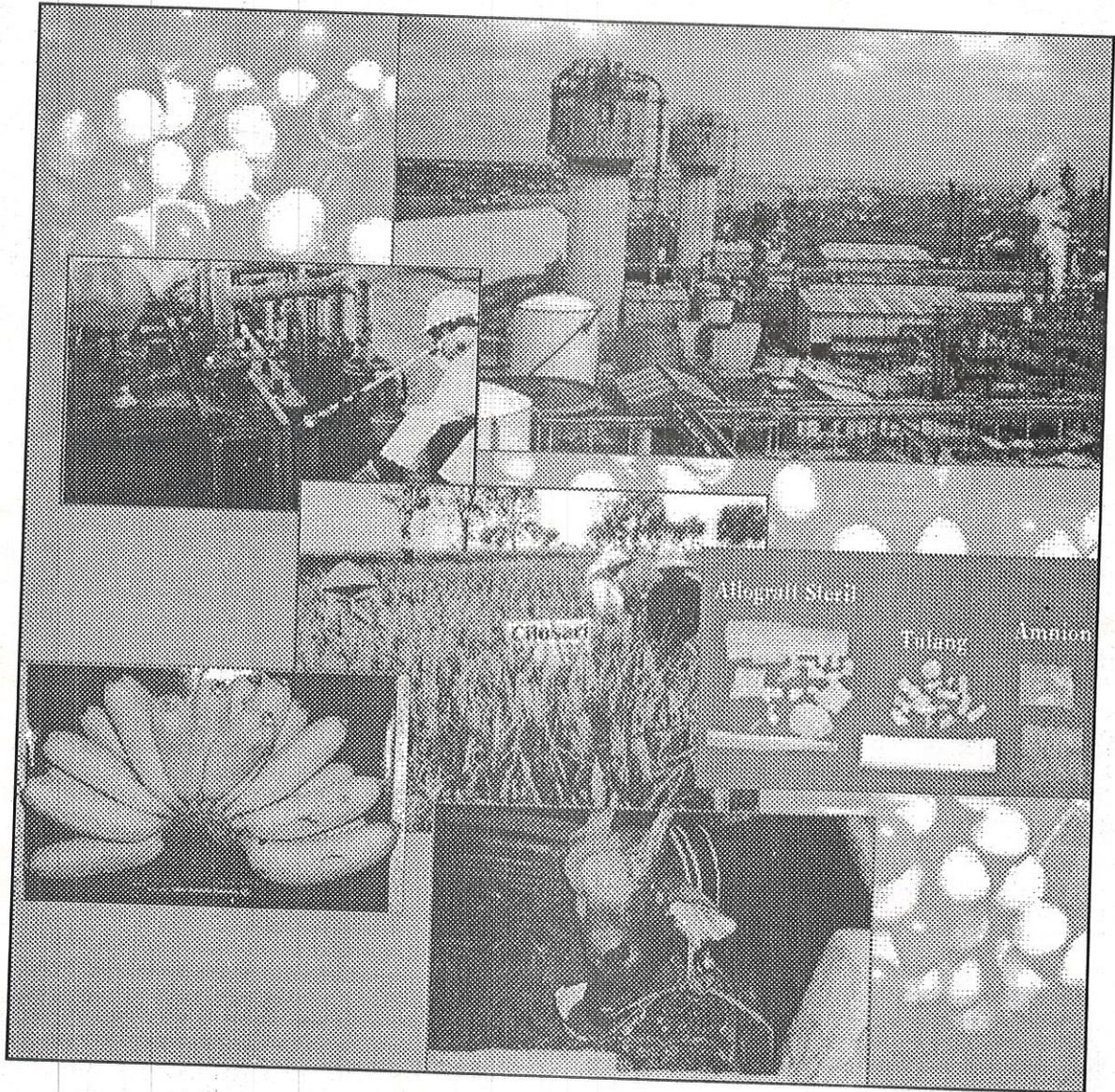


# RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



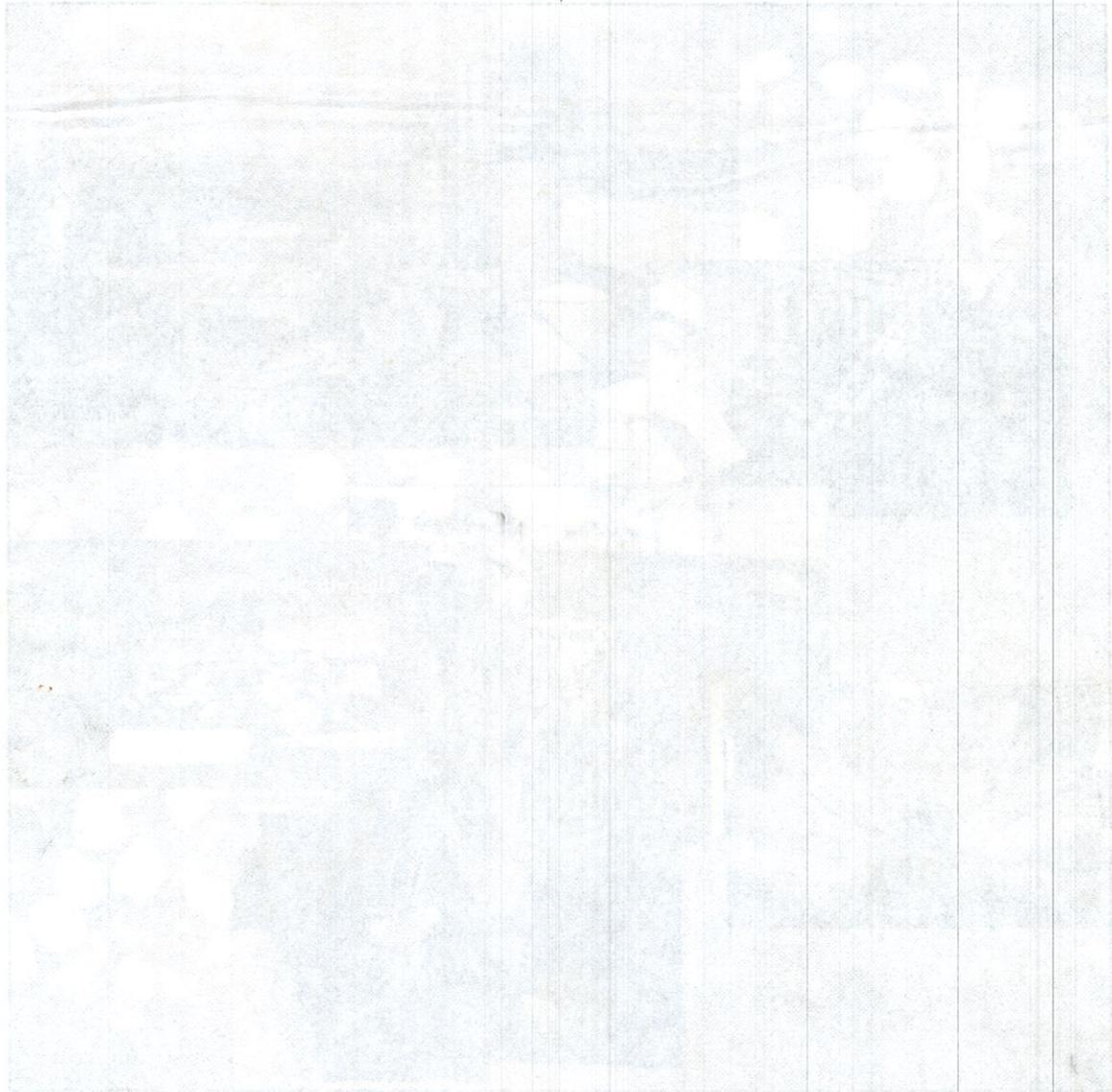
**Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan**



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

ISBN 979-82708-7-4

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
RESEPTAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan

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



**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  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

2001

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Pertanian dan Perikanan  
Industri, Lingkungan, Kesehatan,



PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

**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                | P3TIR - BATAN |
| 14. Dr. Ir. Komaruddin Idris            | P3TIR - BATAN |
- Universitas Indonesia  
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**

1. 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>



## 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 PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM) .....	1
Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI) .....	5
Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21 Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri .....	9
 <b>MAKALAH PESERTA</b>	
Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJIONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP .....	25
Penyelidikan daerah imbuhan air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DIJONO .....	33
Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam $^{137}\text{Cs}$ NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS .....	43
Penentuan konsentrasi $^{226}\text{Ra}$ dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR .....	49
Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DIJONO .....	57
Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI .....	65
Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa 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 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 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 DARSONO, dan SUGIARTO DANU .....	89

Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer) SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K. ....	95
Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA .....	103
Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinyu dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA .....	109
Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN .....	117
Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI .....	125
Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR ( <i>Polymerase Chain Reaction</i> ) LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F., .....	131
Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN .....	137
Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinyu RUSDIANASARI, dan BUCHARI .....	143
Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk $^{139}\text{Ba}$ dengan peralatan koinsiden $4\pi\beta\text{-}\gamma$ NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO .....	149
Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY .....	155
<i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i> MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY .....	161
<i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i> MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH .....	165
<i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i> MENKHER M., and HELFIAL HELMI .....	169
Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam $\text{N}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , dan $\text{O}_2$ NIKHAM .....	173
Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi 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 RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I. ....	191
Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i> YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK .....	205

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

Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang mencit M. ARIFIN .....	333
Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI .....	337
Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift ( <i>Oreochromis nilotichus</i> ) dengan pemberian hormon testosteron alami 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 SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO .....	349
Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> ) 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 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 SUHARYONO, dan S. SUTRISNO .....	367
Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul 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 RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W. ....	379
Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit YENNI M.U., dan ADRIA P.M. ....	385
Sintesis hidrogel kopolimer (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan imobilisasi ametrin ERIZAL .....	389

## PENENTUAN NILAI $\delta^{34}\text{S}$ DALAM PUPUK DAN APLIKASINYA UNTUK MENENTUKAN SUMBER SULFUR PADA AIR TANAH KAMPUNG LOJI - KRAWANG

E. Ristin Puji Indiyati, Zainal Abidin, June Mellawati, Paston Sidauruk, dan Neneng L.R.  
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

### ABSTRAK

**PENENTUAN NILAI  $\delta^{34}\text{S}$  DALAM PUPUK DAN APLIKASINYA UNTUK MENENTUKAN SUMBER SULFUR PADA AIR TANAH KAMPUNG LOJI-KRAWANG.** Krawang merupakan daerah pertanian terbesar di Jawa Barat dan untuk meningkatkan produksi padi digunakan pupuk. Dengan menggunakan parameter nilai  $\delta^{34}\text{S}$  pada pupuk dan sulfat air tanah telah dilakukan penelitian tentang hubungan sulfat dalam air permukaan dengan penggunaan pupuk di daerah tersebut. Pada penelitian ini telah ditentukan nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dalam pupuk ZA, NPK, TSP, urea, KCl dan contoh air tanah dari sumur dangkal di daerah tersebut dengan metode Kiba, Robinson-Kusakabe, Rafter, spektrometer massa dan penentuan sulfur total dengan spektrometer pendar sinar-x. Nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dari pupuk adalah antara -18,08 o/oo hingga -2,1 o/oo CDT dengan kadar sulfur 1,62 % hingga 24,87%. Nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dari sulfat air tanahnya adalah +4,2 o/oo hingga +6,6 o/oo CDT dengan konsentrasi sulfat terlarut berkisar antara 2,778 ppm hingga 25,538 ppm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa senyawa sulfat dalam air tanah kemungkinan bukan berasal dari kelima jenis pupuk yang diteliti. Nilai  $\delta^{18}\text{O}$  dari sulfat air tanahnya adalah +10,1 o/oo hingga +12,8 o/oo SMOW. Dari data pembandingan distribusi  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  di alam maka kemungkinan sulfat air tanah tersebut berasal dari air hujan dan komposisi  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  -nya dipengaruhi oleh reaksi redoks sulfur.

### ABSTRACT

**DETERMINATION OF  $\delta^{34}\text{S}$  VALUE IN SOME FERTILIZERS AND ITS APPLICATION TO TRACE SULPHUR SOURCES IN GROUNDWATER OF KAMPUNG LOJI-KRAWANG.** Krawang is a largest agriculture area in West Java and to increase its rice product is used some fertilizers. By using the parameter of  $\delta^{34}\text{S}$  from some fertilizers and its sulphate groundwater, it has been done an experiment to know the correlation between its sulphate groundwater and fertilizers used in this area. In this experiment, it has been defined  $\delta^{34}\text{S}$  value of some fertilizers such as ZA, NPK, TSP, urea, KCl and sulphate groundwater from shallow wells using some methods according to Kiba, Robinson-Kusakabe, Rafter, mass spectrometer and determination of total sulphur content by x-ray fluorescence spectrometer. The yields obtained through this experiment show that  $\delta^{34}\text{S}$  value of some fertilizers is in the range of -18.08 o/oo to -2.1 o/oo CDT and their sulphur content are 1.62 % to 24.87 % whereas the  $\delta^{34}\text{S}$  value from its sulphate shallow groundwater is in the range of +4.2 o/oo to +6.6 o/oo CDT and its dissolved sulphate concentration is 2.778 ppm to 25.538 ppm. Based on these data, it can be concluded that sulphate compound in this groundwater might not come from sulphur of these fertilizers. The  $\delta^{18}\text{O}$  value of its sulphate shallow groundwater is +10.1 o/oo to +12.8 o/oo SMOW. If  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{34}\text{S}$  value of its sulphate groundwater are compared to their distribution in nature, it is predicted that sulphate groundwater of this site might come from rain water and its composition of sulphur and oxygen isotope in sulphate is influenced by sulphur redox reaction.

### PENDAHULUAN

Daerah Krawang telah dikenal sejak lama sebagai daerah pertanian ekstensif dengan penggunaan beragam pupuk termasuk pupuk yang mengandung senyawa sulfur. Tidak seluruh senyawa sulfur dari pupuk tersebut dapat diserap oleh tanaman, diperkirakan hanya 50-60 % saja yang efektif diserap tanaman sebagian sisanya akan terlepas ke

lingkungan<sup>(1)</sup>. Dalam jangka panjang jumlah yang terlepas ke lingkungan semakin bertambah banyak dan dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Dengan adanya fasilitas spektrometer massa "Delta S" untuk pengukuran isotop sulfur, maka penelitian pencemaran air tanah oleh senyawa sulfur dalam pupuk dapat dilakukan. Dalam hal ini isotop sulfur stabil digunakan sebagai perunut untuk mengetahui asal-usul senyawa sulfur dalam air tanah.

Nilai rasio isotop sulfur-34 terhadap sulfur-32 ( $\delta^{34}\text{S}$ ) suatu bahan adalah bersifat spesifik tergantung pada senyawa sulfur asal pada saat bahan tersebut dibuat sehingga nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dapat digunakan sebagai sidik jari, misalnya untuk sulfat air laut adalah seragam yakni +20 o/oo dan batuan meteorit adalah 0 o/oo. Dalam hal ini nilai  $\delta^{34}\text{S}$  pupuk digunakan sebagai sidik jari untuk mengetahui sumber senyawa sulfur dalam air tanah. Pemakaian parameter rasio isotop sulfur-34 disebabkan kelimpahan isotopnya di alam yang cukup besar yakni 4,21 % sedangkan S-32 kelimpahannya 95,02 %, S-33 adalah 0,75 % dan S-36 adalah 0,02 %<sup>(2)</sup>.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah unsur sulfur dari pupuk merupakan penyumbang terbesar terhadap kadar sulfat dalam air tanah dangkal di kampung Loji, desa Cinta Laksana, Pangkalan - Krawang - Jawa Barat. Dalam penelitian ini juga dianalisis nilai rasio isotop oksigen-18 terhadap oksigen-16 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) dalam sulfat air tanah. Nilai ini berguna untuk mengidentifikasi proses-proses geokimia yang terjadi pada senyawa sulfur dalam air tanah tersebut.

## BAHAN DAN METODE

**Bahan dan alat.** Bahan yang digunakan sebagai pereaksi dan pelarut adalah berkualitas p.a, sedangkan untuk pemekatan sulfat dalam contoh air digunakan resin penukar ion Dowex (Cl). Alat yang digunakan untuk penentuan nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  adalah spektrometer massa "Delta S" dan "Sira 9" sedangkan untuk pengukuran total kandungan sulfur dalam pupuk digunakan spektrometer pendar sinar x (XRF) Ortec dengan detektor Si(Li) dan program QXAS (Quantitative X-ray Analysis System).

**Pengambilan contoh.** Contoh air tanah diambil dari sumur dangkal milik penduduk kampung Loji, desa Cinta Laksana, Pangkalan - Krawang - Jawa Barat dengan kedalaman  $\pm 8$  m dan dilakukan pada bulan April 2001. Contoh pupuk berupa pupuk kimia yakni KCl, TSP, urea, NPK dan ZA diambil dari KUD setempat.

**Penentuan nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dari pupuk.** Penentuan nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dari pupuk dilakukan mengekstraksi gas  $\text{H}_2\text{S}$  dengan pereaksi Kiba. Pereaksi ini dibuat dengan menguapkan 300 ml asam ortofosfat pada suhu  $250^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Setelah dingin hingga  $150^\circ\text{C}$  ditambahkan 30-40 g  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kemudian dipanaskan hingga  $280^\circ\text{C}$  selama 1 jam sambil dialirkan gas  $\text{N}_2$ . Ekstraksi gas  $\text{H}_2\text{S}$  dilakukan dengan mereaksikan 60 ml pereaksi Kiba dengan 6 g pupuk pada suhu  $280^\circ\text{C}$  sambil dialirkan gas  $\text{N}_2$ . Gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang terbentuk diendapkan sebagai  $\text{Ag}_2\text{S}$ <sup>(3)</sup>. Sebanyak 10 mg endapan  $\text{Ag}_2\text{S}$  dioksidasi dengan 30 mg  $\text{Cu}_2\text{O}$  untuk memperoleh gas  $\text{SO}_2$  menurut metode Robinson-Kusakabe pada alat *sulphide preparation line*. Campuran dipanaskan hingga  $100^\circ\text{C}$  dalam keadaan vakum untuk menguapkan air dan gas pengotor yang

diendapkan pada penjemakan I yang berisi nitrogen cair pada suhu  $-80^\circ\text{C}$ . Kemudian contoh dipanaskan pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 10 menit. Gas  $\text{SO}_2$  yang dihasilkan akan diendapkan pada penjemakan II berisi nitrogen cair pada suhu  $-135^\circ\text{C}$ . Gas ini ditampung dalam botol contoh untuk dialirkan dalam spektrometer massa "Delta S" untuk pengukuran nilai  $\delta^{34}\text{S}$ <sup>(4)</sup>.

**Analisis sulfur total pupuk dengan metode XRF.** Analisis dilakukan dengan teknik XRF yakni dengan mengambil 1 g pupuk untuk dibuat pelet dengan diameter 3 cm kemudian dicacah dengan alat spektrometer pendar sinar-x (XRF).

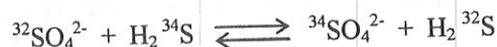
**Penentuan nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $^{18}\text{O}$  dalam contoh air.** Penentuan nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $^{18}\text{O}$  dalam contoh air dilakukan terlebih dulu dengan pengkayaan sulfat melalui kromatografi kolom.

Contoh air dilewatkan melalui kolom penukar ion kemudian sulfat yang terikat dalam resin dielusi dengan 300 ml  $\text{NaCl}$  1 M. Sisa larutan dielusi dengan aquadest. Untuk contoh berikutnya, kolom diregenerasi dengan  $\text{HCl}$  1 M 150 ml. Larutan sulfat yang terelusi diatur pada pH4 sebelum penambahan  $\text{BaCl}_2$  untuk pengendapan sulfat. Untuk penentuan kadar sulfat dalam contoh digunakan spektrometer UV-VIS dengan panjang gelombang 600 nm.

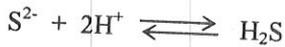
Sebanyak 15 mg endapan  $\text{BaSO}_4$  direduksi dengan 30 mg grafit pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  dalam keadaan vakum pada alat *sulphate preparation line* menurut metode Rafter<sup>(5)</sup>. Gas  $\text{CO}_2$  akan termurnikan dalam tabung-1 bersuhu es kering-aseton yakni  $-70^\circ\text{C}$ , kemudian gas  $\text{CO}_2$  akan terkondensasi pada tabung-2 bersuhu  $\text{N}_2$  cair  $-140^\circ\text{C}$ . Dalam tabung-2, gas  $\text{CO}$  yang dihasilkan akan dioksidasi menjadi gas  $\text{CO}_2$  dengan pengaliran tegangan listrik 1,2 KV. Gas  $\text{CO}_2$  ditampung dalam botol contoh kemudian dialirkan ke spektrometer massa "Sira 9" untuk pengukuran nilai  $\delta^{18}\text{O}$ . Residu dari reaksi reduksi dilarutkan ke dalam aquadest. Filtratnya diendapkan sebagai  $\text{Ag}_2\text{S}$  dengan penambahan  $\text{AgNO}_3$ . Endapan  $\text{Ag}_2\text{S}$  dioksidasi menjadi  $\text{SO}_2$  dan diukur nilai  $\delta^{34}\text{S}$  menurut metode Robinson-Kusakabe.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini contoh air terlebih dahulu ditambahkan dengan  $\text{HgCl}_2$  untuk mematikan bakteri (desulfibrio desulfuricant) sehingga kadar isotop dan sulfurnya terawetkan. Bakteri ini dapat memutuskan ikatan S--O dimana  $^{32}\text{S}$ --O lebih mudah diputuskan daripada  $^{34}\text{S}$ --O sehingga  $^{32}\text{S}$  akan terkayakan pada  $\text{H}_2\text{S}$ , reaksi yang terjadi adalah<sup>(2,6)</sup>:



Pereaksi Kiba dapat mengekstraksi total sulfur dalam bahan organik dan anorganik menjadi gas  $\text{H}_2\text{S}$ . Pereaksi ini merupakan pereduksi kuat terhadap sulfat, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut<sup>(7)</sup>:



Untuk menentukan kadar sulfur total dalam pupuk digunakan uji tak merusak yakni dengan spektrometer pendar sinar x (XRF) dengan sumber pengekstisasi  $^{55}Fe$  dengan aktivitas 20 mCi (30-8-1995). Hasil analisis sulfur total dalam pupuk ditampilkan pada tabel 1 yang menyatakan bahwa sulfur total dalam pupuk berkisar antara 1,62 % pada pupuk NPK hingga 24,84 % pada pupuk ZA. Pupuk ZA mempunyai kadar sulfur terbesar disebabkan oleh penyusunnya yakni berupa amonium sulfat atau  $(NH_4)_2SO_4$ . Sedangkan kadar sulfur pupuk triple super pospat (TSP) atau  $2Ca(H_2PO_4)_2$  adalah 10,20 %, urea atau  $(NH_2)_2CO_3$  adalah 4,20% dan KCl adalah 1,63 %.

Nilai  $\delta^{34}S$  pupuk bernilai negatif yakni -18,08 % pada pupuk ZA; -5,05 % pada pupuk NPK; -7,63 % pada pupuk TSP; -7,32 o/oo pada pupuk urea dan -2,10 % pada pupuk KCl. Variasi nilai  $\delta^{34}S$  dalam pupuk ini tergantung pada asal bahan mentah komponen sulfurnya. Komponen sulfur yang ditambahkan pada pupuk pada umumnya adalah berupa senyawa sulfat yang berasal dari penambangan sulfur elemental. Sulfur elemental dari Gunung Putri - Jawa Barat misalnya telah ditambang untuk industri kimia dan pupuk. Endapan sulfur tersebut terbentuk oleh kegiatan solfatara, fumarola atau sebagai akibat dari gas dan larutan yang mengandung sulfur keluar dari dalam bumi melalui rekahan-rekahan serta selalu berkaitan dengan rangkaian gunung aktif<sup>(8)</sup>. Apabila dilihat pada variasi distribusi isotop sulfur di alam maka nilai  $\delta^{34}S$  untuk bahan vulkanik adalah berkisar antara -20 % hingga +20 %<sup>(2,6)</sup>. Nilai  $\delta^{34}S$  untuk ke lima jenis pupuk tersebut termasuk dalam kisaran nilai  $\delta^{34}S$  bahan alam yang berasal dari kegiatan vulkanik.

Nilai  $\delta^{34}S$  kelima jenis pupuk yang dianalisa berbeda. Hal ini disebabkan kemungkinan senyawa sulfat untuk pembuatan jenis pupuk tertentu berasal dari sulfur elemental yang berbeda dengan pupuk yang lain atau adanya penambahan senyawa sulfur tertentu pada tiap jenis pupuk dalam proses produksinya sehingga terjadi proses percampuran yang akhirnya mempengaruhi nilai  $\delta^{34}S$  nya.

Untuk penentuan konsentrasi sulfat dalam contoh air tanah digunakan spektrometer sinar tampak pada panjang gelombang 600 nm. Pada tabel 2 terlihat bahwa kelima contoh air tersebut mempunyai kandungan sulfat yang berbeda. Pada sumur III mempunyai kandungan sulfat terbesar yakni 25,538 ppm. Titik ini terletak di tengah persawahan yang banyak dipengaruhi oleh percampuran sulfat di sekitar daerah tersebut, misalnya air hujan, air irigasi, air sungai ataupun pestisida yang mengandung sulfat selain pengaruh pupuk. Sedangkan untuk sumur penduduk yang lain mempunyai konsentrasi sulfat antara 2 ppm hingga 8 ppm. Konsentrasi standar maksimal yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan untuk sulfat dalam air minum yakni 200-400 ppm. Sehingga air tanah ini masih layak untuk konsumsi air minum penduduk sekitar.

Pada tabel 2 terlihat nilai  $\delta^{34}S$  dan  $\delta^{18}O$  dalam contoh sulfat air tanah. Nilai  $\delta^{34}S$  berkisar antara +4,2 % hingga +6,6 % CDT dan nilai  $\delta^{18}O$  berkisar antara +10,1 % hingga +12,8 % SMOW. Berdasarkan pada variasi distribusi nilai  $\delta^{34}S$  di alam<sup>(2,6)</sup> dan penelitian lain<sup>(9)</sup> menunjukkan bahwa nilai  $\delta^{34}S$  untuk sulfat air meteorik berkisar antara +2 % hingga +7,5 %. Sedangkan nilai  $\delta^{34}S$  untuk sulfat air laut modern mempunyai nilai yang sama yakni +20 % dan nilai  $\delta^{18}O$  adalah berkisar 9,6 %<sup>(10)</sup>.

Pada umumnya data nilai  $\delta^{18}O$  untuk sulfat air hujan adalah berkisar antara +5 hingga +15 %<sup>(8)</sup>. Melihat pada kisaran data internasional untuk nilai  $\delta^{34}S$  dan nilai  $\delta^{18}O$  untuk sulfat air meteorik maka kemungkinan kontribusi sulfat air tanah yang dominan di daerah tersebut adalah berasal dari air hujan dan tidak ada kontribusi sulfat dari air laut. Hal ini disebabkan air tanah yang diambil adalah air tanah dangkal dengan kedalaman  $\pm 8$  m dan waktu pengambilan contoh dilakukan pada saat akan memasuki musim kemarau yakni bulan April sehingga proses penyerapan air hujan oleh tanah masih sangat dominan. Untuk menguatkan alasan ini perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk analisa nilai  $\delta^{18}O$  dan  $\delta^{34}S$  dalam sulfat air hujan setempat. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisa nilai  $\delta^{34}S$  dan  $\delta^{18}O$  dalam contoh sulfat air hujan karena keterbatasan fasilitas dan teknik pengambilan contoh mengingat konsentrasi sulfat air hujan yang sangat rendah sehingga diperlukan volume contoh lebih dari 50 l.

Gambar 1 menunjukkan variasi nilai  $\delta^{34}S$  dari berbagai pupuk kimia terhadap kadar sulfur totalnya sedangkan gambar 2 menunjukkan variasi nilai  $\delta^{34}S$  terhadap konsentrasi sulfat terlarut dalam air tanah. Nilai  $\delta^{34}S$  pupuk berkisar antara -2,1 % hingga -18,08 %, sedangkan nilai  $\delta^{34}S$  dalam sulfat air tanah adalah +4,2 % hingga +6,6 %. Apabila dibandingkan maka keduanya terletak kelompok nilai  $\delta^{34}S$  yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa sulfur dari pupuk kimia kemungkinan tidak memberikan kontribusi yang dominan terhadap sulfat air tanah di daerah tersebut. Akan tetapi hal ini perlu dilakukan penelitian penentuan nilai  $\delta^{18}O$  dalam sulfat pupuk sehingga penggunaannya sebagai sidik jari lebih kuat. Pengambilan contoh air tanah juga dilakukan pada setiap bulan dan mengikuti jadwal musim tanam, pemupukan dan pemanenan di daerah tersebut, sehingga diperoleh pola distribusi nilai  $\delta^{34}S$  dalam satu tahun.

Kesulitan yang lain untuk mengetahui apakah sulfat dari pupuk telah mencemari air tanah adalah pemakaian pupuk oleh petani yang sangat beragam jenis dan asal pabriknya, sehingga nilai  $\delta^{34}S$  nya tentu sangat bervariasi. Selain itu, untuk mengetahui asal sulfat dalam air tanah di daerah pertanian seperti Krawang perlu dilakukan inventarisasi nilai  $\delta^{34}S$  dari berbagai sumber sulfat selain pupuk misalnya pestisida, air tanah dalam, air irigasi, air sungai, air hujan, batuan dan lain-lain.

Gambar 3 menunjukkan plot nilai  $\delta^{34}\text{S}$  terhadap  $\delta^{18}\text{O}$  dari sulfat air tanah. Didalam sulfat alam, plot nilai  $\delta^{34}\text{S}$  terhadap  $\delta^{18}\text{O}$  untuk percampuran dua air yang dengan komposisi isotop sulfat berbeda adalah linier dengan slope yang bervariasi. Mekanisme proses pembentukan sulfat oleh kristalisasi mineral sulfat mempunyai slope 2 dan reaksi redoks sulfur mempunyai slope 0,25 atau bervariasi hingga lebih dari 2<sup>(11)</sup>. Sedangkan mekanisme oleh adsorpsi  $\text{SO}_4^{2-}$  oleh sedimen mempunyai slope 0,7 tapi nilai ini masih menjadi kontroversi sehingga masih tanda tanya besar untuk proses ini<sup>(12)</sup>. Pada gambar 4 menunjukkan bahwa persamaan linier untuk data nilai  $\delta^{34}\text{S}$  terhadap  $\delta^{18}\text{O}$  sulfat air tanah kampung Loji- desa Cinta Laksana-Pangkalan- Krawang adalah  $y = 1,1754 x + 5,4124$  dengan korelasi sebesar  $R^2 = 0,8611$ . Untuk memperbaiki nilai korelasi tersebut perlu dilakukan analisa nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  dalam contoh air tanah lebih banyak lagi. Dari persamaan tersebut diketahui bahwa slopenya adalah 1,1754. Apabila slope ini diacukan pada 2 proses pembentukan sulfat maka proses yang dominan mempengaruhi komposisi isotop sulfur dan oksigen dalam senyawa sulfat air tanah yang diteliti adalah berasal dari reaksi redoks sulfur. Pada proses reduksi sulfat oleh bakteri anaerob, isotop yang lebih ringan seperti  $^{16}\text{O}$  dan  $^{32}\text{S}$  lebih disukai untuk metabolisme perkembangan bakteri tersebut. Hal ini mengakibatkan  $\text{SO}_4^{2-}$  yang tak bereaksi akan mengalami pengkayaan dalam isotop lebih berat. Untuk meyakinkan proses yang terjadi pada pembentukan sulfat air tanah Krawang perlu dilakukan pengambilan contoh yang lebih banyak.

## KESIMPULAN

Nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dari contoh pupuk NPK, TSP, Urea, KCl dan ZA adalah antara -2,1 ‰ hingga -18,08 ‰ CDT, sedangkan kadar sulfurnya adalah 1,62 ‰ hingga 24,87%. Nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dari sulfat air tanah dangkal kampung Loji desa Cinta Laksana Pangkalan - Krawang adalah +4,2 ‰ hingga +6,6 ‰ CDT, sedangkan konsentrasi sulfatnya adalah berkisar 2,778 ppm hingga 25,538 ppm. Dari data nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dalam contoh pupuk kimia dan sulfat air tanah maka disimpulkan bahwa senyawa sulfat dalam air tanah dangkal di daerah tersebut kemungkinan bukan berasal dari kelima jenis pupuk yang diteliti. Nilai  $\delta^{18}\text{O}$  dari sulfat air tanahnya adalah berkisar +10,1 ‰ hingga +12,8 ‰ SMOW. Dari data pembandingan distribusi nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  di alam maka dimungkinkan bahwa sulfat air tanah tersebut berasal dari air hujan dan komposisi nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  dalam sulfat dipengaruhi oleh reaksi redoks sulfur

## DAFTAR PUSTAKA

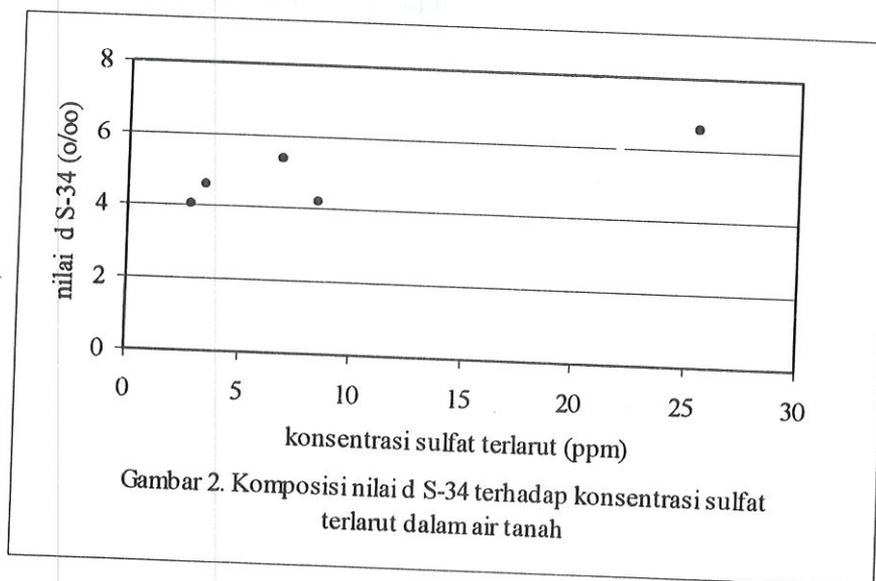
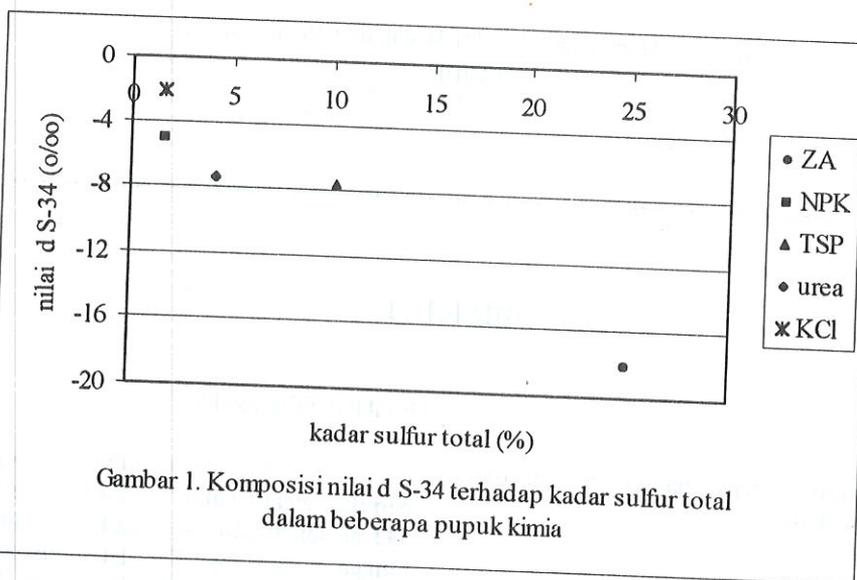
1. LINGGA PINUS, Petunjuk penggunaan pupuk, cetakan 12 penebar swadaya, Jakarta, 1997
2. HOEFS, Stable Isotope Geochemistry, 2<sup>nd</sup> edition, New York (1980).
3. SASAKI, A., ARIKAWA, Y., AND FOLINSBEE, R.E " Kiba reagent method of sulphur extraction applied to isotopic work", Bull. Geol. Surv., Japan, 30 (1979), 241
4. ROBINSON, B.W., AND MINORU, K., "Quantitative preparation of sulphur dioxide for  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  analysis from sulphide by combustion with cuprous oxide", Analytical Chemistry, 17, 7 June (1975).
5. RAFTER, T.A., "Method for the extraction of oxygen and its quantitative conversion of carbon dioxide for isotope radiation measurement", N.Z.J of Science, 10 (1967) 493.
6. FRITZS, P., and FONTES, Ch., Handbook of environmental Isotope Geochemistry, Amsterdam, 1 (1980).
7. AKIRA, S., ARIKAWA, Y and FOLINSBEE, R.E., "Application of tin (II)-strong phosphoric acid (KIBA reagent) to study of sulphur isotope in rocks" ., N.Z.J. of Science (1976) 58.
8. SUKANDARRUMIDI., Bahan Galian Industri ., cetakan I, Gadjah Mada University Press., Yogyakarta (1999).
9. JOHNSON, C.T., " $^{34}\text{S}$  and  $^{18}\text{O}$  of groundwater sulphate in a multiaquifer system, Kithcener-Waterloo, Ontario., unpublished.
10. THODE H.G., MONSTER, J and DUNFORD, H.B., "Sulphur isotope geochemistry"., Geochem, Cosmochem Acta., 25 (1961) 159.
11. KROUSE, H.R., "Relationships between the sulphur and oxygen isotope composition of dissolved sulphate, studies on sulphur isotope variations in nature"., proceeding of an advisory group meeting, Vienna 17-20 June 1985.
12. CORTECCI, G., "Fractionation of sulphate oxygen and sulphur isotope by marine retention"., Stable isotopes in the earth science (Robinson, B.W ed) DSIR Bull 20 Lower Hutt., New Zealand., 1978.

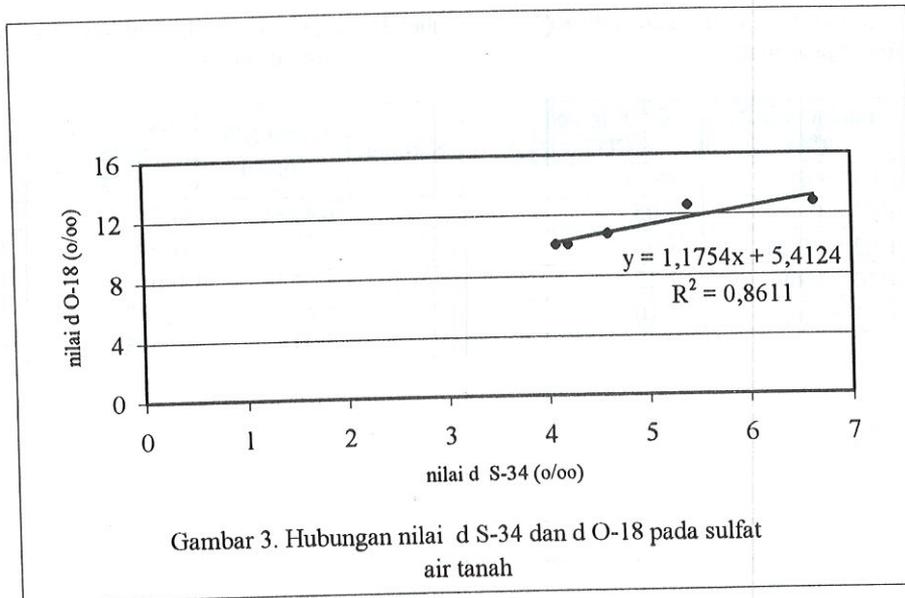
Tabel 1. Nilai  $\delta^{34}\text{S}$  (o/oo CDT) dan kadar sulfur (%) dari beberapa pupuk buatan

No.	Contoh pupuk	Kadar sulfur (%)	$\delta^{34}\text{S}$ (o/oo) CDT
1.	ZA	$24,87 \pm 2,72$	-18,08
2.	NPK	$1,62 \pm 0,40$	-5,05
3.	TSP	$10,20 \pm 0,51$	-7,63
4.	Urea	$4,20 \pm 0,69$	-7,32
5.	KCl	$1,63 \pm 0,62$	-2,10

Tabel 2. Konsentrasi sulfat, nilai  $\delta^{34}\text{S}$  dan  $\delta^{18}\text{O}$  dalam sulfat air tanah

Sampel	Kadar $\text{SO}_4$ (ppm)	Nilai $\delta^{34}\text{S}$ (o/oo) CDT	Nilai $\delta^{18}\text{O}$ (o/oo) SMOW
I	8,438	4,202	10,104
II	2,778	4,083	10,083
III	25,538	6,633	12,791
IV	6,875	5,398	12,616
V	3,413	4,604	10,760





## DISKUSI

MARGA UTAMA

Bagaimana mekanismenya bahan  $^{34}\text{S}$  tidak dari pupuk ? mohon dijelaskan.

EVARISTA RISTIN

Nilai  $\delta$   $^{34}\text{S}$  untuk 5 pupuk yang diteliti bernilai negatif yakni 21 ‰ KDT, sedangkan untuk  $\delta$   $^{34}\text{S}$  air tanah bernilai positif + 4,2 hingga 18 ‰ CDT, hingga + 66,6 ‰ CDT. Bila dibandingkan keduanya mempunyai kelompok nilai yang berbeda sehingga disimpulkan bahwa antara pupuk dan air tanah tersebut tidak berhubungan atau sulfat air tanah kemungkinan tidak berasal dari pupuk yang diteliti.