

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
1996/1997
 Jakarta, 18 - 19 Februari 1997

Penerbitan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18 - 19 Februari 1997. Penerbitan, Muisjah Maha (et al.) - Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, 1997. 3 jil. ; 30 cm.

BUKU 1

PROSES RADIASI DAN GEOHIDROLOGI

ISBN 970-95890-0-2 (no. jil. lengkap)
 ISBN 970-95890-1-3 (jil. 1)
 ISBN 970-95890-2-1 (jil. 2)
 ISBN 970-95890-3-x (jil. 3)

1. Isotop - Kongres. I. Judul II. Muisjah

241.388

BADAN TENAGA ATOM NASIONAL
PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
 JL. CINERE PASAR JUMAT KOTAK POS 7002 JKSKL JAKARTA 12070, INDONESIA
 TEL. 7690709 - KAWAT/CABLE: JUMATOM - TELEX 47113 CAIRCA IA FAX. 7691607

Penyunting : KPTP PAIR

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ir. Munsiah Maha | Ketua merangkap Anggota |
| 2. Ir. F. Sundardi | Wakil Ketua merangkap Anggota |
| 3. Dr. Ir. Moch. Ismachin | Anggota |
| 4. Ir. Elsje L. Sisworo, MS | Anggota |
| 5. Ir. Wandowo | Anggota |
| 6. Drs. Made Sumatra, MS | Anggota |
| 7. Dr. Ir. Mugiono | Anggota |
| 8. Dr. Yanti Sabarinah Soebiyanto | Anggota |
| 9. Dra. C Hendratno | Anggota |

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18 - 19 Februari 1997 / Penyunting, Munsiah Maha (*et al.*) -- Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, 1997.
3 jil. ; 30 cm

Isi Jil. 1. Proses radiasi dan geohidrologi
2. Pertanian
3. Peternakan, Biologi, dan Kimia

ISBN 979-95390-0-5 (no. jil. lengkap)

ISBN 979-95390-1-3 (jil. 1)

ISBN 979-95390-2-1 (jil. 2)

ISBN 979-95390-3-x (jil. 3)

1. Isotop - Kongres I. Judul II. Maha, Munsiah

541.388

Alamat : Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi
Jl. Cinere Pasar Jumat
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12070

4x

DAFTAR ISI

Pengantar i
 Daftar Isi iii
 Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah vii
 Sambutan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional vii

MAKALAH UNDANGAN

Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman Nasional menjelang abad 21
 G.A. WATTIMENA 1
 Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop
 A. HAFIED A. GANY 15

MAKALAH PESERTA

Status dan prospek Litbang proses radiasi di PAIR-BATAN
 RAHAYUNINGSIH CHOSDU 19
 Sifat fisik dan mekanik campuran akrilat-vinil eter yang diradiasi berkas elektron
 SUGIARTO DANU dan TAKASHI SASAKI 23
 Kopolimerisasi tempel monomer N-butil akrilat dan metil metakrilat pada kulit krus sapi dengan radiasi berkas elektron
 KADARIJAH, MADE SUMARTI, MARGA UTAMA, dan DWI WAHINI 33
 Pengaruh radiasi berkas elektron dan antioksidan terhadap sifat fisik film polietilen
 ISNI MARLIJANTI, ANIK SUNARNI, MIRZAN T. RAZZAK, dan GATOT T.M.R. 39
 Sifat fisik dan mekanik film kopolimer karet alam stirena iradiasi setelah didaur ulang
 MARSONGKO dan MARGA UTAMA 45
 Kadar sisa NBA dalam lateks karet alam vulkanisasi radiasi
 HERWINARNI SOEKARNO 53
 Studi pembuatan karet remah dari lateks alam iradiasi dan kopolimernya secara kimia
 MARGA UTAMA, SITI BUNDARI, dan H. SOESARSONO WIJANDI 63
 Pengaruh radiasi berkas elektron terhadap sifat fisika campuran LDPE-karet alam
 SUDRADJAT ISKANDAR, FUMIO YOSHII, dan KEIZO MAKUUCHI 71
 Evaluasi lateks alam iradiasi untuk produksi kondom skala pabrik
 YANTI S. SABARINAH, MARGA UTAMA, dan SASTRAVIQAYA 85
 Kemungkinan pemakaian kopolimer lateks karet alam stiren untuk sarung tangan listrik
 MADE SUMARTI, MARGA UTAMA dan SRI SUSILAWATI 91
 Pengaruh kadar monomer dan ekstender dalam kopolimerisasi lateks karet alam stirene terhadap keteguhan rekat kayu lapis tusam (*Pinus merkusit*)
 ADI SANTOSO dan MARGA UTAMA 97
 Pelapisan permukaan kayu jeungjing (*Paraserianthes falcaria* (L) Nielsen) menggunakan resin akrilat dengan radiasi ultra violet
 GATOT SUHARIYONO, SUGIARTO DANU, DARSONO, DAN MONDJO 101

Pelapisan permukaan kayu meranti (<i>Parashorea Spp</i>) dengan resin uretan akrilat secara radiasi DARSONO, ŠUGIARTO DANU, dan ANIK SUNARNI	111
Problema dalam introduksi teknologi lateks alam vulkanisasi radiasi (LAVR) sebagai teknologi tepat guna untuk masyarakat golongan ekonomi lemah WIWIK SOFIARTI	117
Pengekangan obat dalam matriks hidrogel PVA-ko-NIPAAAM hasil iradiasi ERIZAL, HASAN R., SILVIA S., dan RAHAYU C.	121
Sintesa etilen diamin tetra metil fosfanat sebagai ligan untuk radionuklida M. YANIS MUSDJA, SRI HASTINI, dan PUJI WIDAWATI	129
Pengaruh iradiasi gamma dan jenis pengemas pada mutu dan masa simpan bakpia dan dodol RINDY P. TANDINDARTO, dan ROSALINA SINAGA	137
Status teknologi isotop dalam bidang Industri, Hidrologi, dan Sedimentologi di Indonesia WANDOWO	147
Metode ekstraksi gas karbon dioksida dari senyawa sulfat untuk pengukuran rasio isotop oksigen EVARISTA RISTIN P.I., ZAINAL ABIDIN, dan DJIONO	153
Studi komparasi kandungan isotop alam pada presipitasi meteorik untuk recharge air tanah di beberapa wilayah Indonesia DJIONO, ZAINAL ABIDIN, dan ALIP	157
Inventarisasi komposisi isotop alam air tanah di daerah karst Wonosari dan sekitarnya WIBAGYO, WANDOWO, dan INDROJONO	163
Teknik radiopenurut untuk mempelajari karakteristik air tanah dangkal di PPTA Pasar Jumat SYAFALNI, SATRIO, INDROJONO, dan DARMAN	171
.....	175
.....	177
.....	183
.....	191
.....	197
.....	101

PENGANTAR

Sebagaimana pertemuan ilmiah sebelumnya, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) ke-9 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional pada tanggal 18 - 19 Februari 1997 bertujuan untuk menyebarluaskan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Radiasi, Geohidrologi, Pertanian, Peternakan, Biologi, dan Kimia. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini dihadiri oleh 148 orang peserta yang terdiri dari para ilmuwan, dan peneliti, serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintah, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua makalah utama yang dibawakan oleh pejabat senior, yaitu tentang Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman nasional menjelang abad 21, dan Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop. Selanjutnya, dibahas sebanyak 65 makalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Penerbitan risalah pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Penyunting,

PENCANTAR

Sebagaimana pertemuan ilmiah sebelumnya, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radasi (APISORA) ke-9 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radasi, Badan Tenaga Atom Nasional pada tanggal 18 - 19 Februari 1997 bertujuan untuk menyebarkan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Radasi, Geohidrologi, Pertanian, Perikanan, Biologi, dan Kimia. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini dihadiri oleh 148 orang peserta yang terdiri dari para ilmuwan dan peneliti, serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintahan, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua makalah utama yang dibawakan oleh pejabat senior, yaitu tentang Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman nasional menjelang abad 21, dan Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop. Selanjutnya, dibahas sebanyak 62 makalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Penelitian ilmiah pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Penyunting,

POTENSI KEGUNAAN TEKNOLOGI ISOTOP DALAM BIDANG INDUSTRI DAN HIDROLOGI

Wandowo

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

ABSTRAK

POTENSI KEGUNAAN TEKNOLOGI ISOTOP DALAM BIDANG INDUSTRI DAN HIDROLOGI.

Teknologi isotop yang pada dasarnya memanfaatkan adanya sifat-sifat khusus dari isotop telah banyak digunakan dalam bidang industri dan hidrologi. Dengan teknik perunut isotop maka masalah-masalah yang menyangkut dinamika aliran proses dalam industri dapat diidentifikasi dengan tidak mengganggu kontinuitas proses produksi yang sedang berlangsung. Dalam bidang hidrologi isotop terutama digunakan sebagai perunut untuk mengidentifikasi atau mengungkapkan fenomena yang berkaitan dengan dinamika sistem hidrologi. Program litbang teknologi isotop dalam kedua bidang ini bertujuan untuk mendayagunakan teknologi ini sebagai "problem solving technology" serta lebih meningkatkan kontribusinya dalam era industrialisasi.

ABSTRACT

POTENTIAL USE OF ISOTOPE TECHNOLOGY IN INDUSTRY AND HYDROLOGY.

Isotope technology, which basically takes advantage of the specific properties of isotopes, has been broadly utilized in the field of industry and hydrology. In industry, isotope tracer techniques can effectively be used to identify problems of fluid dynamics in a process plant, without disturbing the run of production processes in this plant. In hydrology, isotopes are mainly used as tracers to identify or to find out phenomena of the dynamics of hydrological system. The research and development programmes of isotope technology in industry and hydrology are aimed for better use of this technology as a problem solving technology and to encourage its contribution in the industrialization era.

PENDAHULUAN

Salah satu ujung tombak dari program BATAN dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir adalah mengembangkan program aplikasi isotop dan radiasi. Program tersebut selama ini telah dikembangkan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), yang meliputi aplikasi dalam bidang pertanian, peternakan, industri, hidrologi dan lingkungan. Program penelitian dan pengembangan yang disusun dan dilaksanakan oleh PAIR terintegrasi ke dalam Rencana Strategis (RENSTRA) BATAN yang berorientasi kepada Program Pembangunan Nasional dan disusun dalam kerangka arahan Program Umum Nasional Riset dan Teknologi (PUNAS RISTEK). Seperti diketahui PUNAS RISTEK terdiri dari 5 kelompok Program Utama, yaitu :

- Kebutuhan Dasar Manusia
- Sumber Daya Alam, Energi dan Lingkungan Hidup
- Industri
- Pertahanan Keamanan
- Sosial, Ekonomi, Budaya, Falsafah, Hukum dan Perundang-undangan

Dalam bidang industri dan hidrologi, pengembangan aplikasi isotop ini sering digunakan secara langsung untuk suatu penyelidikan di lapangan. Dalam aplikasinya tujuan dari setiap penyelidikan pada umumnya berorientasi kepada keinginan untuk mendapatkan informasi dari suatu obyek

yang diselidiki. Informasi ini dapat dikategorikan ke dalam 3 masalah, yaitu :

- identifikasi masalah/pemecahan masalah
- pengungkapan fenomena
- monitoring

Kegiatan dalam bidang industri dan hidrologi merupakan sebagian dari keseluruhan kegiatan aplikasi isotop dan radiasi yang dikembangkan di PAIR, di mana sejak lebih dari 20 tahun beberapa kegiatan aplikasi dalam bidang-bidang tersebut, bahkan telah dimanfaatkan oleh pihak pengguna di luar BATAN di berbagai tempat di Indonesia. Kegiatan-kegiatan tersebut hanyalah sejumlah kegiatan yang merupakan kerja sama atau layanan atas permintaan pihak di luar BATAN di mana pembiayaannya sebagian atau sepenuhnya ditanggung oleh mereka. Kegiatan litbang lainnya berupa Riset Terpilih, Riset Unggulan Terpadu, Kontrak Riset dari International Atomic Energy Agency dan *In-house Research*.

Seperti diketahui bahwa teknologi isotop adalah suatu teknologi yang sifatnya komplementer terhadap teknologi (konvensional) yang telah ada, dan dalam hal tertentu merupakan teknologi alternatif yang mempunyai sifat spesifik. Sifat spesifik yang dimiliki oleh suatu isotop memberikan banyak kelebihan pada teknologi ini bila dibandingkan dengan teknologi konvensional lainnya. Dalam beberapa hal teknologi isotop, khususnya teknik perunut, dapat memberikan informasi akurat terhadap permasalahan yang menyangkut dinamika suatu sistem atau

suatu proses alir, di mana dengan teknik konvensional informasi tersebut sulit dapat diperoleh. Teknik perunut isotop ini memang mempunyai keunggulan dan keistimewaan lebih dari teknik konvensional yang ada karena *monitoring* dapat dilakukan *in situ* dan pada waktu eksperimen dilakukan tidak akan mengganggu sistem yang diselidiki.

Dalam ilmu pengetahuan alam yang menyangkut sumber daya air di bumi ini dikenal suatu teknik penggunaan isotop alam, baik yang bersifat radioaktif atau yang stabil, misalnya ^{14}C , ^2H , ^3H , ^{137}Cs , ^{18}O , dan ^{34}S . Kandungan isotop alam radioaktif dapat memberikan informasi tentang waktu tinggal (*residence time*) air tanah di perut bumi sehingga umur air tanah tersebut dapat diestimasi. Variasi kandungan isotop stabil dalam air tanah dapat memberikan informasi tentang asal-usul, fenomena dan dinamikanya di alam ini dalam kaitannya dengan siklus hidrologi.

TEKNOLOGI ISOTOP DALAM INDUSTRI

Seperti diketahui, ada dua macam penggunaan isotop dalam aplikasinya dalam industri yaitu isotop sebagai sumber tertutup dan isotop sebagai sumber terbuka (penggunaan sebagai perunut). Dasar penggunaan isotop sebagai sumber tertutup pada prinsipnya memanfaatkan sifat atenuasi dan sifat hamburan radiasi terhadap bahan/materi yang dikenainya. Intensitas radiasi yang dihamburkan atau yang ter-atenuasi memberikan informasi dari bahan atau materi yang dikenainya. Informasi ini dapat berupa tebal lapisan, kepadatan atau densitas, konsentrasi suatu campuran bahan, kandungan unsur tertentu dalam campuran, kondisi bagian dalam suatu instalasi, korosi, pergerakan dan lain sebagainya. Unit alat yang menggunakan isotop sebagai sumber tertutup ini sering diintegrasikan pada sistem pengontrol proses suatu unit produksi, misalnya unit produksi dari industri kertas, baja, minuman kaleng, mineral, batubara dan lain-lainnya, sehingga apabila dalam pengukuran tersebut dijumpai penyimpangan dari standar produk yang telah ditentukan maka produk tersebut secara otomatis dapat di-reject. Unit alat semacam ini sering disebut dengan istilah *nucleonic control system* atau *nuclear gauge*. Di negara-negara industri maju seperti Jepang, Korea dan negara-negara di Eropa dan Amerika unit alat seperti ini telah meluas digunakan. Di Indonesia, menurut catatan dari Biro Pengawasan Tenaga Atom, BATAN, ada lebih dari 150 unit alat, di luar kamera radiografi, digunakan dan terpasang di berbagai industri, misalnya industri kertas, rokok, baja, dan lain sebagainya.

PERKEMBANGAN PENGGUNAAN TEKNIK PERUNUT

Dalam penggunaannya dalam industri, teknik perunut telah digunakan secara rutin untuk pengetesan (misalnya pengetesan adanya kebocoran aliran fluida dalam pipa), untuk memperbaiki efisiensi proses dan unjuk kerja

unit alat pemroses, untuk pengontrolan operasi dan sebagai pembanding terhadap informasi yang diperoleh dari metode lain. Prinsip dasar dari teknik perunut adalah mengintroduksi suatu jenis perunut radioisotop tertentu ke dalam sistem sehingga menyatu dengan sistem yang diselidiki. Segala anomali yang terjadi dalam proses alir sistem dapat diketahui dari hasil pendeteksian perunutnya. Metodologi perunut isotop pada umumnya mencakup empat aspek pelaksanaan pekerjaan yang satu sama lain saling mempunyai ketergantungan, yaitu perencanaan eksperimen, pelaksanaan eksperimen (injeksi isotop, deteksi isotop/akuisisi data), pengolahan data dan interpretasi data (6). Perkembangan lebih jauh dari metodologi ini, yaitu dapat digunakan untuk menganalisis suatu fungsi *input* dan *output* proses alir berbagai sistem, yang dapat menciptakan hubungan antara data eksperimen dengan model matematik sebagai fungsi dari berbagai variabel suatu proses alir dalam sistem tersebut. Sistem ini dapat berupa sistem aliran melalui unit-unit instalasi proses dalam rangkaian proses produksi dalam industri. Dari analisis bentuk kurva Distribusi Waktu Tinggal (*Residence Time Distribution-RTD*) hasil eksperimen dan kurva pemodelan matematik akan diperoleh informasi mengenai berbagai fenomena yang terjadi didalam sistem unit instalasi pemroses tersebut. Informasi ini misalnya tentang volume mati (*dead volume*), *chanelling*, *bypassing* dan sebagainya, di mana kesemua fenomena tersebut akan berpengaruh atau menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi proses pada unit instalasi tersebut. Dengan perkembangan ini maka peranan teknik perunut untuk *problem solving* dalam industri akan lebih luas jangkauannya dan kegunaannya (5).

Selain perkembangan dalam perangkat lunak seperti yang dikemukakan di atas, perkembangan teknologi perunut isotop juga terlihat pada aspek perangkat kerasnya, misalnya tentang tersedianya berbagai pilihan radioisotop, teknik injeksi isotop, dan teknik akuisisi data dengan komputer. Beberapa hal yang dapat dikemukakan di sini antara lain (1)

- tersedianya instrumen pengukur radiasi yang *portable* dan dapat dihubungkan dengan 2 - 4 detektor sekaligus
- akuisisi sistem data digital yang dapat dihubungkan dengan komputer untuk memproses dan memvisualisasikan data yang diperoleh
- perkembangan dari generator isotop memungkinkan dapat dilakukannya eksperimen di lokasi yang jauh dari reaktor produksi isotop
- kombinasi dari teknik perunut isotop dan penggunaan sumber tertutup dapat saling menunjang untuk diperolehnya informasi yang lebih lengkap terhadap suatu masalah tertentu

INDUSTRI PENGGUNA TEKNIK PERUNUT

Meskipun teknik perunut ini dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis industri namun perkembangan yang sangat dominan dan potensial akan terjadi di sektor industri perminyakan, industri petrokimia dan industri pemrosesan mineral (1). Di Indonesia, ke-tiga sektor industri tersebut

telah ada dan akan berkembang terus sesuai dengan tahap pembangunan nasional melalui tahapan Repelita.

Industri Perminyakan. Industri perminyakan adalah industri yang menjadi pioner dalam penggunaan teknologi isotop. Dari sejak tahap eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, dan distribusi minyak, teknologi isotop banyak diaplikasikan untuk memecahkan masalah yang dijumpai misalnya *sand fracture tracing*, *waterflood tracing*, *well perforation*, *leak detection*, studi tentang waktu tinggal, pengukuran kecepatan alir, pengukuran profil densitas unit destilasi, *polipig tracing* dan masih banyak lagi jenis kegiatan yang menyangkut dinamika suatu sistem. Dari sekian banyak teknik isotop yang dapat digunakan untuk memecahkan berbagai masalah, maka ada suatu masalah yang sangat kritis, yaitu masalah yang menyertai proses *Fluid Catalytic Cracking* di unit pemisahan (*refineries unit*). Pada unit ini minyak mentah mengalami proses fraksinasi menjadi fraksi-fraksi ringan, misalnya bensin, kerosin dan senyawa hidrokarbon ringan lainnya. Karena fraksi, ringan itu mempunyai harga yang lebih mahal, maka usaha meningkatkan efisiensi perolehan fraksi ringan akan memberikan keuntungan yang besar pada produksi minyak bumi. Oleh karena faktor ekonomi inilah maka *Fluid Catalytic Cracking* menjadi perhatian untuk dilakukannya penelitian terhadap masalah yang timbul maupun penelitian dalam usaha mengoptimalkan efisiensinya. Teknik isotop sangat tepat digunakan dalam penelitian ini, karena sifatnya yang unik yang memungkinkan dapat mengetahui distribusi bahan di dalam unit *cracking* tersebut dengan hanya melakukan monitoring atau deteksi dari luar sistem yang diselidiki setelah dilakukan injeksi isotop.

Industri Petrokimia. Industri petrokimia dapat dikatakan turunan dari Industri Perminyakan karena bahan dasar industri petrokimia banyak yang berasal dari produk minyak bumi. Pada sektor industri petrokimia ini juga banyak berlangsung proses fraksinasi atau reaksi yang cukup kompleks, misalnya pemisahan berbagai komponen fase gas dan cair dan optimasi produk yang berasal dari berbagai komponen yang dipengaruhi oleh banyak variabel. Dengan teknik perunut isotop, berbagai informasi untuk optimasi produk atau efisiensi kondisi operasi dapat dicapai, sehingga akhirnya akan diperoleh keuntungan ekonomi. Jenis-jenis kegiatan lainnya di mana teknik perunut dapat diaplikasikan pada umumnya tidak berbeda jauh dari industri lainnya, misalnya penyelidikan kebocoran fluida, pencampuran antara dua atau lebih komponen, pengukuran kecepatan aliran, distribusi waktu tinggal dan lain sebagainya.

Industri Pemrosesan Mineral. Bahan mineral yang biasanya berasal dari batuan-batuan tertentu dalam eksploitasinya perlu dilakukan proses pemisahan dari bahan induknya. Proses-proses ini antara lain *classification*, *floatation*, *thickening*, *filtration* dan sebagainya. Teknik isotop telah terbukti banyak manfaatnya dalam memberikan kontribusi untuk pemahaman dan karakterisasi dari proses-proses tersebut. Seperti diketahui, dalam industri

pemrosesan mineral ini diperlukan energi yang cukup besar. Oleh karena itu, dicari usaha-usaha meningkatkan efisiensi dan optimasi dari setiap proses untuk dapat menghemat energi melalui penelitian dengan teknik perunut.

TEKNOLOGI ISOTOP DALAM HIDROLOGI

Dalam bidang hidrologi, objek yang diselidiki agak berbeda dengan apa yang dijumpai dalam bidang industri. Kalau dalam bidang industri, biasanya sistemnya merupakan sistem yang tertutup dan mempunyai *size* yang pasti, namun dalam bidang hidrologi sistemnya bersifat terbuka dan *size* dari sistemnya sering tidak dapat dipastikan. Dalam dua dekade terakhir ini telah muncul berbagai inovasi teknik dan peralatan baru yang digunakan untuk melakukan penelitian dalam eksplorasi sumber-sumber air. Dengan didasari pengetahuan geohidrologi maka teknologi isotop dapat lebih memberikan kontribusi sebagai teknologi yang bersifat komplementer bahkan merupakan suatu teknologi alternatif untuk memecahkan dan mengungkapkan berbagai masalah dan fenomena hidrologi. Dengan makin berkembangnya peralatan elektronik yang mutakhir, maka pemrosesan dan analisis data menjadi lebih teliti, sehingga informasi yang diperoleh dalam suatu penyelidikan menjadi lebih sempurna (4).

Dalam bidang hidrologi dikenal dua macam teknik isotop, yaitu teknik perunut dengan menggunakan isotop buatan dan teknik dengan menggunakan isotop alam. Teknik isotop buatan sebagai perunut pada dasarnya dilakukan dengan menginjeksikan suatu radioisotop tertentu ke dalam sistem hidrologi yang dipelajari dan informasi dinamika alirannya akan diperoleh dari pendeteksian sebaran perunut dalam sistem yang dipelajari tersebut. Teknik isotop alam dilakukan dengan menganalisis kandungan isotop alam yang dapat berasosiasi atau menjadi komponen molekul air dari sampel-sampel air yang diambil dari sistem hidrologi yang dipelajari. Variasi kandungan isotop alam ini dapat memberikan informasi tentang dinamika, pola, dan kecepatan aliran air tanah, daerah resapan air, terjadinya proses pencampuran antara dua sumber air (mengetahui asal-usul sumber air) dan lain sebagainya. Variasi kandungan isotop alam dipengaruhi oleh suhu udara, ketinggian, dan faktor geografis. Oleh karena itu, teknik dengan isotop alam hanya dapat diterapkan pada skala area yang luas yang memungkinkan terjadinya variasi kandungan isotop oleh faktor-faktor tersebut.

STATUS TEKNOLOGI ISOTOP DALAM HIDROLOGI DI INDONESIA

Teknik isotop dalam bidang hidrologi telah diaplikasikan di Indonesia oleh PAIR sejak 25 tahun yang lalu, diawali dengan teknik penggunaan perunut isotop buatan. Kegiatan yang banyak dilakukan antara lain dalam pengukuran debit sungai, pergerakan sedimen daerah perairan pelabuhan, masalah kebocoran, dan lain

sebagainya. Dengan telah terpasangnya spektrometer massa, rangkaian alat pemerkaya konsentrasi tritium dan alat sintesis bensen untuk pengukuran ^{14}C pada tahun 1984, maka kegiatan penggunaan isotop alam ^2H , ^{18}O , ^{13}C , ^3H dalam masalah-masalah air tanah mulai dilaksanakan. Dengan datangnya peralatan baru, yaitu spektrometer massa untuk analisis ^{34}S dan spektrometer gas untuk analisis gas pada tahun 1994, maka laboratorium hidrologi dapat lebih meluaskan kegiatannya dalam persoalan sumber panas bumi di Indonesia.

Berbagai contoh kegiatan penggunaan isotop alam yang pernah dilakukan antara lain studi tentang air tanah Jakarta dan sekitarnya, di mana dari hasil studi ini dapat ditentukan karakter akuifer basin Jakarta dan dinamika arah gerakan air tanah. Selain itu, juga telah dilakukan studi tentang kebocoran air danau kawah Gunung Galunggung dan pengaruhnya terhadap kesetimbangan air (*water balance*) dari danau kawah tersebut (2). Kegiatan di lapangan panasbumi juga sudah banyak dilakukan terutama dalam kaitan kerja sama dengan Pertamina dan kontrak riset dengan IAEA. Penelitian yang pernah dilakukan misalnya di lapangan panas bumi di Sibayak, Ulu-belu, Lahendong, Dieng, dan Kamojang. Tujuan penelitian pada umumnya untuk mengetahui karakteristik sumber panas bumi misalnya suhu, daerah *recharge*, dan pola gerakan fluida panas bumi. *Monitoring* isotop alam pada sumur-sumur produksi di lapangan panas bumi Kamojang secara intensif terus dilakukan sampai sekarang dalam rangka optimasi produksi uap untuk pembangkit tenaga listrik Kamojang.

POTENSI KEGUNAAN TEKNOLOGI ISOTOP DALAM HIDROLOGI

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi kehidupan manusia. Makin maju suatu bangsa maka kebutuhan akan air makin meningkat. Demikian pula halnya yang terjadi di Indonesia saat ini, di mana kita tengah melakukan pembangunan nasional di segala sektor, sehingga mengakibatkan urbanisasi penduduk dari daerah ke sentra-sentra pembangunan. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam masalah air ini ialah mengenai penyediaannya (*resources*-nya), pengelolaannya, dan pembuangannya. Oleh karena itu, arah dan pengembangan teknologi isotop, baik dengan isotop buatan maupun isotop alam, harus ditujukan untuk selalu dapat memberikan informasi yang tepat mengenai masalah yang dihadapi terutama yang menyangkut ketiga aspek tersebut.

Kebutuhan air untuk segala aktivitas di kota-kota besar dan sentra-sentra industri tidak dapat dipenuhi semuanya dari proses penjernihan yang dilakukan oleh perusahaan air minum, sehingga tidak ada jalan lain bagi memenuhi kebutuhan tersebut kecuali mengambil air tanah. Pengambilan air tanah yang tidak terkontrol dan melebihi kapasitas *recharge*-nya akan menyebabkan terganggunya keseimbangan air sistem akuifernya yang pada akhirnya dapat berdampak terjadinya intrusi air laut, penurunan muka tanah (*land subsidence*), dan mudah banjir pada waktu musim penghujan. Oleh karena itu, penelitian

mengenai kondisi air tanah dan daerah *recharge* akuifernya perlu dilakukan terutama di kota-kota besar di Indonesia. Informasi mengenai daerah *recharge* sangat berguna untuk penentuan kebijaksanaan dalam pengelolaan sumber daya air setempat.

Dampak dari berkembangnya pembangunan adalah meningkatnya pencemaran ke lingkungan yang kemungkinan akan mencemari sumber air tanah. Hal ini perlu juga dilakukan penelitian dengan menggunakan isotop buatan sebagai perunut. Seperti diketahui, dalam setiap industri selalu akan dijumpai bahan-bahan buangan, baik itu bersifat padat, cair atau gas yang sering mencemari lingkungan sehingga lingkungan menjadi rusak karenanya. Bahan-bahan yang dibuang ke kali misalnya, akan dapat mencemari kali sebagai sumber air untuk air minum atau untuk irigasi tanah pertanian atau meresap sehingga mencemari air tanah. Air kali yang bermuara di laut apabila mengandung bahan polutan yang berlebihan akan mengganggu pertumbuhan ikan yang menjadi sumber nafkah para nelayan. Oleh karena itu, usaha-usaha untuk mengetahui pola dispersi buangan limbah baik di daratan, di sungai, atau di pantai perlu diketahui untuk mengantisipasi kemungkinan mencemari sumber-sumber air yang menjadi kebutuhan vital sehari-hari. Teknik perunut isotop juga sangat bermanfaat untuk menyelidikan pola dispersi fluida yang mengandung polutan ini (3).

Indonesia adalah suatu negara yang kaya akan sumber-sumber energi seperti minyak bumi, gas alam, batubara, panas bumi dan air. Sumber panas bumi yang terbentang di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi mempunyai potensi total sebesar 19.000 Mega Watt di mana saat ini baru dieksploitasi kurang lebih 305 Mega Watt. Teknik isotop bersama-sama dengan teknik geokimia telah terbukti sangat bermanfaat dalam menyajikan informasi tentang fenomena dan karakteristik sumber panas bumi dalam eksplorasi maupun eksploitasi. Mengingat sumber energi panas bumi di Indonesia masih terus akan dikembangkan, maka kerja sama dengan Pertamina perlu terus dibina. Seperti diketahui untuk memenuhi kebutuhan energi, Indonesia menerapkan kebijaksanaan pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti energi panasbumi, sebagai sumber energi pembangkit daya listrik. Di masa masa mendatang energi terbarukan akan menjadi semakin penting dalam memenuhi pasokan energi di Indonesia. Menurut sumber dari Departemen Pertambangan dan Energi, sebelum berakhirnya Pelita VII beberapa lapangan panasbumi akan di eksploitasi, sehingga nantinya kapasitas total akan meningkat menjadi 1200 Mega Watt.

KESIMPULAN

Teknologi isotop dalam bidang industri dan hidrologi telah lama diaplikasikan di Indonesia. Sejalan dengan laju pembangunan nasional di berbagai sektor, maka pengembangan teknologi isotop terutama untuk *problem solving* dalam proses-proses Industri, untuk pengungkapan fenomena dinamika air tanah dan fluida panas bumi dalam rangka konservasi sumber daya air, dan pengelolaan lapangan panas bumi dan pengelolaan lingkungan perlu terus digalakkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA, Consultants' Meeting on Emerging New Applications of Radiotracers in Industry, IAEA Vienna (1996).
2. ABIDIN, Z., WANDOWO, S. MANURUNG, INDROJONO, and N. HILMY, "Environmental isotopes application in several fields in Indonesia", 10th. Pacific Basin Nuclear Conference, Kobe, Japan (1996).
3. YURTSEVER, Y., "Tracers in study of pollutants in surface and groundwaters", RCA Meeting, Sydney (1993).
4. DROST, J.W., "Single-well and multi-well nuclear tracer techniques", International Hydrological Programme, UNESCO, Paris (1989).
5. IAEA, Residence Time Distribution Software Analysis, User's Manual (Computer Manual Series No. 11), IAEA Vienna (1996).
6. CHARLTON, J.S., Radioisotope Techniques for Problem Solving in Industrial Process Plants, Leonard Hill, Glasgow-London (1986).

DISKUSI

M. YANIS MUSDJA

Bagaimana strategi PAIR-BATAN dalam mengantisipasi kebutuhan oleh industri atau pemakai, terutama dalam bidang hidrologi dan sedimentasi. Pendekatan-pendekatan apa saja yang telah dilakukan kepada industri atau pengguna ?

WANDOWO

Ada 2 alasan yang perlu ditempuh, yaitu :

1. Peningkatan pengetahuan SDM, peningkatan sarana prasarana (termasuk kemudahan memperoleh isotop). Disini sasarannya adalah BATAN sendiri.
2. Harus dilakukan secara sistimatis melalui introduksi, seminar, penyuluhan atau hubungan pribadi kepada para pengguna teknologi, yaitu industri dan pengguna lainnya.

RAHAYUNINGSIH CHOSDU

Mengapa teknologi isotop HIS, tidak segera di transfer ke swasta, kemudian SDM PAIR hanya sebagai konsultan. Mengingat pada era globalisasi ini kita harus mengantisipasi jasa konsultan luar negeri. Hal ini juga mempercepat "Sound" atau gaung teknologi BATAN cepat di kenal di Indonesia.

WANDOWO

Untuk teknik isotop seperti radiografi memang baik kalau ditransfer ke swasta (saat ini sudah banyak swasta yang menangani teknik radiografi). Untuk teknik perunut karena problem yang ditangani itu bukan suatu problem yang sifatnya rutin, maka investasi yang harus ditanam oleh swasta (peralatan, sarana dan SDM) tidak

seimbang dengan kegiatan yang mungkin akan ditangani, kecuali, kalau swasta tersebut sudah mempunyai data masalah di industri yang secara rutin akan ditangani.

EDISON SIHOMBING

Dari 77 kali pekerjaan yang telah dilakukan PAIR dan menggunakan beberapa isotop, dari mana isotop yang digunakan untuk pekerjaan ini. Apakah telah diproduksi BATAN sendiri atau masih diimpor ?

WANDOWO

Untuk semua kegiatan aplikasi perunut baik dalam industri maupun hidrologi & radiometriologi menggunakan Isotop produksi PPTN dan atau PRSG, kecuali radioisotop umum panjang seperti H³, masih kita impor dari India.

MARGA UTAMA

Dari pengalaman yang di peroleh, setelah data-data yang diperoleh dan teknik isotop tersebut diketahui, apakah dalam solusi pemecahan masalah, PAIR-BATAN ikut berpartisipasi sampai tuntas, walaupun permasalahan tersebut berasal dari di luar industri BATAN, misalnya di pabrik semen dsb. sebagai konsultan. Mohon penjelasan ?

WANDOWO

Tugas kita (BATAN) yang penting adalah mengidentifikasi masalah/problem dari suatu kasus yang dihadapi. Pemecahan masalahnya biasanya tidak lagi menyangkut penggunaan isotop & radiasi. BATAN bisa saja memberikan saran atau rekomendasi, namun semuanya bergantung pada yang punya masalah, sebab biasanya mereka lebih tahu bagaimana cara pemecahannya.

menyebutkan masalah/program dari suatu kasus yang dihadapi. Pemecahan masalahnya biasanya tidak lagi menggunakan penggunaan isotop & radiasi BATAN bisa saja membicarakan suatu atau rekomendasi, namun semuanya bergantung pada yang punya masalah, sebab biasanya mereka lebih tahu bagaimana cara pemecahannya.

Tugas kita (BATAN) yang penting adalah mengidentifikasi masalah/program dari suatu kasus yang dihadapi. Pemecahan masalahnya biasanya tidak lagi menggunakan penggunaan isotop & radiasi BATAN bisa saja membicarakan suatu atau rekomendasi, namun semuanya bergantung pada yang punya masalah, sebab biasanya mereka lebih tahu bagaimana cara pemecahannya.

Untuk semua kegiatan aplikasi permut baik dalam industri maupun hidrologi & radiometriologi menggunakan isotop produksi PPTN dan atau PRSG, kecuali radioisotop umum panjang seperti ¹³⁷Cs, masih kita impor dari India.

Apakah telah diproduksi BATAN sendiri atau masih digunakan untuk pekerjaan ini. Dan 77 kali pekerjaan yang telah dilakukan PAIR dan menggunakan beberapa isotop, dari mana isotop yang digunakan untuk pekerjaan ini.

EDISON SIHOMBING
 Bagaimana strategi PAIR-BATAN dalam mengatasi kebutuhan oleh industri atau pemakai, terutama dalam bidang hidrologi dan sedimentasi. Pendidikan-pendidikan apa saja yang telah dilakukan kepada industri atau pengguna ?

WANDOWO
 Ada 2 alasan yang perlu ditempuh, yaitu :
 1. Peningkatan pengetahuan SDM, peningkatan sarana prasarana (termasuk kemudahan memperoleh isotop).
 2. Harus dilakukan secara sistematis melalui introduksi seminar, penyuluhan atau hubungan pribadi kepada para pengguna teknologi, yaitu industri dan pengguna lainnya.

Untuk teknik isotop seperti radioaktif memang baik kalau ditransfer ke swasta (saat ini sudah banyak swasta yang menangan teknik radioaktif). Untuk teknik permut karena program yang ditangani itu bukan suatu problem yang rutin, maka investasi yang harus ditanam oleh swasta (peralatan, sarana dan SDM) tidak

WANDOWO
 Bagaimana strategi PAIR-BATAN dalam mengatasi kebutuhan oleh industri atau pemakai, terutama dalam bidang hidrologi dan sedimentasi. Pendidikan-pendidikan apa saja yang telah dilakukan kepada industri atau pengguna ?

WANDOWO
 Bagaimana strategi PAIR-BATAN dalam mengatasi kebutuhan oleh industri atau pemakai, terutama dalam bidang hidrologi dan sedimentasi. Pendidikan-pendidikan apa saja yang telah dilakukan kepada industri atau pengguna ?

M. YANIS MUSLITA
 Bagaimana strategi PAIR-BATAN dalam mengatasi kebutuhan oleh industri atau pemakai, terutama dalam bidang hidrologi dan sedimentasi. Pendidikan-pendidikan apa saja yang telah dilakukan kepada industri atau pengguna ?

WANDOWO
 Bagaimana strategi PAIR-BATAN dalam mengatasi kebutuhan oleh industri atau pemakai, terutama dalam bidang hidrologi dan sedimentasi. Pendidikan-pendidikan apa saja yang telah dilakukan kepada industri atau pengguna ?

DAFTAR PUSTAKA
 1. IAEA, Consultants' Meeting on Emerging New Applications of Radiotracers in Industry, IAEA Vienna (1996).
 2. ABIDIN, Z., WANDOWO, S., MANURUNG, INDROJONO, and N. HILMY, "Environmental isotopes application in several fields in Indonesia," 10th Pacific Basin Nuclear Conference, Kobe, Japan (1996).
 3. YURTSSEVER, Y., "Tracers in study of pollutants in surface and groundwaters," RCA Meeting, Sydney (1993).
 4. DROST, J.W., "Single-well and multi-well nuclear tracer techniques," International Hydrological Programme, UNESCO, Paris (1989).
 5. IAEA, Residence Time Distribution Software Analysis User's Manual (Computer Manual Series No. 11), IAEA Vienna (1996).
 6. CHARLTON, J.S., "Radioisotope Techniques for Problem Solving in Industrial Process Plants," Leonard Hill, Glasgow-London (1986).

DISKUSI