

ISBN 978-979-3558-23-3

**PROSIDING SEMINAR ILMIAH HASIL
PENELITIAN TAHUN 2009**

APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

Jakarta, 02 Desember 2010



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT APLIKASI TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI
JAKARTA 2011**

- Penyunting :
1. Prof. Dr. Ir. Mugiono - PATIR-BATAN
 2. Prof. Ir. Sugiarto - PATIR-BATAN
 3. Prof. Ir. A. Nasroh Kuswadi, M.Sc - PATIR-BATAN
 4. Dra. Rahayuningsih Chosdu, MM - PATIR-BATAN
 5. Dr. Paston Sidauruk - PATIR-BATAN
 6. Dr. Hendig Winarno, M.Sc. - PATIR-BATAN
 7. Dr. Ir. Sobrizal - PATIR-BATAN
 8. Ir. Suharyono, M.Rur.Sci - PATIR-BATAN
 9. Prof. Dr. Ir. Abd. Latief Toleng - UNHAS
 10. Dr. Nelly Dhevita Leswara - UI

SEMINAR ILMIAH HASIL PENELITIAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2009 : JAKARTA), Prosiding seminar ilmiah hasil penelitian aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 2 Desember 2010 / Penyunting, Mugiono ... (*et al.*) -- Jakarta : Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, 2011.

i, 451 hal.; ill.; tab.; 30 cm

ISBN 978-979-3558-23-3

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Badan Tenaga Nuklir Nasional III. Mugiono

541.388

Alamat : Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12440
Telp. : 021-7690709
Fax. : 021-7691607
021-7513270
E-mail : patir@batan.go.id
sroji@batan.go.id
Home page : <http://www.batan.go.id/patir>

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa dimana atas berkat dan rahmat Nyalah maka Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Aplikasi Isotop dan Radiasi tahun 2009 Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini perkenankanlah kami menginformasikan kepada masyarakat tentang hasil kegiatan penelitian PATIR-BATAN berupa buku "Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Aplikasi Isotop dan Radiasi, tahun 2009", Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tanaga Nuklir Nasional (2011).

Penyusun menyampaikan permintaan maaf apabila pada penerbitan ini, masih banyak hal yang kurang sempurna, untuk itu kami sangat mengharapkan saran perbaikan. Tidak lupa pula penyusun juga menyampaikan terima kasih kepada para penulis dan semua pihak yang telah membantu dalam persiapan maupun pelaksanaan penerbitan buku Prosiding tersebut.

Jakarta, 7 Februari 2011

Penyusun,

DAFTAR ISI

Pengantar.....	i
Daftar Isi	iii

Bidang Pertanian

Pemuliaan tanaman padi untuk mendapatkan varietas unggul nasional dan hibrida; observasi dan uji daya hasil pendahuluan galur mutan asal iradiasi ki 237 dan ki 432 SOBRIZAL, CARKUM, NANA SUPRIATNA, YULIDAR, WINDA PUSPITASARI.....	1
Uji daya hasil dan respon terhadap serangan jamur <i>aspergillus flavus</i> pada galur mutan kacang tanah PARNO DAN SIHONO	7
Uji adaptasi, uji ketahanan terhadap penyakit dan hama penting serta analisis nutrisi galur-galur mutan harapan kedelai umur sedang dan genjah berukuran biji besar HARRY IS MULYANA, ARWIN, TARMIZI DAN MASRIZAL	13
Pemurnian dan pendeskripsian sifat agronomi mutan padi rendah kandungan asam fitat ARWIN, AZRI KUSUMA DEWI, YULIDAR DAN WINDA PUSPITASARI.....	29
Perbaikan genetik tanaman kacang hijau toleran cekaman abiotik (kekeringan) dan biotik melalui teknik mutasi dan bioteknologi YULIASTI, SIHONO DAN SISWOYO	37
Pembentukan populasi dasar padi hitam dengan teknik mutasi SHERLY RAHAYU, MUGIONO, HAMBALI, DAN YULIDAR	45
Peningkatan keragaman genetik bawang merah (<i>allium ascalonicum</i> l.) melalui pemuliaan mutasi ISMİYATI SUTARTO DAN MARINA YUNIAWATI	53
Perbaikan sifat tanaman obat <i>artemisia cina</i> dengan sinar gamma ARYANTI, ULFA TAMIN DAN MARINA YUNIAWATI	61
Observasi galur mutan tanaman jarak pagar (<i>jatropha curcas</i> l.) generasi m1v5 pada tahun ketiga ITA DWIMAHYANI , SASANTI WIDIARSIH, WINDA PUSPITASARI DAN YULIDAR	67

Observasi, seleksi dan uji daya hasil lanjut galur mutan tanaman kapas (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) dengan teknik mutasi LILIK HARSANTI, ITA DWIMAHYANI, TARMIZI, SISWOYO DAN HAMDANI	75
Perbaikan varietas padi sawah dengan teknik mutasi MUGIONO, SHERLY RAHAYU, HAMALI, YULIDAR	85
Pengujian ketahanan galur-galur mutan sorgum terhadap lahan masam SOERANTO HUMAN, SIHONO, PARNO DAN TARMIZI.....	93
Perbaikan varietas padi lokal dan padi gogodengan teknik pemuliaan mutasi : uji daya hasil, serta seleksi galur mutan padi lokal dan padi gogo AZRI KUSUMA DEWI, MUGIONO, HAMBALI, YULIDAR DAN SUTISNA.....	103
Optimalisasi pemupukan padi sawah hasil litbang batan dengan teknik nuklir HARYANTO	115
Budidaya padi sawah dengan sistem sri dan bahan organik pupuk kandang SETIYO HADI WALUYO	125
Produksi Azofert (Reformulasi Azora) ANIA CITRARESMINI, SRI HARTI S., HALIMAH, ANASTASIA D.....	135
Penghematan pupuk dalam sistem pergiliran tanaman di lahan kering/ tadah hujan IDAWATI DAN HARYANTO.....	143
Uji terapan dan uji toksisitas formulasi penglepasan terkendali (fpt) insektisida dimehipo terhadap serangga yang diinokulasikan pada tanaman padi SOFNIE M.CHAIRUL, HENDARSIH, DAN A.N. KUSWADI.....	153
Uji virulensi isolat <i>beauveria bassiana</i> (balsamo) vuill. (deuteromycotina: hyphomycetes) terhadap hama sayuran (lanjutan) MURNI INDARWATMI, A.N. KUSWADI, DAN INDAH A. NASUTION....	165
Perbaikan kualitas lalat buah <i>bactrocera carambolae</i> (drew & hancock) (diptera = tephritidae) mandul untuk pengendalian dengan teknik serangga mandul INDAH ARASTUTI NASUTION, MURNI INDARWATMI DAN A. NASROH KUSWADI.....	173
Uji kandungan nutrisi sorgum fermentasi untuk mengetahui kemampuannya sebagai pakan ruminansia secara <i>in vitro</i> LYDIA ANDINI, W. TEGUH S., DAN EDY IRAWAN K.....	181

Inovasi pakan komplit terhadap fermentasi rumen, pencernaan dan penambahan berat badan pada ternak domba
SUHARYONO, C. E. KUSUMANINGRUM, T. WAHYONO DAN
D. ANSORI..... 189

Budidaya ikan air tawar yang diberi pakan stimulan dengan pemanfaatan teknik nuklir.
ADRIA PM 195

Daun *tithonia diversifolia*, sebagai penyusun pakan komplit ternak Ruminansia Secara *In-Vitro*
FIRSONI..... 201

Respon imun *brucella abortus* untuk pengembangan vaksin iradiasi brucellosis
BOKY JEANNE TUASIKAL, TRI HANDAYANI,
TOTTI TJIPTOSUMIRAT 209

Uji lapang terbatas bahan vaksin fasciolosis untuk ternak ruminansia
TRI HANDAYANI, BOKY JEANNE TUASIKAL, T. TJIPTOSUMIRAT..... 219

Bidang Proses Radiasi

Uji coba produksi tulang xenograf radiasi untuk pemakaian periodontal
BASRIL ABBAS..... 229

Sintesis dan karakterisasi *injectable* komposit hidroksiapatit –pvp-kitosan dengan iradiasi berkas elektron sebagai graft tulang sintetik
DARMAWAN DARWIS, LELY H., YESSY WARASTUTI DAN
FARAH NURLIDAR 239

Sintesis iradiasi komposit tricalcium fosfat (tcp)- kitosan untuk graft tulang dan karakterisasi sifat fisiko-kimianya
ERIZAL, A.SUDRAJAT, DEWI S.P. 245

Metode rt-pcr (*reverse transcription-polymerase chain reaction*) dan hibridisasi dot blot dengan pelacak berlabel ³²p untuk deteksi hcv (*hepatitis c virus*).
LINA, M.R..... 253

Uji praklinis simplisia mahkota dewa (*phaleria macrocarpa* (scheff) boerl.) radiopasteurisasi sebagai antidiabetes pada tikus
NIKHAM DAN RAHAYUNINGSIH CHOSDU 261

Pengaruh radiopasteurisasi pada simplisia kulit batang mahkota dewa (<i>phaleria macrocarpa (scheff) boerl.</i>) terhadap aktivitas anti kanker (lanjutan) ERMIN KATRIN, SUSANTO DAN HENDIG WINARNO	269
Pembuatan membran elektrolit dengan teknologi proses radiasi untuk direct methanol fuel cell (dmfc) AMBYAH SULIWARNO	279
Formulasi peningkat indeks viskositas minyak lumas sintetis MERI SUHARTINI, RAHMAWATI, I MADE SUMARTI KARDHA HER WINARNI, DEVI LISTINA P	287
Tinjauan membran serat berongga polisulfon untuk hemodialisis KRISNA LUMBAN RAJA, DEWI SEKAR P, NUNUNG, DAN OKTAVIANI	297
Degradasi lignoselulosa serbuk kayu menggunakan radiasi berkas elektron SUGIARTO DANU, DARSONO, MADE SUMARTI KARDHA, DAN MARSONGKO	313
Efektivitas khitosan iradiasi sebagai bahan pengawet makanan GATOT TRIMULYADI REKSO	321
Pengaruh ekstrak rendang iradiasi dosis tinggi terhadap kapasitas antioksidan, proliferasi limfosit dan hemolisis eritrosit manusia ZUBAIDAH IRAWATI ¹ , KAMALITA PERTIWI ² , DAN FRANSISKA RUNGKAT-ZAKARIA ²	329
Cemaran awal dan dekontaminasi bakteri patogen pada sayuran hidroponik dengan iradiasi gamma. HARSOJO	341
Aplikasi teknik radiasi dalam penanganan jamur kering IDRUS KADIR DAN HARSOJO	349
Bidang Kebumihan dan Lingkungan	
Teknik nuklir untuk penelitian reservoir dan aliran dua fasa pada lapangan panasbumi lahendong, sulawesi utara DJIJONO, ABIDIN, ALIP, RASI P.	363
Aplikasi dan pengembangan teknologi isotop dan radiasi dalam pengelolaan sumberdaya air di banten DJIONO, ABIDIN, PASTON, SATRIO, BUNGKUS P, RASI P	377

Formulasi konsentrat pupuk organik hayati berbasiskompos radiasi NANA MULYANA, DADANG SUDRAJAT, ENDRAWANTO WIDAYAT,	401
Pengembangan metode pengujian toxin paralytic shellfish poisoning sebagai saxitoxin dengan teknik nuklir WINARTI ANDAYANI , AGUSTIN SUMARTONO DAN BOKY JEANNE TUASIKAL.....	413
Instrumental analisis pengaktifan neutron (inaa) sedimen pesisir pltu suralaya; identifikasi polutan ALI ARMAN, YULIZON MENRY, SURIPTO, DARMAN DAN HARIYONO	421
Studi interkoneksi sungai bawah tanah di bribin – baron, di daerah karst gunung kidul WIBAGIYO, PASTON S. SATRIO.....	431
Studi kinetika karakterisasi biodegradasi bahan organik dari bagase tebu dan limbah nanas TRI RETNO D.L, DADANG SUDRAJAT, NANA MULYANA DAN ARIF ADHARI	441

TEKNIK NUKLIR UNTUK PENELITIAN RESERVOIR DAN ALIRAN DUA FASA PADA LAPANGAN PANASBUMI LAHENDONG, SULAWESI UTARA

Djijono, Abidin, Alip, Rasi P.

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi- BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Pasar Jumat, Jakarta Selatan
Telp.021-7690709; Fax: 021-7691607

ABSTRAK

KARAKTERISASI RESERVOIR PANASBUMI DAN PENGEMBANGAN PERUNUT.

Telah dilakukan penelitian untuk mengkaji karakteristik reservoir lapangan panasbumi dengan teknik isotop alam dan geokimia. Tujuan dari penelitian adalah untuk mendapatkan data karakteristik reservoir uap lapangan panasbumi yang dapat dipergunakan untuk menjawab sustainability produksi dan pelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan dengan cara melakukan sampling uap dengan kondenser dan menganalisis isotop alam dan geokimia dari sampel sumur produksi, kemudian mengukur kandungan isotop alam air meteorik dan manifestasi daerah dan sekitar lapangan panasbumi. Untuk menentukan hubungan antar sumur reinjeksi dan sumur produksi dilakukan dengan cara menginjeksikan perunut radioaktif berupa tritium ke dalam sumur reinjeksi. Injeksi dilakukan dengan sistem pulsa dan pengamatan dilakukan dengan cara sampling secara berkala pada setiap sumur produksi, kemudian sampel dianalisis menggunakan metode direct counting dengan Liquid Scintillation Counter (LSC). Untuk mengukur kandungan isotop alam dilakukan dengan metode spektrometer massa. Fluida reservoir lapangan panasbumi *cluster* LHD-4 berasal dari air meteorik yang *recharge* melalui penetrasi dalam dari daerah ketinggian antara 600 m hingga 900 m diatas permukaan laut. Aliran sistem reservoir berasal dari dua arah yaitu arah barat daya dan dari arah timur laut. Genesis fluida menunjukkan terjadi kesetimbangan antara air dan batuan pada *deep reservoir* pada temperatur tinggi dan tidak berkontribusi oleh air magmatik dan bersifat homogen.

ABSTRACT

CHARACTERISATION GEOTHERMAL RESERVOIR AND TRACER DEVELOPMENT. The investigation reservoir characterization conducted by using isotope and geochemical techniques have been done at Lahendong geothermal area, Sulawesi Utara. The aim of the research are develop baseline database of isotope and geochemical of the reservoir, to investigate genesis and interconnection well, to trace pathway of the isotope tritium tracer on the production well. The techniques is to collect samples from the production well, rain water and manifestation of the geothermal area and analyzed of stable isotope and chemical. To investigate the pathway and interconnection of the wells, tracer of tritium was injected at reinjection well LHD-7 by pulse method. Monitoring done by collected of the samples periodically and analyzed by using liquid scintillation counter (LSC) and mass spectrometer. Recharge area of the reservoir is lay on 600 – 900 m up sea level. Flow of the reservoir sistem from two directions from west-north and east south. The genesis of the fluid show the equilibration from water and rock at deep reservoir on the high temperature and not contributed by magmatic and homogenous.

PENDAHULUAN

Tes perunut radioisotop tritium yang dilakukan pada lapangan dengan sistem dua fasa di Lahendong diharapkan dapat mengungkapkan interkoneksi antara sumur reinjeksi dan sumur-sumur produksi Lapangan ini. Tes injeksi perunut dan studi isotop geokimia dapat memberikan kontribusi dalam strategi manajemen lapangan uap maupun pengembangan reservoir dalam rangka *sustainable production*. Penelitian tersebut bertujuan untuk memperoleh informasi tentang

hubungan antara sumur reinjeksi LHD-7 dengan sumur produksi serta asal-usul, genesis fluida, proses geokimia serta model reservoir lapangan.

Tahapan penelitian adalah dengan cara melakukan injeksi radioperunut tritium dengan aktivitas 20 Ci di sumur LHD-7 untuk menjawab interkoneksi antara sumur reinjeksi dan sumur produksi. Analisis isotop alam ^{18}O , ^2H , diharapkan dapat memberikan informasi tentang asal-usul dan genesis fluida. Studi kimia (anion, kation dan gas) dilakukan untuk mengungkapkan kondisi proses fluida di dalam sistem. Penelitian isotop geokimia dan tes perunut pada lapangan panasbumi Lahendong, Sulawesi Utara bertujuan untuk mengetahui *database* isotop dan kimia, genesis dan hubungan antar sumur terutama sumur reinjeksi dan sumur produksi pada sistem reservoir dua fasa.

Penelitian ini juga bermanfaat untuk menentukan strategi dalam manajemen lapangan uap, terutama dalam rangka monitoring pengaruh produksi terhadap kinerja reservoir dan lokasi sumur reinjeksi yang tepat. Penelitian dilakukan dengan cara mengambil contoh fluida pada sumur produksi menggunakan alat kondensor dan separator yang dilengkapi dengan pengukur tekanan dan temperatur, fumarola, mata air panas dan air hujan. Injeksi perunut radioaktif tritium dengan aktivitas 20 Ci dilakukan pada sumur reinjeksi LHD-7. Sampel fluida melalui program monitoring dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis isotop ^{18}O , ^2H dengan spektrometer massa, ^3H dengan enrichment dan LSC (*liquid Scintillation Counter*). Pelepasan perunut merupakan teknik yang lazim dalam mempelajari dinamika suatu sistem dengan menandai atau melabel sistem tersebut dengan suatu zat yang spesifik seperti zat radioaktif atau warna, mudah dideteksi dan diukur. Zat perunut dapat diperoleh dari alam atau buatan (1).

Berbagai jenis zat warna atau organik seperti *fluoresence*, *rhodamine* dan alkohol maupun zat radioaktif dapat memenuhi syarat tersebut untuk digunakan sebagai perunut dalam mempelajari sistem hidrologi, tetapi untuk sistem panasbumi pengaruh panas harus diperhatikan karena ada beberapa zat perunut seperti zat warna atau organik yang mengurai pada temperatur tinggi. Zat radioaktif yang umumnya berbentuk senyawa kimia anorganik mempunyai tingkat kestabilan yang tinggi terhadap temperatur sehingga sangat cocok untuk penelitian panasbumi (2).

Cara kerja perunut dalam sistem panasbumi dapat digambarkan sebagai berikut: perunut diinjeksikan ke dalam sumur reinjeksi. Perunut yang terbawa oleh aliran fluida akan terdistribusi dan memberikan berbagai informasi tentang keadaan dan karakteristik reservoir seperti, distribusi waktu tinggal (*residence time distribution*) atau waktu terobosan (*breakthrough time*), atau waktu pencampuran (*mixing time*), pola aliran fluida dan interkoneksi antara sumur reinjeksi dengan sumur produksi. Informasi tersebut dapat menggambarkan apabila ada kelainan sistem (*malfunction*), selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk optimalisasi pengelolaan lapangan. Salah satu radio perunut yang digunakan dalam sistem panasbumi adalah tritium. Tritium merupakan pemancar radiasi β yang mempunyai waktu paruh 12.43 tahun dan digunakan sebagai perunut

dalam bentuk senyawa air berat (HTO). Injeksi isotop dan perlengkapannya dapat dilihat pada gambar 1.(3)

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan cara pengambilan sampel yang tepat agar memberikan interpretasi data yang berkualitas. Jenis sampel yang diambil meliputi manifestasi permukaan dan sumur produksi. Sampel manifestasi permukaan terdiri dari *stem vent*, *heated pool* (fumarola) dan mata air panas. Sampel tersebut terletak di sekitar sumur produksi dan diharapkan mempunyai hubungan langsung terhadap reservoir.

Pengambilan sampel *steam vent* dilakukan dengan cara menggunakan pipa stainless steel yang dimasukkan ke dalam lubang *steam vent*. Fluida uap yang keluar melalui pipa tersebut dialirkan ke dalam alat kondensasi (*cooler*) dan tabung vakum berisi NaOH 6N untuk analisis parameter isotop dan gas. Strategi pengambilan sampel sumur produksi untuk fluida dua fase dilakukan dengan cara total kondensat menggunakan alat kondensor dan separator pada tekanan kepala sumur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.

Penggunaan separator dan total kondensat dimaksudkan untuk saling mengoreksidalam perhitungan komposisi isotop dan konsentrasi kimia fluida reservoir (4).

Pengambilan sampel curah hujan

Pemasangan alat penampung curah hujan dilakukan di dua lokasi yakni di Lamsot (720 m) dan di Pangalombian (810m). Air hujan diamati dengan cara mencatat/mengukur/mengambil sebagian jumlah curah hujan dan analisis isotop ^{18}O dan ^2H . Untuk mencegah pengaruh penguapan air hujan yang tertampung ditambahkan minyak parafin hingga seluruh permukaan tertutupi dengan minyak tersebut. Penampung curah hujan didesain untuk menampung 18 L air hujan atau setara dengan 350 mm curah hujan. Panjang pipa cooler 4 m

Metode Analisis Isotop ^{18}O dan ^2H dari Air

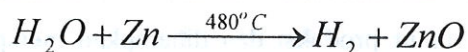
Analisis komposisi isotop stabil ^{18}O dilakukan dengan menggunakan peralatan spektrometer massa SIRA-9 dengan metode Epstein-Mayeda. Sebanyak 2 mL sampel air dimasukkan ke dalam labu dan dibiarkan mencapai kesetimbangan dengan gas CO_2 standar menurut persamaan berikut:



Reaksi tersebut mencapai kesetimbangan selama 4-6 jam. Gas CO_2 yang dihasilkan secara otomatis akan dimasukkan ke dalam spektrometer massa untuk diukur rasio isotopnya (δ) terhadap

standar JAWS (*Jakarta Working Standard*) yang telah terkalibrasi terhadap standar internasional SMOW (*Standard Mean Ocean Water*) dan dinyatakan dalam besaran ‰ (permil).

Sedangkan untuk analisis isotop stabil ^2H juga menggunakan spektrometer massa namun terlebih dulu dilakukan preparasi dengan metode *zinc reduction*. Sebanyak 0.2 g Zn ditimbang dan ditambah 8 μL sampel air lalu ditempatkan dalam labu dan dibuat menjadi vakum. Setelah vakum campuran dipanaskan hingga 480°C selama satu jam sampai gas H_2 terbentuk menurut persamaan berikut:



Gas H_2 yang terbentuk kemudian dianalisis dengan spektrometer massa untuk diukur rasio isotopnya terhadap standar dan dinyatakan sebagai delta (δ) dalam satuan ‰ (permil) yang dirumuskan sebagai:

$$\delta_{A/r} = \frac{R_A}{R_r} - 1 \times 1000 \text{‰}$$

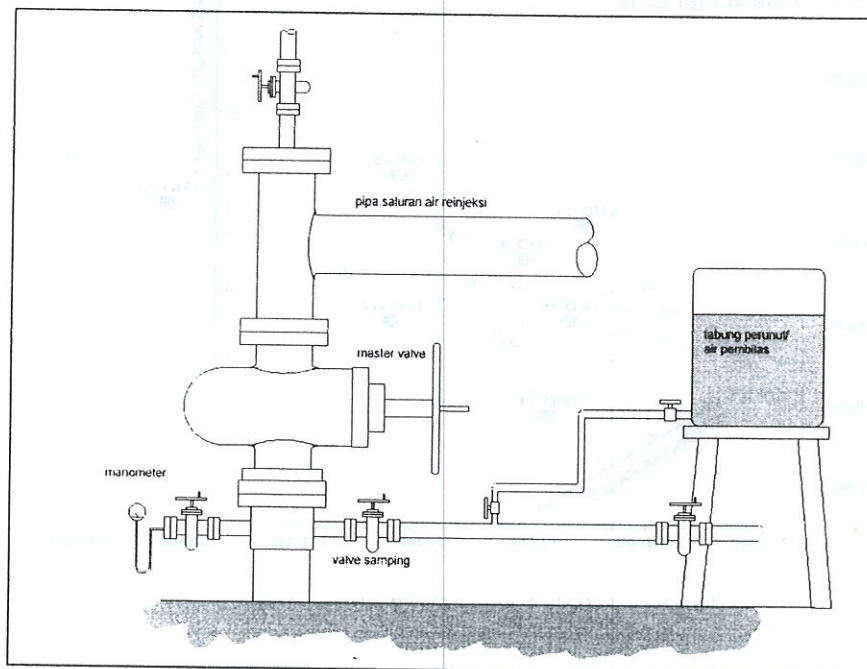
dimana $\delta_{A/r}$ = rasio isotop berat terhadap isotop ringan, R_A = rasio isotop berat dalam sampel terhadap standar, R_r = rasio isotop ringan dalam sampel terhadap standar.

Analisis tritium menggunakan peralatan LSC (*Liquid Scintillation Counter*) yang sebelumnya terlebih dahulu diperkaya (*enrichment*) dengan elektrolisis. Sebanyak 600 mL sampel air yang telah didestilasi ditimbang dan dimasukkan ke dalam sel elektrolisis bersama dengan 4 g Na_2O_2 . Sel tersebut dielektrolisis sampai berat sampel air mencapai kurang-lebih 20 gram. Sampel yang sudah dielektrolisis tersebut kembali didestilasi untuk menghilangkan pengotornya (5).

Setelah didestilasi, ditimbang sebanyak 10 g sampel ke dalam vial gelas dan ditambahkan larutan sintilator sebanyak 11 mL. Seluruh vial sampel dan standar dimasukkan ke dalam LSC untuk dicacah selama 1000 menit sehingga dapat ditentukan aktivitas tritium dalam sampel yang dinyatakan dalam satuan TU (Tritium Unit).

Analisis gas terdiri dari gas yang larut dalam larutan NaOH dan yang tak larut dalam NaOH. Untuk gas yang larut seperti CO_2 , H_2S , HCl dan HF analisis dilakukan menggunakan metode titimetri dan UV-vis. Sedangkan untuk gas yang tak larut seperti He, H_2 , Ar, N_2 dan CH_4 analisis dilakukan menggunakan Kromatografi Gas – Perkin Elmer dengan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*)(6).

Analisis kimia yang meliputi kation dan anion digunakan dengan berbagai metode. metode titrasi digunakan untuk analisis HCO_3^- , sebagai titran digunakan HCl dan NaOH. metode spektroskopi UV-Vis digunakan untuk analisis B, F, NH_4^+ , SiO_2 , Cl^- dan SO_4^{2-} dengan panjang gelombang yang berbeda-beda (spesifik). Sedangkan untuk semua analisis kation (Na, Mg, Ca dan Li) digunakan metode AAS (*Atomic Absorbption Spectroscopy*) dengan panjang gelombang yang juga berbeda-beda (spesifik) (7).

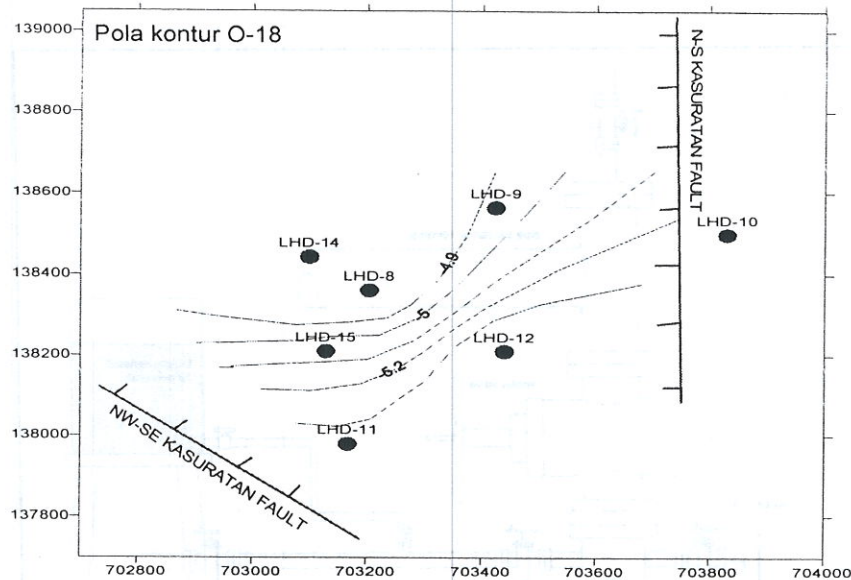


Gambar 1. Skema injeksi perunut tritium

HASIL DAN PEMBAHASAN

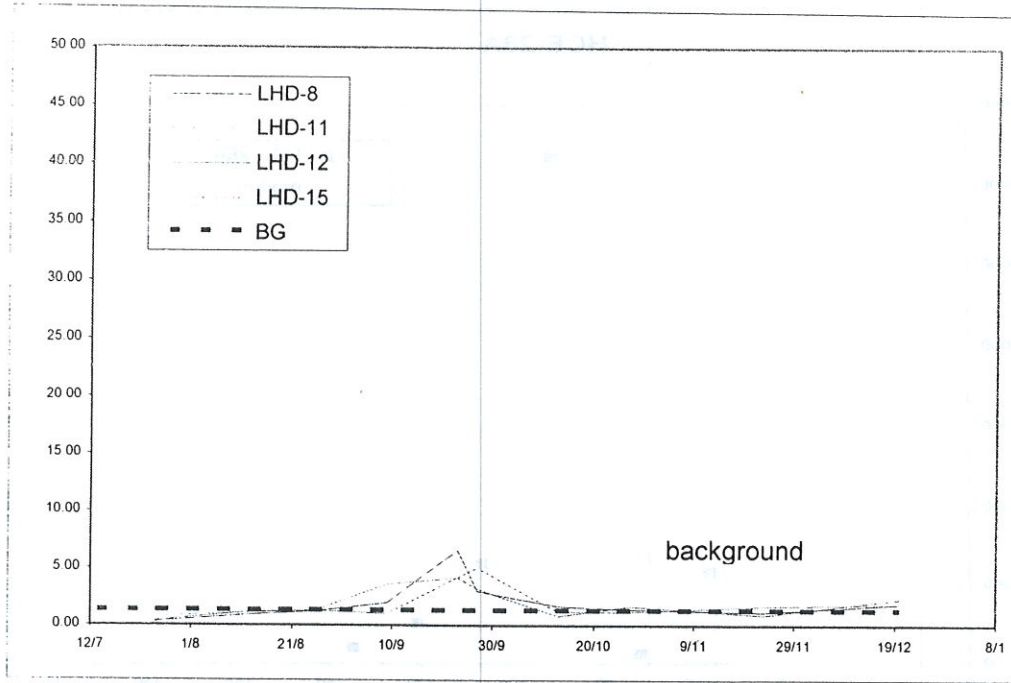
Kontur isotop ^{18}O dan temperatur terukur (*heating up*) menunjukkan pola aliran yang relatif mirip. Pola kontur isotop ^{18}O memperlihatkan lebih kaya di daerah utara-barat laut dan *depleted* di daerah selatan-tenggara. Sedangkan garis aliran pola kontur mempunyai arah barat daya - timur laut. Nilai $\delta^{18}\text{O}$ yang *depleted* di sebelah selatan dan tenggara (LHD-11 dan LHD-12) sangat berhubungan pola kontur klorida seperti yang dijelaskan di atas yang mengindikasikan adanya kemungkinan air *recharge* dari NE-SW dan N-S Kasuratan *fault* (gambar 2).

Injeksi radioperunut tritium sebesar 20 Ci dilakukan pada sumur reinjeksi LHD-7 yang berada sekitar 3-4 km sebelah timur *cluster* LHD-4. Monitoring (pengamatan) perunut untuk mengetahui adanya interkoneksi antara sumur reinjeksi dengan sumur produksi *cluster* LHD-4 dilakukan pada sumur LHD-8, LHD-11, LHD-12 dan LHD-15. dan manifestasi permukaan pada mata air panas Ranopasso (TDN). Data hasil cacahan fluktuasi terhadap waktu pengamatan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pola kontur O-18 cluster LHD-4.

Pada data tabel dan gambar, terlihat bahwa fluktuasi cacahan tritium pada keempat sumur produksi pada periode pengamatan berkisar antara 0.5 - 2 TU (*analytical error* \pm 1 TU). Setelah pengamatan bulan kedua nampak adanya fluktuasi yang relatif tinggi pada sumur LHD-11,12 dan 15 yang mempunyai konsentrasi antara 3 TU hingga 6 TU. Pada bulan ketiga sampai bulan keenam tritium menunjukkan nilai yang relatif kecil 0.47 sampai 2.34. Fluktuasi dari pengamatan keseluruhan kandungan tritium dari keempat sumur produksi tersebut belum merupakan adanya indikasi adanya anomali perunut yang kurang signifikan yang menunjukkan adanya interkoneksi antara sumur reinjeksi LHD-7 dengan sumur produksi cluster LHD-4. Munculnya anomali tritium secara signifikan selama 6 bulan setelah injeksi kemungkinan disebabkan oleh jarak yang relatif jauh antara sumur reinjeksi LHD-7 dengan cluster LHD-4, adanya hambatan oleh beberapa patahan yang menghambat aliran air reinjeksi dari timur ke arah barat dan hambatan pemanasan fluida maupun permeabilitas formasi. Dengan demikian aliran air reinjeksi dari sumur reinjeksi LHD-7 untuk mencapai cluster LHD-4 memerlukan waktu yang cukup lama. Perunut tritium dengan waktu paruh 12.43 tahun diharapkan masih dapat terukur pada sumur produksi untuk pengamatan hingga 3-4 tahun mendatang. Pengamatan perunut juga dapat dilakukan pada sumur produksi cluster LHD-5 yang akan dikembangkan pada waktu mendatang karena diperkirakan arah air reinjeksi kemungkinan juga akan menuju ke cluster LHD-5, disamping jaraknya yang relatif dekat (\pm 1-2 km) dan secara topografi diperkirakan arah aliran dapat menuju ke cluster LHD-5.

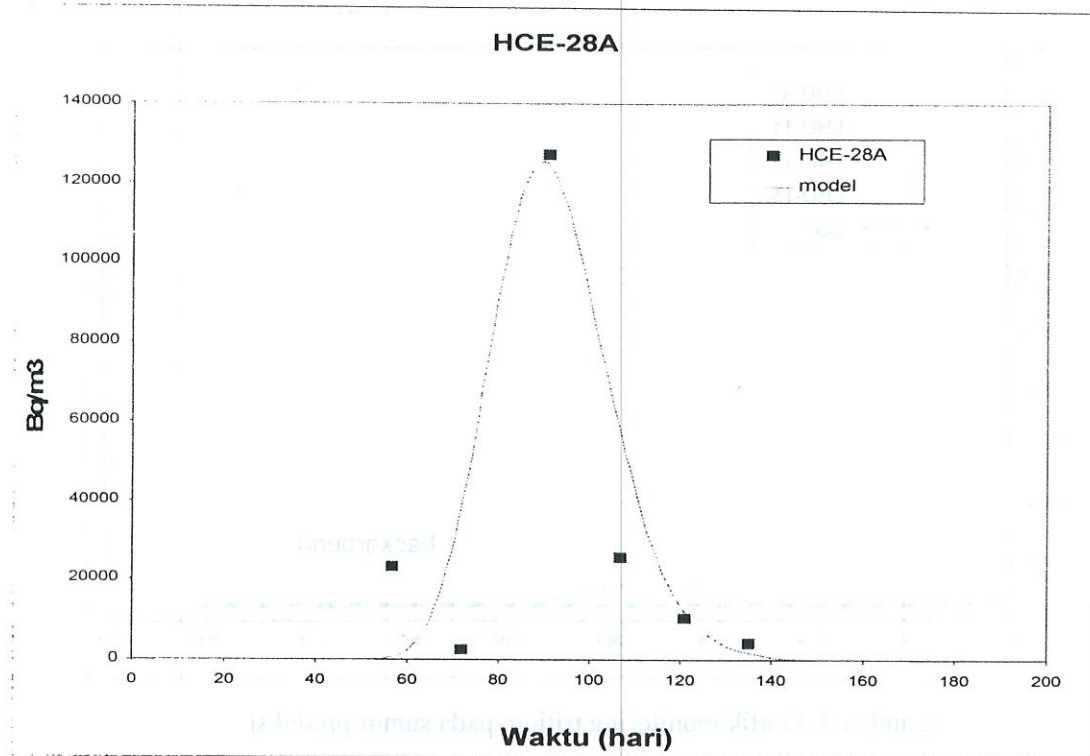


Gambar 3. Grafik monitoring tritium pada sumur produksi

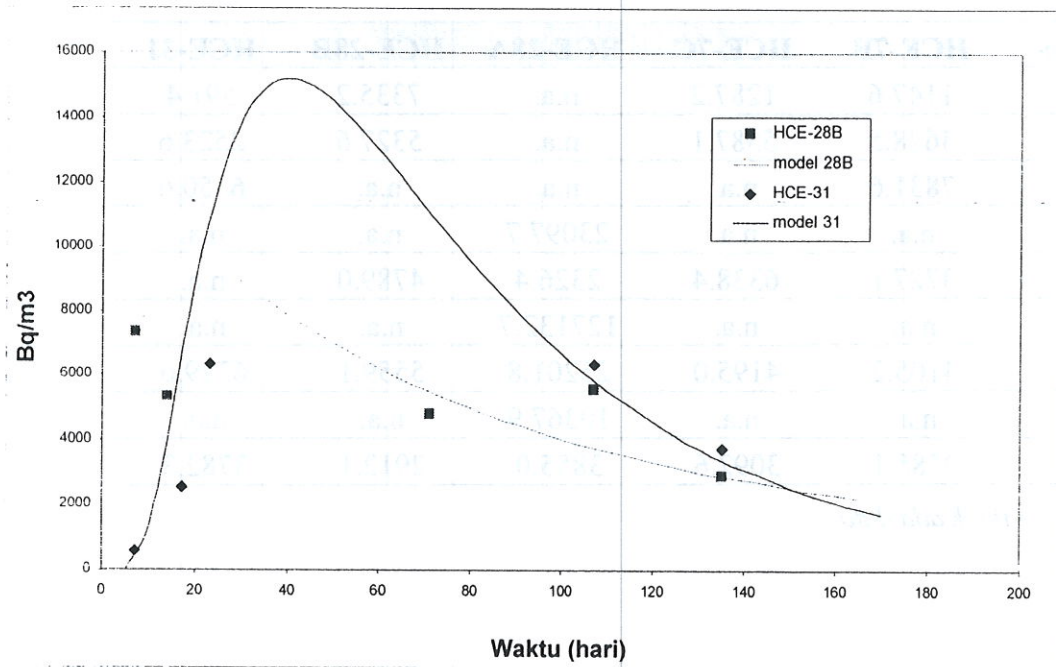
Tabel 4. Hasil monitoring perunut ¹²⁵I di sumur produksi (Bq/m³).

Hari ke-	HCE-7B	HCE-7C	HCE-28A	HCE-28B	HCE-31
7	1147.6	1287.2	n.a.	7335.2	591.4
14	5628.5	5587.1	n.a.	5327.6	2523.6
22	7831.6	n.a.	n.a.	n.a.	6350.6
57	n.a.	n.a.	23097.7	n.a.	n.a.
71	3727.1	6338.4	2326.4	4789.0	n.a.
91	n.a.	n.a.	127132.7	n.a.	n.a.
107	4105.2	4195.0	25201.8	5559.1	6329.6
121	n.a.	n.a.	10367.9	n.a.	n.a.
134	2585.1	3092.6	3855.0	2912.1	3782.3

n.a. = tidak ada data



Gambar 4. Kurva terobosan perunut ^{125}I pada sumur HCE-28A.



Gambar 5. Kurva terobosan perunut ^{125}I pada sumur HCE-28B dan HCE-31.

KESIMPULAN

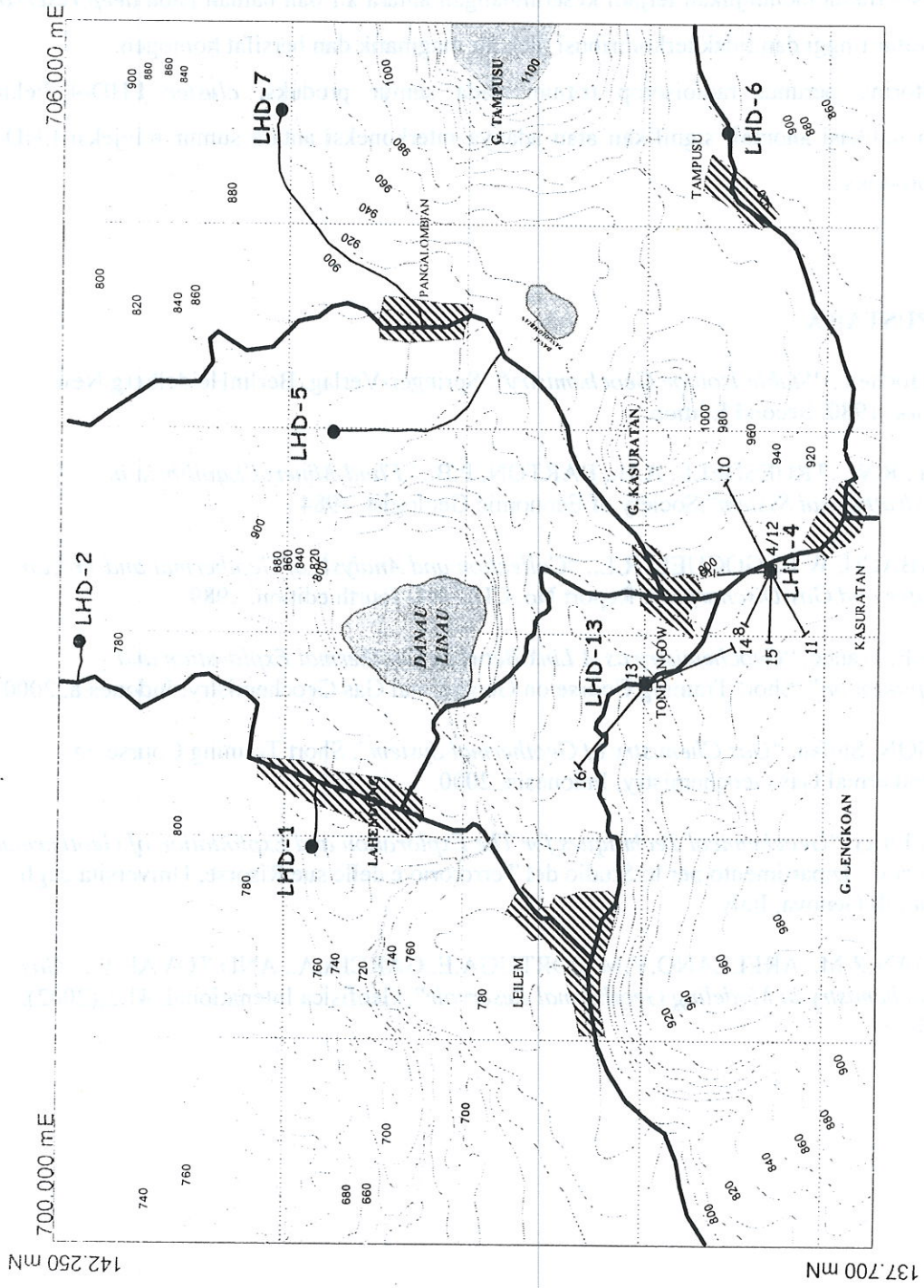
Fluida reservoir lapangan *cluster* LHD-4 berasal dari air meteorik yang *recharge* melalui penetrasi dalam dari daerah ketinggian antara 600 m hingga 900 m di atas permukaan laut. Aliran sistem reservoir berasal dari dua arah yaitu arah barat daya dan dari arah timurlaut.

Genesis fluida menunjukkan terjadi kesetimbangan antara air dan batuan pada *deep reservoir* pada temperatur tinggi dan tidak berkontribusi oleh air magmatik dan bersifat homogen.

Monitoring perunut radioisotop tritium pada sumur produksi *cluster* LHD-4 belum menunjukkan indikasi anomali signifikan atau adanya interkoneksi antara sumur reinjeksi LHD-7 dan sumur produksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. HOEFS, Jochen., "*Stable Isotope Geochemistry*", Springer-Verlag, BerlinHeidelberg New York, 1980, Second Edition.
2. HENLEY, R.W., TRUESDELL, A.H., BARTON, P.B., "*Fluid-Mineral Equilibria in Hydrothermal System*", Society of Economic Geologist, 1984.
3. GIGGENBACH, W.F., GOGUEL, R.L., "*Collection and Analysis of Geothermal and Volcanic Water and Gas Discharges*", Report No. CD 2401, fourth edition, 1989.
4. D'AMORE, Franco, "*Geochemistry as A Link Between Geothermal Exploration and Exploitation*", Short Training Course on Geothermal Gas Geochemistry, Indonesia, 2000.
5. ARNOSSON, Stefan, "*Gas Chemistry of Geothermal System*", Short Training Course on Geothermal Gas Geochemistry, Indonesia, 2000.
6. MARINI, Luigi, "*Geochemical Techniques for The Exploration and Exploitation of Geothermal Energy*", Dipartimento per lo Studio del Terrotorio e delle sue Risorse, Universita degli Studi di Genova, Italy.
7. BARRAGAN,R.M., ARELLANO,V.M.,PORTUGA,E.,GARCIA,A., AND TOVAR,E., "*Gas Geochemistry in Modeling Geothermal Reservoir*", Geofisica Intenational, 41,3,(2002), 243-254



Gambar 4. Lokasi pengambilan sampel Lapangan Lahendong

Tabel 1. Hasil analisis total discharge fluida elemen kimia terlarut

No. Sampel	pH	Cond. (□S)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Li ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	B (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SiO ₂ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)
1 LHD-8	5.17	1263.00	180.47	33.05	0.74	<0.1	0.61	1.39	22.19	35.06	316.84	659.88	11.52
2 LHD-11	5.50	1038.00	149.00	31.34	0.98	<0.1	0.84	1.66	23.85	36.24	301.81	603.72	24.88
3 LHD-12	5.15	1638.50	203.90	57.67	0.47	<0.1	1.91	0.99	24.37	20.64	354.75	736.25	45.57
4 LHD-15	5.30	1174.50	202.88	44.36	0.50	<0.1	1.21	0.89	21.43	24.97	314.86	652.68	8.76
5 LN-1	3.20	725.50	30.38	20.50	11.37	2.60	0.00	1.60	24.40	265.61	4.36	211.02	
6 LN-2	2.50	2790.00	239.39	65.95	34.72	19.43	0.55	1.47	21.45	642.52	209.84	342.96	
7 LN-3	5.00	84.80											
8 LN-4	4.30	280.00	55.22	21.22	0.18	0.24			2.46	73.88	3.83	85.07	
9 LL	7.00	1877.00	35.38	16.01	0.09	0.44	0.00	1.43	2.96	694.03	4.87	103.95	
10 TDN	6.00	1220.00	168.50	13.27	3.09	38.26	0.09	0.11	10.75	120.00	167.33	145.27	56.85
11 TDG	3.20	1448.00	5.70	1.66	0.14	0.24		0.10	2.13	125.82	3.53	73.85	

Tabel 2. Hasil analisis anion - kation

No.	Kode Sampel	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Li ⁺ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	As (ppm)	F (ppm)	B (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SiO ₂ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)
1	LHD-8 SCS	0.71	0.51	ttd	ttd	-	1.87	0.02	0.32	4.37	3.13	3.81	78.58	-
2	LHD-8 SPW	304.78	54.93	ttd	ttd	0.95	1.41	-	2.04	36.95	68.95	499.03	977.25	-
3	LHD-8 TC	218.25	36.84	ttd	ttd	0.89	2.18	0.03	1.39	26.38	23.28	312.28	704.63	33.32
4	LHD-11 SCS	0.49	0.23	ttd	ttd	-	2.32	0.03	0.38	2.98	4.25	4.16	65.59	-
5	LHD-11 SPW	186.81	49.18	ttd	ttd	1.49	2.49	-	2.02	38.06	69.4	478.84	906.00	48.28
6	LHD-11 TC	129.63	32.73	ttd	ttd	1.17	2.67	-	1.19	27.98	23.28	312.28	609.00	48.39
7	LHD-12 SCS	0.58	0.1	ttd	ttd	-	2.59	0.02	0.37	3.3	1.57	3.64	53.79	-
8	LHD-12 SPW	353.37	84.81	ttd	ttd	3.07	2.03	-	1.41	39.74	42.98	581.49	1397.71	22.21
9	LHD-12 TC	260.56	64.8	ttd	ttd	2.05	1.75	-	1.66	25.06	15.67	271.36	735	57.11
10	LHD-15 SCS	0.86	0.56	ttd	ttd	-	2.12	0.02	0.05	4.70	1.79	3.86	79.17	58.70
11	LHD-15 SPW	333.4	65.08	ttd	ttd	2.17	2.06	-	2.15	37.67	65.82	504.08	1012.50	4.76
12	LHD-15 TC	207.17	42.3	ttd	ttd	1.21	1.48	-	1.26	29.27	11.64	338.54	683.00	14.75
13	LN-1	48.16	33.55	0.09	0.25	0.005	0.73	-	0.85	24.55	355.97	3.33	128.15	-
14	LN-2	241.55	56.3	0.68	14.8	0.55	1.06	-	2.08	23.70	689.55	251.93	149.4	-
15	TDG	5.7	1.66	0.14	0.24	-	0.10	-	0.42	2.13	125.82	3.53	73.85	-
16	LL-1	35.38	16.01	0.09	0.44	0.001	1.43	-	1.22	2.96	694.03	2.83	103.95	-
17	TDN	168.5	13.27	3.09	38.26	0.09	0.11	0.04	0.65	10.75	120	167.33	145.27	56.85
18	LN-4	55.22	21.22	0.18	0.24	-	-	-	2.14	2.46	73.88	3.83	85.07	-
19	LN-3	-	-	-	-	-	-	-	0.50	-	-	3.48	-	-

Tabel 3. Hasil analisis gas

Kode Sampel	CO ₂		H ₂ S		NH ₃		H ₂		N ₂	
	mgram	mmol	mgram	mmol	mgram	mmol	milimol	mgram	milimol	mgram
LHD-8	1094.28	24.87	177.48	5.22	0.5436	0.03198	0.98955	1.97911	0.771456	21.60077
LHD-11	817.08	18.57	173.06	5.09	0.9702	0.05707	0.15163	0.30325	0.001641	0.045948
LHD-12	652.96	14.84	145.86	4.29	0.4284	0.0252	0.45922	0.91843	0.868395	24.31507
LHD-15	408.32	9.28	128.52	3.78	0.5238	0.03081	1.12893	2.25787	2.042801	57.19843
LN-3	8666.24	196.96	101.32	2.98	1.7298	0.10175	1.69569	3.39138	2.141432	59.96010
LL-1	8371.00	190.25	298.52	8.78	7.5114	0.44185	0.41932	0.83864	0.535439	14.99228

Kode Sampel	Ar		CH ₄		He		H ₂ O		%weight
	milimol	mgram	milimol	mgram	milimol	mgram	milimol	mgram	
LHD-8	0.03523	1.40912	0.00811	0.12983	0	0	14376.8	258783	0.498855
LHD-11	0.01747	0.69869	0.00237	0.03792	0	0	13668.8	246038	0.40165
LHD-12	0.05811	2.32433	0.00662	0.10589	0.06537	0.26149	15319.6	275753	0.299072
LHD-15	0.06465	2.58599	0.01235	0.19752	0	0	13946.7	251040	0.238278
LN-3	0.02999	1.19971	0.00383	0.06131	0.16902	0.67606	2003.63	36065.4	19.67612
LL-1	0.10617	4.24695	0.00081	0.01290	0	0	4580.16	82442.9	9.542596

DISKUSI

WINARTI

- 1. Apa yang digunakan sebagai dasar untuk pengambilan titik? Sampling.
- 2. Pada umur berapa sumber air bisa dikatakan sebagai sumber modern?

DJIJONO

- 1. Titik sampling dilakukan disumur semua produksi cluster 4 karena kita ingin mengetahui break through waktu tempuh) antara LHD 7 ke cluster 4
- 2. Umur air tanah modern sekitar 100 tahun dan lebih kecil dimana memiliki prosen modern carbon sekitar 100%

Waktu	CH ₄	CO ₂	TPH	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
11/02/12	0.06	2.34e-09	0.0076	0.0425	0
11/03/13	0.05815	2.25e-11	0.0092	0.0228	0.2919
11/03/14	0.0341	4.03e-11	0.00523	0.0207	0
11/03/17	0.0224	1.90e-12	0.0019	0.0209	0
11/03/18	0.0110	1.00e-11	0.0010	0.0110	0.0107
11/03/19	0.00921	6.00e-12	0.0007	0.0128	0.0128
11/03/20	0.0073	0.73	0.0004	0.0004	0.0004
11/03/21	0.0059	3.48	0.0003	0.0003	0.0003
11/03/22	0.0040	1.84	0.0002	0.0002	0.0002
11/03/23	0.0020	0.20	0.0001	0.0001	0.0001
11/03/24	0.0010	0.10	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/25	0.0005	0.05	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/26	0.0002	0.02	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/27	0.0001	0.01	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/28	0.0000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/29	0.0000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/30	0.0000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
11/03/31	0.0000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000