

**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. Elsjie 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	P3TIR - BATAN
	13. Dr. Komarudin Idris	(Universitas Indonesia) (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 BUDI AWAN	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

PENENTUAN NILAI RASIO ISOTOP OKSIGEN ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) DAN SULFUR ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) DARI BaSO_4 DIN 5033 (MERCK) UNTUK STANDAR INTERNAL

Evarista Ristin P.I, Paston Sidauruk, Wibagy, Djiono, Satrio

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

ABSTRAK

PENENTUAN NILAI RASIO ISOTOP OKSIGEN ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) DAN SULFUR ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) DARI BaSO_4 DIN 5033 (MERCK) UNTUK STANDAR INTERNAL. Telah dilakukan penelitian untuk menentukan nilai rasio isotop oksigen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) dan isotop sulfur ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) dari BaSO_4 DIN 5033 (merck) untuk standar internal. Teknik preparasi gas CO_2 untuk pengukuran rasio isotop oksigen (dinyatakan $\delta^{18}\text{O}$) berdasarkan pada metode Rafter yakni reduksi BaSO_4 dengan grafit. Sedangkan preparasi gas SO_2 untuk pengukuran rasio isotop sulfur (dinyatakan $\delta^{34}\text{S}$) berdasarkan pada metode Robinson-Kusakabe yakni oksidasi Ag_2S dengan tembaga (I) oksida. Dari hasil percobaan diperoleh nilai $\delta^{18}\text{O}$ dan $\delta^{34}\text{S}$ dari BaSO_4 DIN 5033 (Merck) adalah berturut-turut $11,48 \pm 0,41$ o/oo dan $5,00 \pm 0,33$ o/oo. Senyawa BaSO_4 DIN 5033 (Merck) dapat digunakan sebagai standar isotop $\delta^{18}\text{O}$ dan $\delta^{34}\text{S}$ karena terletak pada kisaran variasi isotopnya di alam dan setelah dilakukan perbandingan antar laboratorium Pinstech - Pakistan mempunyai nilai isotop yang hampir sama. Akan tetapi masih perlu dilakukan lebih banyak analisis dan perbandingan dengan laboratorium lain untuk memperoleh nilai yang sesungguhnya

ABSTRACT

DETERMINATION OF OXYGEN ISOTOPE RATIO ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) AND SULPHUR ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) VALUE OF BaSO_4 DIN 5033 FOR INTERNAL STANDARD. It has been done an experiment to determine of oxygen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) and sulphur ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) isotope value of BaSO_4 DIN 5033 (merck) for internal standard. The used technique for preparation of CO_2 gas to measure oxygen isotope ratio (stated as $\delta^{18}\text{O}$) is based on Rafter method using graphite for reduction of BaSO_4 . Whereas the used technique for preparation of SO_2 gas to measure isotope sulphur ratio (stated as $\delta^{34}\text{S}$) is based on Robinson-Kusakabe method using Cupro oxide to oxidize Ag_2S . The result of this experiment is $11,48 \pm 0,41$ o/oo and $5,00 \pm 0,33$ o/oo for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{34}\text{S}$ value respectively. Based on this experiment, BaSO_4 DIN 5033 can be used as internal standar because its isotopic values both oxygen and sulphur lie in the middle of its variation in nature. The result of interlab comparison shows that the value of this experiment is nearly similar to the value obtained from laboratorium of Pinstech-Pakistan. To acquire the better result, it is necessary to carry out more analysis and more interlab comparison.

PENDAHULUAN

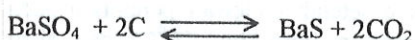
Penelitian dengan menggunakan parameter rasio isotop oksigen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) dan isotop sulfur ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) dari contoh sulfat di laboratorium Hidrologi -PTIR - BATAN mulai dikembangkan pada tahun 1992 dengan dipasangnya alat spektrometer massa Delta S beserta alat preparasi gas SO_2 dan CO_2 dan spektrometer massa Isogas yang lebih dulu tersedia. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter kedua isotop tersebut adalah penentuan suhu reservoir di lapangan panasbumi Kamojang, Sibayak, Kotamobagu. Selanjutnya kedua isotop tersebut mulai dikembangkan untuk menangani masalah pencemaran oleh sulfat yakni penelitian asal-usul sulfat dalam air tanah, air permukaan dan air hujan.

Untuk mengetahui sumber pencemaran senyawa sulfat maka contoh yang diperlukan bukan hanya berupa air tetapi juga melibatkan contoh padatan yang diperkirakan sebagai sumber pencemar. Misalnya untuk daerah pertanian maka sumber pencemaran sulfat dalam air tanah kemungkinan juga berasal dari pupuk atau untuk daerah vulkanik kemungkinan pencemaran sulfat berasal dari batuan vulkanik. Berdasarkan kesamaan nilai

rasio isotop sulfur $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ antara sumber pencemar dan air yang tercemar maka dapat ditentukan salah satu sumber pencemar yang dominan (Fritz, 1980).

Untuk penentuan nilai $\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ maka contoh harus diubah dalam gas CO_2 , sedangkan untuk penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ maka contoh harus diubah dalam bentuk gas SO_2 atau SF_6 , akan tetapi yang umum digunakan adalah gas SO_2 . Alat preparasi gas CO_2 dan SO_2 yang tersedia dapat digunakan secara seri yakni contoh sisa reduksi untuk memperoleh gas CO_2 dapat digunakan sebagai contoh oksidasi untuk menghasilkan gas SO_2 .

Teknik preparasi gas CO_2 adalah seperti yang dikemukakan oleh RAFTER (1967), yakni berdasarkan reduksi barium sulfat dengan grafit pada suhu ($900-1050^\circ\text{C}$) dan kondisi vakum. Reaksi kesetimbangan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada reaksi ini juga akan terbentuk sedikit gas CO , dengan mengalirkan arus listrik tegangan tinggi (2,5 KV) diantara 2 lempeng platina maka gas CO akan dioksidasi menjadi gas CO_2 .

Sedangkan teknik preparasi gas SO₂ adalah mengadopsi metode yang dikemukakan oleh ROBINSON-KUSAKABE (1975), yakni berdasarkan oksidasi senyawa sulfida dengan tembaga (I) oksida atau Cu₂O pada suhu 1000°C dan kondisi vakum. Dengan menggunakan pengoksidasi berupa Cu₂O pada suhu diatas 800°C maka hasil gas SO₂ bisa mencapai 90-100 % dan tidak terdapat senyawa sulfat maupun gas SO₃. Reaksi kesetimbangan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Endapan Ag₂S dapat diperoleh dari pengendapan BaS sisa reduksi grafit dengan larutan AgNO₃.

Untuk keperluan analisis rutin maka diperlukan suatu senyawa standar kerja yang mempunyai nilai $\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dan $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai $\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dan $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ senyawa BaSO₄ DIN 5033 dari MERCK yang akan digunakan untuk standar internal laboratorium Hidrologi - BATAN. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan hasil analisis yang dilakukan di laboratorium Pakistan Institute Nuclear Science Technology (PINSTECH) - Islamabad - Pakistan (Sajjad, 1994). Dianalisis juga standar PSS-1 Pakistan untuk perbandingan nilai antar laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan ialah Cu₂O, AgNO₃ 0,1 N, grafit, nitrogen cair, es kering, aseton, BaSO₄ DIN 5033 (Merck), CaCO₃ Wallingford carbonate standar, Ag₂S R-2268 standar, PSS-1 Pakistan sulfat standar. Alat yang digunakan ialah alat preparasi gas CO₂ (sulphate preparation line), alat preparasi gas SO₂ (sulphide preparation line), spektrometer massa Delta S "Finnigan Mat", spektrometer massa "Sira 9" Isogas.

Metode Kerja

Preparasi gas CO₂. Bagan kerja alat ekstraksi gas CO₂ dari contoh sulfat (sulphate preparation line) seperti tertera pada gambar 1. Bagian yang penting dari alat ini adalah tanur tempat pembakaran (sample reaktor), pemvakuman tinggi untuk mencegah kontaminasi gas CO₂ luar, pemisahan gas pengotor, pengoksidasian gas CO menjadi CO₂, dan pengumpulan gas CO₂ untuk analisis spektrometer massa isotop oksigen ¹⁸O/¹⁶O.

Sebanyak 20 mg BaSO₄ DIN 5033 (Merck) dan 40 mg grafit ditumbuk halus kemudian ditempatkan dalam lempeng platina pada reaktor. Setelah alat vakum, arus listrik pada reaktor dinaikkan pada skala 60 V untuk menghilangkan uap air dan gas pengotor. Skala dinaikkan secara bertahap hingga 120 V. Gas CO₂ dan CO akan termurnikan setelah melewati pendingin pada suhu es kering - aseton (kira-kira -70°C) dan akan terkondensasi pada tabung discharge pada suhu nitrogen cair (-140°C). Dengan mengalirkan tegangan tinggi maka gas CO akan dioksidasi menjadi gas CO₂ yang ditandai dengan nyala putih kebiruan pada tabung discharge. Gas CO₂ akan terkondensasi pada suhu -140°C sedangkan gas

CO tidak terkondensasi. Untuk memurnikan gas CO₂ maka tabung discharge dipanaskan kemudian dikondensasikan disertai aliran tegangan tinggi. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga tidak tampak gas CO. Gas CO₂ yang diperoleh dialirkan dalam botol sampel dan siap diinjeksikan dalam spektrometer massa "Sira 9" untuk pengukuran rasio isotop oksigen ¹⁸O/¹⁶O. Dari pemvakuman hingga koleksi gas CO₂ memerlukan waktu 4-5 jam.

Preparasi perak sulfida (Ag₂S). Sisa reduksi BaSO₄ DIN 5033 (Merck) dengan grafit yang berupa BaS ditambahkan aquadest untuk melarutkan ion sulfida. Filtrat sulfida tersebut diendapkan dalam AgNO₃ hingga terbentuk endapan Ag₂S. Endapan ini dikeringkan pada suhu kamar untuk preparasi gas SO₂.

Preparasi gas SO₂. Bagan kerja alat preparasi gas SO₂ (sulphide preparation line) seperti tertera pada gambar 2. Bagian penting dari alat ini ialah tempat pembakaran (reaktor), pemvakuman untuk pemurnian maupun koleksi gas SO₂. Kedalam alat ini langsung dapat dianalisis 6 contoh secara bergantian.

Sebanyak 10 mg Ag₂S digerus bersama 30 mg Cu₂O kemudian ditempatkan dalam lempeng platina. Setelah line vakum, semua contoh dipanaskan pada suhu 100 °C untuk melepaskan uap air dan gas pengotor. Kontaminan ini diendapkan dalam tabung pendingin I yang tercelup pada nitrogen cair pada suhu -80°C. Selama reaksi pendingin ini dijaga tetap pada suhu -80°C. Contoh Ag₂S dioksidasi dengan Cu₂O hingga suhu 1000°C untuk melepaskan gas SO₂. Gas ini akan termurnikan setelah melewati pendingin I dan terkondensasi pada pendingin II yang tercelup pada nitrogen cair pada suhu -135 - -140°C. Pendingin II ini dilengkapi dengan bubuk tembaga yang berfungsi sebagai termokopel sehingga dapat dipanaskan pada suhu -80°C saat koleksi gas SO₂ ke dalam botol contoh. Gas CO₂ kontaminan tidak akan terkondensasi pada suhu -135 °C dan akan dipompa keluar. Gas SO₂ yang telah terkumpulkan dalam botol contoh diinjeksikan ke dalam spektrometer massa "Delta S" untuk pengukuran rasio isotop ³⁴S/³²S.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kelimpahan isotop oksigen dan sulfur dengan alat spektrometer massa dinyatakan dengan perbandingan konsentrasi isotop ¹⁸O terhadap ¹⁶O untuk oksigen dan perbandingan konsentrasi isotop ³⁴S terhadap ³²S. Unit pengukuran rasio isotop dinyatakan dengan nilai delta (δ) relatif terhadap standar dalam satuan per mill (o/oo) sebagai berikut (Hoefs, 1980):

$$\delta \text{ (o/oo)} = \frac{R_{\text{sampel}} - R_{\text{standar}}}{R_{\text{standar}}} \times 1000 \text{ ‰}$$

dimana R adalah ¹⁸O/¹⁶O untuk oksigen dan ³⁴S/³²S untuk sulfur

Pengukuran isotop oksigen dari BaSO₄ DIN 5033

Untuk pengukuran isotop ¹⁸O dari suatu contoh, dalam penelitian ini adalah BaSO₄ DIN 5033 yang akan digunakan sebagai standar internal, diperlukan standar kerja gas CO₂ yang dilepaskan dari reaksi CaCO₃ Wallingford carbonate standar dengan H₃PO₄ 100 % pada kondisi vakum dan suhu 25^oC dengan reaksi sebagai berikut: 3CaCO₃ + 2H₃PO₄ ⇌ 3CO₂ + 3H₂O + Ca₃(PO₄)₂. Nilai standar kerja ini telah dihitung/ distandarkan terhadap standar internasional (standar primer) untuk pengukuran isotop karbon berupa Balemnitella Americana dari formasi Cretaceus Pee Dee - Carolina Selatan atau disingkat dengan standar PDB.

Pada tabel 1 tertera nilai ¹⁸O dari BaSO₄ DIN 5033 dan ¹⁸O standar kerja CaCO₃ terhadap gas komersial CO₂. perbandingan dalam alat spektrometer massa. Kedua nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai ¹⁸O dari BaSO₄ DIN 5033 terhadap standar PDB dengan turunan rumus di atas sebagai berikut (Hoefs, 1980):

$$\text{din } \delta_{\text{wel}}^{18}\text{O} = \frac{(\text{din } \delta_{\text{sm}}^{18}\text{O} - \text{wel } \delta_{\text{sm}}^{18}\text{O}) \times 1000}{1000 + \text{wel } \delta_{\text{sm}}^{18}\text{O}} \text{ dan}$$

$$\text{din } \delta_{\text{PDB}}^{18}\text{O} = \text{din } \delta_{\text{wel}}^{18}\text{O} + \text{wel } \delta_{\text{PDB}}^{18}\text{O} + (\text{wel } \delta_{\text{PDB}}^{18}\text{O} \times \text{din } \delta_{\text{wel}}^{18}\text{O} \times 10^{-3})$$

¹⁸O adalah nilai ¹⁸O dari contoh BaSO₄ DIN 5033 terhadap standar PDB dalam satuan per mill (‰). ¹⁸O adalah nilai ¹⁸O dari contoh BaSO₄ DIN 5033 terhadap gas CO₂ komersial perbandingan yang dihubungkan ke alat spektrometer massa. ¹⁸O adalah nilai ¹⁸O contoh CaCO₃ standar kerja terhadap gas CO₂ komersial perbandingan yang dihubungkan dengan alat spektrometer massa. ¹⁸O adalah nilai ¹⁸O contoh CaCO₃ standar kerja terhadap standar internasional PDB yang menurut bernilai -1,46 ‰.

Tabel 1. Nilai ¹⁸O dari BaSO₄ DIN 5033 dan ¹⁸O standar kerja CaCO₃ terhadap gas komersial CO₂

No.	wel ¹⁸ O (‰)	din ¹⁸ O (‰)
1.	3,54	-23,48
2.	3,54	-23,54
3.	3,54	-24,41
4.	3,54	-23,60
5.	3,54	-23,37
6.	3,98	-23,89
7.	3,98	-23,99
8.	3,98	-23,86
9.	3,98	-23,38
10.	3,98	-23,65
11.	3,98	-23,52
12.	3,79	-23,13
13.	3,79	-23,39
14.	3,79	-24,19
15.	3,79	-24,11

Untuk keperluan interpretasi data, umumnya hasil nilai ¹⁸O dikonversikan terhadap standar internasional dari rata-rata air laut SMOW (standard ocean mean water) yang biasa digunakan untuk standar ¹⁸O dan deuterium. Rumusan yang digunakan adalah sebagai berikut (Craig, 1961):

$$\text{sampel } \delta_{\text{SMOW}}^{18}\text{O} = 1,04143 (\text{sampel } \delta_{\text{PDB}}^{18}\text{O}) + 41,43 \text{ ‰}$$

Hasil kedua perhitungan rumusan diatas dengan data dari tabel 1 tertera pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai ¹⁸O dari BaSO₄ DIN 5033 terhadap standar PDB dan standar SMOW

No.	sampel ¹⁸ O (‰)	sampel ¹⁸ O (‰)
1.	-28,34	11,90
2.	-28,42	11,83
3.	-29,28	10,94
4.	-28,47	11,78
5.	-28,24	12,02
6.	-29,19	11,03
7.	-29,29	10,92
8.	-28,36	11,89
9.	-28,68	11,56
10.	-28,95	11,28
11.	-28,82	11,41
12.	-28,24	12,02
13.	-28,50	11,75
14.	-29,30	10,91
15.	-29,21	11,01

Dari data pada tabel 2 diperoleh rata-rata nilai ¹⁸O dari contoh BaSO₄ DIN 5033 terhadap standar SMOW adalah 11,48 ± 0,41 ‰. Nilai simpangan standar secara keseluruhan preparasi gas CO₂ pada sistem ekstraksi dan pengukuran isotop oksigen pada spektrometer massa bernilai 0,41 ‰. Untuk memperoleh nilai reproduksibilitas yang lebih baik perlu dilakukan lebih banyak lagi pengulangan dan lebih mengenali alat maupun teknik baik pengkondisian pada preparasi gas CO₂ maupun alat spektrometer massa. Adanya lapisan pengotor karbon yang menempel pada tabung discharge akan mengakibatkan sistem pemvakuman kurang baik dan akan menurunkan nilai ¹⁸O (Rafter, 1967). Sehingga perlu dilakukan pergantian tabung discharge setiap berganti sampel dan pemvakuman harus tinggi untuk mencegah kontaminasi dengan CO₂ dari udara luar.

Pengukuran isotop sulfur dari contoh BaSO₄ DIN 5033

Seperti halnya pada pengukuran nilai ¹⁸O, pada pengukuran nilai ³⁴S dari suatu contoh dengan spektrometer massa "Delta S" juga diperlukan adanya standar kerja yang telah diketahui nilainya dan diperlakukan sama dengan contoh. Dalam penelitian ini digunakan standar sekunder Ag₂S R-2268 dengan nilai menurut IAEA adalah 3,25 ‰ terhadap standar CDT. Hal ini dimaksudkan untuk mengkonversikan semua nilai ³⁴S contoh ke dalam standar internasional. Untuk

pengukuran isotop sulfur digunakan standar internasional yang berasal dari batuan Troilite (FeS) Canyon Diablo ion meteorit. Hasil pengukuran nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari contoh BaSO_4 DIN 5033 seperti tertera pada tabel 3.

Tabel 3. Data nilai terhadap gas SO_2 pembanding dari contoh BaSO_4 DIN 5033 dan standar kerja Ag_2S R-2268

No.	$R\text{-}2268 \delta_{sm}^{34}\text{S} (\text{‰})$	$^{din} \delta_{sm}^{34}\text{S} (\text{‰})$
1.	2,96	4,34
2.	3,09	4,67
3.	3,11	5,22
4.	2,98	4,73
5.	2,86	4,94
6.	3,03	5,06
7.	3,17	5,15
8.	3,34	4,37
9.	3,03	4,77
10.	2,83	4,52
11.	3,38	4,51
12.	2,88	4,93
13.	3,20	5,16
14.	3,06	5,03
15.	3,31	5,11

Data dari tabel 3 digunakan untuk menghitung nilai $\delta^{34}\text{S}$ suatu contoh terhadap standar CDT. Rumusan yang digunakan untuk pengukuran nilai $\delta^{34}\text{S}$ suatu contoh terhadap standar CDT adalah sebagai berikut (Hoefs, 1980):

$$^{din} \delta_{R\text{-}2268}^{34}\text{S} = \frac{(^{din} \delta_{sm}^{34}\text{S} - R\text{-}2268 \delta_{sm}^{34}\text{S}) 1000}{1000 + R\text{-}2268 \delta_{sm}^{34}\text{S}} \text{ dan}$$

$$^{din} \delta_{CDT}^{34}\text{S} = ^{din} \delta_{R\text{-}2268}^{34}\text{S} + R\text{-}2268 \delta_{CDT}^{34}\text{S} + (^{din} \delta_{R\text{-}2268}^{34}\text{S} \times R\text{-}2268 \delta_{CDT}^{34}\text{S} \times 10^{-3})$$

$^{din} \delta_{R\text{-}2268}^{34}\text{S}$ adalah nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari contoh BaSO_4 DIN 5033 terhadap standar kerja R-2268. $^{din} \delta_{sm}^{34}\text{S}$ adalah nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari contoh BaSO_4 DIN 5033 terhadap gas SO_2 komersial pembanding yang dihubungkan dengan spektrometer massa. $R\text{-}2268 \delta_{sm}^{34}\text{S}$ adalah nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari standar kerja Ag_2S R-2268 terhadap gas SO_2 komersial pembanding yang dihubungkan dengan spektrometer massa. $R\text{-}2268 \delta_{CDT}^{34}\text{S}$ adalah nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari standar kerja Ag_2S R-2268 terhadap standar internasional CDT yang bernilai 3,25 ‰. $^{din} \delta_{CDT}^{34}\text{S}$ adalah nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari contoh BaSO_4 DIN 5033 terhadap standar internasional CDT dalam satuan per mill (‰). Hasil perhitungan dengan menggunakan data pada tabel 1 dan rumus seperti di atas tertera pada tabel 4.

Tabel 4. Data nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari contoh BaSO_4 DIN 5033 terhadap standar CDT

No.	$^{din} \delta_{CDT}^{34}\text{S} (\text{o/oo})$
1.	4,63
2.	4,84
3.	5,36
4.	4,99
5.	5,33
6.	5,28
7.	5,23
8.	4,28
9.	4,98
10.	4,95
11.	4,38
12.	5,30
13.	5,21
14.	5,19
15.	5,05

Dari data tabel 4 dengan 15 kali ulangan diperoleh nilai rata-rata $\delta^{34}\text{S}$ BaSO_4 DIN 5033 terhadap standar CDT adalah sebesar $5,00 \pm 0,33 \text{‰}$. Dari percobaan ini diperoleh nilai simpangan standar relatif besar yakni 0,33 o/oo. Sedangkan batas ketelitian yang disarankan untuk aplikasi isotop sulfur sebagai perunut untuk bidang lingkungan, geologi, dan hidrologi sebesar 0,2 ‰ (Sajjad, 1994). Nilai ini mencakup keseluruhan proses dari pembakaran sulfat dengan grafit, pengendapan Ag_2S , ekstraksi gas SO_2 hingga pengukuran rasio isotop sulfur. Beberapa koreksi yang dimungkinkan adalah adanya isotop oksigen dalam gas SO_2 . Menurut Rafter (1967), komposisi isotop oksigen yang berasal dari Cu_2O sebagai donor oksigen pada oksidasi sulfida Ag_2S adalah -6,7 ‰. Nilai ini diperoleh dari reduksi Cu_2O dengan grafit pada suhu 800°C dan tekanan 10^{-4} bar untuk menghasilkan gas CO_2 . Sedangkan koreksi isotop oksigen pada nilai $\delta^{34}\text{S}$ dengan alat spektrometer massa adalah 0,1 ‰ (Hulston, 1978) sehingga perbedaan nilai $\delta^{18}\text{O}$ sebesar 5 o/oo akan memberikan kontribusi 0,5 o/oo pada nilai $\delta^{34}\text{S}$ sampel.

Nilai $\delta^{34}\text{S}$ dan $\delta^{18}\text{O}$ dari BaSO_4 DIN 5033 berturut-turut adalah 5,00 ‰ dan 11,434 ‰. Kedua nilai ini memenuhi syarat bahwa rasio isotop standar harus berada pada tengah range variasi isotopnya di alam. Untuk isotop oksigen, variasi isotopnya di alam berkisar antara 38 ‰ pada range batuan sedimen dan -45 ‰ pada range air meteorik (air hujan dan salju). Sedangkan untuk isotop sulfur, variasi isotopnya di alam berkisar -40 ‰ hingga 50 ‰ yakni pada range batuan sedimen (Hoefs, 1980).

Senyawa BaSO_4 DIN 5033 juga memenuhi syarat tersedia dalam jumlah banyak. Akan tetapi perlu dilakukan standarisasi ulang apabila akan digunakan persediaan baru sebab ada kemungkinan nilai rasio isotopnya berbeda bergantung pada bahan asal dan proses produksinya. Dari percobaan ini diperoleh simpangan standar $\delta^{18}\text{O}$ yang relatif besar yang salah satu kemungkinan disebabkan BaSO_4 DIN 5033 kurang homogen.

Tabel 5. Hasil komparasi analisis nilai $\delta^{34}\text{S}$ dan $\delta^{18}\text{O}$

Contoh standar	Analisis		Nilai $\delta^{34}\text{S}$ (‰) CDT		Nilai $\delta^{18}\text{O}$ (‰) smow	
	Laboratorium	Tahun	Tunggal	Rata-rata	Tunggal	Rata-rata
PSS-1	Pinstech	1992		14,58 ± 0,07		16,26
PSS-1	BATAN	1998	14,536 14,763 14,749 14,610 14,644 14,435	14,623 ± 0,11	15,998 15,228	15,62 ± 0,38
BaSO ₄ DIN 5033	Pinstech	1997		5,14 ± 0,16		11,80 ± 0,17
BaSO ₄ DIN 5033	BATAN	1998		5,00 ± 0,33		11,48 ± 0,41

Perbandingan standar antar laboratorium

Untuk meyakinkan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dan $\delta^{18}\text{O}$ dari BaSO₄ DIN 5033 yang sebenarnya perlu dilakukan perbandingan analisis antar laboratorium. Pada penelitian ini saling dilakukan perbandingan dengan laboratorium PINSTECH - Pakistan terhadap BaSO₄ DIN 5033 dan standar BaSO₄ PSS-1 Pakistan dianalisis di lab Hidrologi -PTIR-BATAN. Hasil analisis antar laboratorium tertera pada tabel 5.

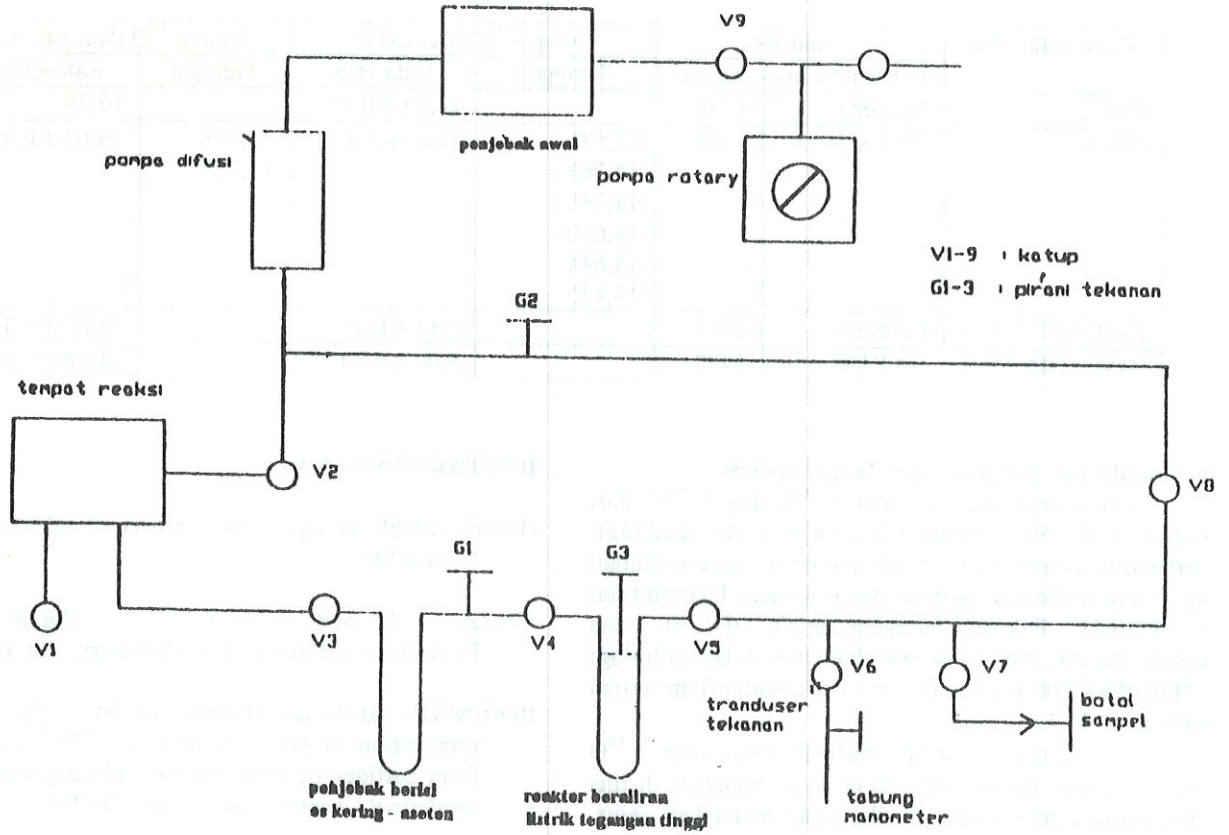
Dari data pada tabel 5 terlihat bahwa nilai $\delta^{18}\text{O}$ dan $\delta^{34}\text{S}$ dari BaSO₄ DIN 5033 yang dianalisis di dua laboratorium menunjukkan nilai yang mendekati sama. Demikian halnya pada nilai $\delta^{34}\text{S}$ dari standar PSS-1 juga menunjukkan nilai yang relatif sama, akan tetapi terdapat perbedaan nilai yang cukup besar pada nilai $\delta^{18}\text{O}$.

KESIMPULAN

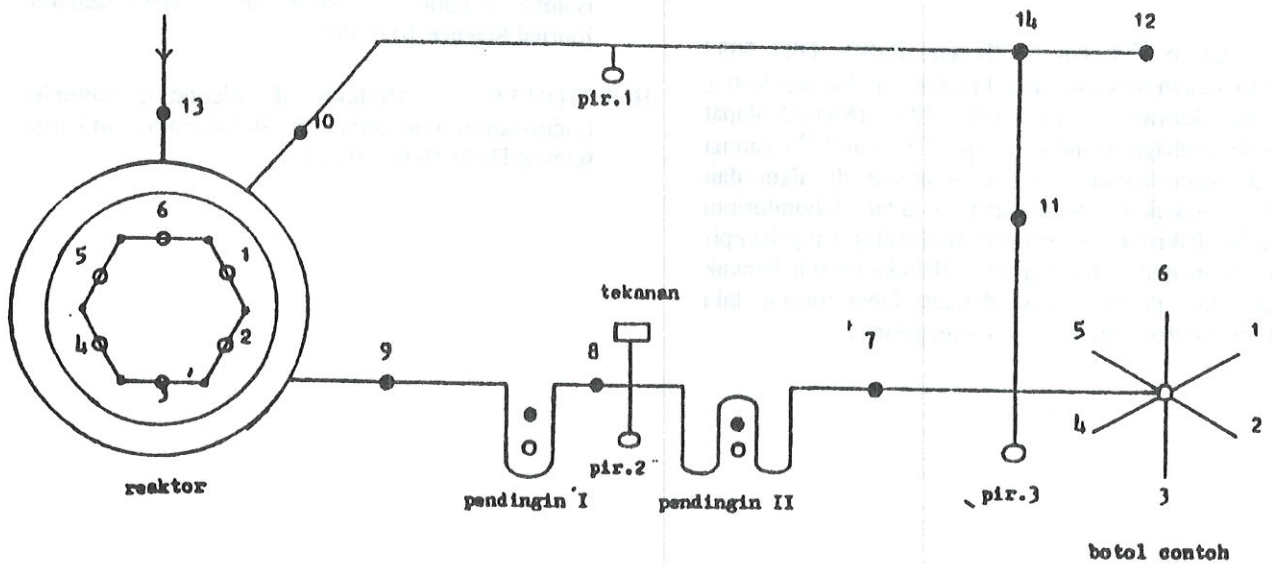
Nilai $\delta^{18}\text{O}$ dan $\delta^{34}\text{S}$ dari BaSO₄ DIN 5033 (Merck) adalah berturut-turut 11,48 ± 0,41 ‰ dan 5,00 ± 0,33 ‰. Senyawa BaSO₄ DIN 5033 (Merck) dapat digunakan sebagai standar isotop $\delta^{18}\text{O}$ dan $\delta^{34}\text{S}$ karena terletak pada kisaran variasi isotopnya di alam dan setelah dilakukan perbandingan antar laboratorium Pinstech - Pakistan mempunyai nilai isotop yang hampir sama. Akan tetapi masih perlu dilakukan lebih banyak analisis dan perbandingan dengan laboratorium lain untuk memperoleh nilai yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- HOEFS, Stable Isotope Geochemistry, 2 nd. (ed), New York (1980)
- FRITZ, P and FONTES, Ch , Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, 1 st. (ed)
- ROBINSON, B.W and KUSKABE, M , "Quantitative preparation of sulfur dioxide for $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ analysis from sulfides by combustion with cuprous oxide" *Analytical Chemistry*, 47,7, June (1975)
- SAJJAD, M.I et.al, "Fabrication of SO₂ preparation system and calibration of Pinstech sulfur standard for $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ mass spectrometric analysis
- RAFTER, T.A, "A method for the extraction of oxygen and its quantitative conversion to carbon dioxide for isotope radiation measurements", *New Zealand Journal Science*, 10 (1967).
- HULSTON, J.R , " Methods of calculating isotopic fractionation in minerals. In: Stable isotope in earth science. DSIR Bull 220:221



Gambar 1. Bagan alat pengestraksi gas CO₂, " sulphate preparation line"



Gambar 2. Bagan pengestraksi gas SO₂, "Sulphide Preparation Line"

DISKUSI

WIBAGYO

1. Jika standar kerja mempunyai nilai yang berbeda antara hasil di Pakistan dan disini apakah standar kerja ini bisa digunakan.
2. Kapan standar kerja dianggap bisa memenuhi persyaratan.

EVARISTA RISTIN P.I.

1. Sebenarnya masih dapat dipakai tetapi harus lebih banyak lagi dilakukan inter kalibrasi dengan laboratorium lain.
sehingga tahu persis berapa range nilai yang masih berlaku
2. Syarat standar kerja :
 - homogen
 - mempunyai nilai isotop dekat dengan nilai tengah rangenya di alam.
 - stabil artinya tidak berubah oleh waktu.

SUWIRMA SYAMSU

1. Untuk mendapatkan gas CO₂ dan SO₂ diperlukan suhu yang cukup tinggi yang terlihat pada gambar rangkaian yang telah ditayangkan. Apakah peralatan tersebut ada di lab SDAL, kalau ada apakah langsung gas yang didapatkan dialirkan ke alat Mass Spec.
2. Apakah yang dimaksud standar kerja. Mohon dijelaskan.

EVARISTA RISTIN P.I.

1. Tersedia, tetapi tidak langsung dialirkan ke MS, ditampung dalam botol yang ditrap dalam nitrogen cair kemudian dialirkan ke dalam spektrometer massa.
2. Standar kerja untuk standar yang dibuat sebagai faktor pengali apabila diterapkan pada pengukuran sampel lapangan. Hal ini disebabkan standar primer (standar internasional) tidak mencukupi jumlahnya. Standar kerja yang dipakai harus distandarkan terhadap standar primer.

NAZLY HILMY

1. Apa yang anda maksud dengan standar dalam penelitian ini ?
2. Apa pula yang dimaksud dengan nilai sesungguhnya?

EVARISTA RISTIN P.I.

1. Standar yang dimaksudkan untuk senyawa standar, untuk ¹⁸O adalah Ca CO₃ wallingford carbonat standar dengan nilai 1,46% terhadap standar primer (internasional) PDB dan untuk ³⁴S untuk Ag₂ S R-2268 dari IAEA yang bernilai 3,25 % terhadap standar internasional CDT. Sedangkan BaSO₄ din 5033 (Merck) akan digunakan sebagai standar kerja untuk penelitian sample lapangan. Dalam hal standar

kerja harus distandarkan terhadap standar sekunder kemudian ke standar primer.

2. Nilai sesungguhnya yang meyakinkan apabila telah dilakukan banyak kalibrasi (interkomparasi) dengan laboratorium lain, sehingga tahu persis bahwa standar kerja bernilai tertentu (A) dan apabila dilakukan pengecekan beberapa tahun lagi, masih bernilai A.

ERMIN KATRIN

1. Mengapa dipilih BaSO₄ sebagai standar internal ?
2. Apakah ada senyawa sulfat lainnya yang dapat digunakan sebagai standar ?
3. Mohon dijelaskan kelebihan standar BaSO₄ ?

EVARISTA RISTIN P.I.

1. Jadi dalam alat ini memang sudah dirancang untuk BaSO₄, sehingga untuk sample air perlu dibentuk endapan BaSO₄ lebih dahulu.
2. Memang tidak hanya dari BaSO₄ yang sudah tersedia saja yang dapat digunakan sebagai standar tetapi senyawa lainpun dapat digunakan, misalnya dari air laut tetapi harus memenuhi persyaratan sebagai standar misalnya nilai isotopnya terletak mendekati range tengah variasi isotopnya di alam.
3. Standar digunakan BaSO₄ menghasilkan BaS sisa reduksi yang mudah terlarut dalam air sehingga dapat digunakan untuk pengukuran ³⁴S.
BaSO₄ lebih mudah diendapkan yakni dengan penambahan BaCl₂ untuk contoh air.

ZAENAL ABIDIN

1. Apabila sampel cukup kecil tidak seperti biasanya, apa usulan anda agar gas SO₂ dapat di ³⁴S-nya. Bagaimana metodenya ?
2. Apabila pada alat "sampel preparasi" tidak terjadi reaksi yang sesungguhnya, tetapi yang terbentuk gas SO, SO₂ dan SO₄. Bagaimana menentukan data ³⁴S-nya ?

EVARISTA RISTIN P.I.

1. Memang banyak oxidant yang digunakan, misal : Cu₂O, V₂O₅ dan O₂. Tetapi oxidant Cu₂O paling baik digunakan, dapat meminimalkan gas SO₃ yang korosif dan produksi sulfat yang tidak dikehendaki, yakni Ag₂SO₄. Pada penggunaan Cu₂O, hasil yang diperoleh pada 800 °C tekanan 10⁻⁴ bar dapat mencapai 100%. Sedangkan penggunaan CuO, hasil yang diperoleh lebih banyak SO₃. (Menurut Bp. ZAINAL, ada metode terbaru untuk preparasi gas SO₂ pada sampel mikro, yakni dengan memberikan tekanan tinggi pada sampel).
2. Oxidant padat Cu₂O ----> gas SO₂ yang terbentuk sudah minimal dibandingkan dengan oxidant lain, tetapi bila masih senyawa sulfur lain ada kemungkinan tidak masuk ke dalam cup 64.

WINARTI ANDAYANI

1. Bagaimana mengaplikasikan metode ini untuk mendeteksi sumber pencemar yang ada di lingkungan, apakah setiap sumber pencemar mempunyai radio oksigen dan sulfur yang berbeda.
2. Sampel yang ada di lingkungan dalam sedimen atau air

EVARISTA RISTIN

1. Metode ini dapat diaplikasikan untuk sampel lapangan, hanya memang ada tahapan preparasi sebelum diperlakukan dalam alat sulphate preparation line maupun sulphide preparation line.

Setiap sumber pencemar, apabila mengalami proses imbuhan oksigen atau selain dari luar dapat mempunyai nilai isotop oksigen dan sulfur yang berbeda. Selain itu juga tergantung pada sumber/asalnya bahan., Misalnya sulfat dari pupuk akan lain dari limbah atau air laut. Dalam kasus intrusi air laut, apabila air tanah mempunyai nilai $\delta^{34}\text{S}$ dan $\delta^{18}\text{O}$ mendekati sama dengan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dan $\delta^{18}\text{O}$, maka dapat disimpulkan bahwa air tanah tersebut telah tercemar air laut.

2. Untuk sampel sedimen perlu preparasi dengan preaksi KIBA untuk mereduksi total sulfur menjadi sulfida (Ag,5) kemudian baru diterapkan ke dalam alat preparasi.