

PENGUKURAN ISOTOP ^{13}C PADA GAS CO_2 DALAM SAMPEL PANAS BUMI

Neneng Laksminingpuri dan Nurfadhlini
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN

ABSTRAK

PENGUKURAN ISOTOP ^{13}C PADA GAS CO_2 DALAM SAMPEL PANAS BUMI. Identifikasi isotop ^{13}C telah dilakukan menggunakan metode *preparation line* dan pengukuran komposisi ^{13}C dilakukan dengan menggunakan spektrometer massa. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa masing-masing sampel panas bumi yang telah disediakan adalah positif menghasilkan gas CO_2 yang merupakan identifikasi adanya isotop karbon-13. Selanjutnya diperoleh komposisi karbon-13 pada masing-masing sampel berada pada rentang nilai antara 0 sampai -10‰ PDB.

Kata kunci : isotop ^{13}C , *preparation line*, spektrometer massa

ABSTRACT

MEASUREMENT OF ^{13}C ISOTOPE CO_2 GAS IN GEOTHERMAL SAMPEL. Identification of ^{13}C was carried out using preparation line equipment and ^{13}C isotope composition was measured by using mass spectrometer. The results obtained showed that each geothermal sample produce CO_2 gas which indicate those geothermal samples contain ^{13}C isotope that have value between 0 and -10‰ PDB.

Key words: isotope ^{13}C , preparation line, mass spectrometer

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi Indonesia saat ini masih tergantung pada energi fosil sementara pemanfaatan energi terbarukan masih jauh dari target. Target pemanfaatan energi terbarukan pada tahun 2025 adalah 17 persen, sedangkan pemanfaatan yang dicapai baru 5 persen [1]. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, *mini/micro hydro* sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 KWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Saat ini pengembangan EBT mengacu kepada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam Perpres disebutkan kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17% dengan komposisi Bahan Bakar Nabati sebesar 5%, Panas Bumi 5%, Biomasa, Nuklir, Air, Surya, dan Angin 5%, serta batubara yang dicairkan sebesar 2%. Untuk itu langkah-langkah yang akan diambil

Pemerintah adalah menambah kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Mikro Hidro menjadi 2,846 MW pada tahun 2025, kapasitas terpasang Biomasa 180 MW pada tahun 2020, kapasitas terpasang angin (PLT Bayu) sebesar 0,97 GW pada tahun 2025, surya 0,87 GW pada tahun 2024, dan nuklir 4,2 GW pada tahun 2024. Total investasi yang diserap pengembangan EBT sampai tahun 2025 diproyeksikan sebesar 13,197 juta USD [2].

Pada saat ini potensi panas bumi untuk listrik baru 1200 mega watt atau kurang dari 4 persen dari potensi panas bumi di Indonesia. Selama ini pengembangan energi terbarukan khususnya panas bumi terganjal tidak adanya jaminan dari pemerintah untuk energi listrik yang sudah dihasilkan. Namun kini kendala itu sudah diatasi dengan dikeluarkannya peraturan Menteri Keuangan yang menjamin Perusahaan Listrik Negara (PLN) akan membeli listrik dari perusahaan jika harganya di bawah 9,7 sen maka pemerintah dalam hal ini PLN harus membeli listrik tersebut. Dengan begitu diharapkan pengembangan panas bumi untuk menghasilkan listrik bisa terus dipacu produksinya. Energi panas bumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Secara umum perubahan kenaikan temperatur terhadap kedalaman di kerak bumi adalah sekitar $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Jika diasumsikan temperatur rata-rata permukaan bumi adalah $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, maka di kedalaman 3 km, temperaturnya akan mencapai $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Akan tetapi temperatur tersebut kurang menguntungkan dari sisi ekonomis untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas bumi.

Dari pandangan ini, maka menjadi jelas bahwa sumber energi panas bumi yang potensial dan bernilai ekonomis tentunya hanya berada di lokasi tertentu dengan kondisi geologi yang khas. Untuk mendapatkan daerah yang potensial adalah dengan mencari keberadaan manifestasi panas bumi. Apabila di suatu lokasi ditemukan *fumarole* dan mata air panas, maka sudah pasti di bawahnya ada sumber panas bumi yang membuat temperatur air meningkat dan membuatnya keluar ke permukaan tanah sebagai mata air panas (fluida). Fluida panas bumi biasanya mengandung uap air, CO_2 , SO_2 , H_2S dan HCl . Dalam fluida panas bumi konsentrasi gas terlarut umumnya berkisar antara 0,05-1 %. Pada temperatur di atas $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ gas utama yang mempunyai kandungan 80-90 % dari total gas adalah CO_2 dan H_2S , sedangkan gas H_2 , NH_3 , N_2 dan CH_4 serta gas minor (*trace*) yang terdiri dari gas mulia Ar, He dan O_2 mempunyai jumlah <10 % dan sangat

bervariasi. Komposisi gas tersebut dikontrol oleh proses fisika seperti pendidihan dan segregasi uap-air, dan juga dikontrol oleh reaksi kimia antara gas dengan gas, gas dengan larutan dan gas dengan batuan yang berada dalam kesetimbangan fasa uap-cair [3].

Isotop adalah bentuk dari unsur yang nukleusnya memiliki nomor atom yang sama, jumlah proton di nukleus sama tetapi dengan massa atom yang berbeda. Isotop karbon-13 (^{13}C) memiliki 7 neutron dan 6 proton serta kelimpahannya di alam sebesar 1,109 % , memiliki massa isotop 13,0035 u dan nilai perputaran spin sebesar $-\frac{1}{2}$. Dalam ilmu kebunian, isotop ^{13}C memiliki serapan diferensial pada tanaman serta karbonat laut, sedangkan dalam geokimia air, dengan mengukur $\delta^{13}\text{C}$ dapat membedakan nilai air permukaan dan air tanah, sehingga nilai $\delta^{13}\text{C}$ dapat digunakan sebagai identifikasi sumber (*finger print*) [4].

Tujuan dari studi ini adalah untuk pengukuran isotop ^{13}C gas CO_2 dalam sampel gas panas bumi menggunakan spektrometer massa. Sampel gas CO_2 yang berasal dari gas panas bumi yang terlarut (*condensable gas*) diendapkan sebagai barium karbonat dengan penambahan larutan barium klorida jenuh. Endapan barium karbonat kemudian dipreparasi pada *preparation line* untuk menghasilkan gas CO_2 yang kemudian ditrap dengan botol sampel untuk selanjutnya diukur konsentrasi isotop ^{13}C nya menggunakan alat spektrometer massa.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan adalah larutan BaCl_2 jenuh, kertas saring, alat-alat gelas, larutan asam posfat, nitrogen cair, aseton yang didinginkan, botol sampel gas, dewar, ^{13}C *preparation line* , spektrometer massa.

Pengendapan sampel

Sampel gas CO_2 terlarut diendapkan sebagai BaCO_3 dengan penambahan larutan BaCl_2 jenuh, untuk menghindarkan adanya penyerapan CO_2 dari udara, maka ditambahkan aquades panas hingga penuh dalam wadah pengendap dan ditutup, biarkan

semalam dan keesokan harinya endapan didekantasi dan ditambahkan aquades panas kembali. Proses ini diulang sebanyak 3-5 kali, hingga pH larutan berkisar 7. Endapan kemudian disaring, lalu dikeringkan dalam oven, endapan yang sudah kering ditempatkan dalam wadah sampel tertutup.

Preparasi CO₂ dengan *Preparation Line*

Asam posfat dipipet 2 mL kedalam tabung pereaksi, kemudian masukkan sekitar 2 mg endapan BaCO₃ kedalam tip plastik, tip tersebut dimasukkan kedalam tabung pereaksi yang telah berisi larutan asam posfat secara berhati-hati. Selanjutnya tabung pereaksi divakumkan melalui *preparation line*, setelah vakum tabung digoyang hingga endapan bereaksi dengan asam posfat membentuk gas CO₂, diamkan semalaman agar pembentukan gas optimal.

Trapping gas CO₂ dengan preparation Line

Preparation line divakumkan beberapa saat, lalu tabung pereaksi berisi gas CO₂ yang telah direaksikan dan tabung pereaksi kosong disambungkan ke line, vakumkan bagian sambungan tersebut. Setelah vakum (ditunjukkan oleh *digital pirani gauge* pada tekanan 10⁻² mbar), buka perlahan tutup tabung pereaksi, sehingga gas mengalir ke tabung peraksi kosong. Perpindahan gas ke tabung pereaksi kosong dapat diketahui melalui tekanan yang ditunjukkan pada *digital pirani gauge* (10¹ – 10² mbar). Air yang terkandung dalam tabung pereaksi akan terperangkap dalam dewar yang berisi aseton yang telah didinginkan menggunakan alat *cryocool* pada temperatur -70 °C, sedangkan gas CO₂ akan membeku pada tabung pereaksi kosong yang dicelupkan kedalam dewar yang berisi N₂ cair (-195 °C). Gas CO₂ yang terbentuk akan terlihat menempel di dinding tabung pereaksi kosong seperti salju. Selanjutnya *line* dibuka untuk menghilangkan sisa-sisa gas pengotor, lalu divakumkan kembali untuk trap sampel berikutnya.

Pengukuran konsentrasi isotop ^{13}C

Untuk mengetahui konsentrasi isotop ^{13}C sampel, maka tabung pereaksi yang berisi gas CO_2 diukur menggunakan alat spektrometer massa VG SIRA 9. Perhitungan konsentrasi ^{13}C sampel menggunakan formula sebagai berikut :

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{Spl}} - \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{Std}}}{\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{Std}}} \text{‰}$$

dimana :

$\delta^{13}\text{C}$ = konsentrasi C-13 sampel dalam ‰

$\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{Spl}}$ = ratio $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ sampel

$\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}_{\text{Std}}$ = ratio $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ standar PDB (Pee Dee Belemnite)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan secara kualitatif terhadap sampel yang diproses menggunakan alat *preparation line* tercantum pada Lampiran 1.

Dari hasil pengamatan pada Lampiran 1, maka didapatkan hasil penjebaran gas CO_2 dalam tabung pereaksi, hal ini terjadi oleh karena adanya efek Joule-Thomson [6][10]. Bila suatu gas dimasukkan ke dalam wadah yang terisolasi dengan cepat diberi tekanan, karena adanya tekanan tersebut akan meningkatkan kinetika molekul gas, proses ini disebut dengan kompresi adiabatik. Bila gas kemudian dikembangkan dengan cepat melalui lubang kecil, maka temperatur gas akan menurun, hal ini ditunjukkan dengan terbentuknya endapan putih salju pada tabung pereaksi.

Gas yang terperangkap dalam tabung pereaksi selanjutnya diukur dengan menggunakan alat spektrometer massa untuk mengetahui konsentrasi isotop ^{13}C nya yang dibandingkan terhadap standar PDB (Pee Dee Belemnite), data hasil pengukuran isotop ^{13}C tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran konsentrasi isotop ^{13}C

Sampel	‰ PDB
14	-1.11
33	-3.51
49	-5.11
51	-1.38
56	-7.67
57	-5.84
62	-2.02
65	-1.13
67	-4.29
71	-1.91
73	-3.25
75	-3.14
76	-1.26
CHR-A	-0.79

Dari tabel tersebut terlihat bahwa rentang nilai komposisi ^{13}C CO_2 berkisar antara -0.79 ‰ hingga -7.67 ‰ PDB, nilai komposisi isotop ^{13}C tersebut merupakan tipikal fluida geothermal. Nilai komposisi isotop ^{13}C dipengaruhi oleh asal-usul gas CO_2 yang terkandung dalam sampel panas bumi, nilai komposisi ^{13}C sampel gas panas bumi berada dalam kisaran 0 hingga -10 ‰ PDB [5][7][8]. Variasi nilai komposisi ^{13}C dapat berubah menjadi *depleted* ataupun *enrich* kemungkinan berasal dari interaksi antara air meteorik (nilai $\delta^{13}\text{C}$ -15 ‰) yang berinteraksi dengan batuan karbonat (nilai $\delta^{13}\text{C}$ 5 hingga -5 ‰) di dalam reservoir panas bumi.

Gas CO_2 , sebagaimana air, juga mengalami berbagai siklus di bumi baik secara fisik maupun kimia (sintesis hidrokarbon, pembakaran hidrokarbon, deposisi karbonat, dan lain-lain). Selama proses tersebut isotop ^{13}C dapat mengalami pertukaran antar fasa yang spesifik, sehingga komposisi ^{13}C dapat digunakan sebagai *finger print* asal-usul gas CO_2 maupun CH_4 [9].

KESIMPULAN

1. Isotop ^{13}C teridentifikasi menggunakan alat *preparation line* menghasilkan gas CO_2 yang ditandai dengan adanya endapan putih salju yang menempel di dinding tabung pereaksi.
2. Hasil pengukuran isotop ^{13}C sampel gas panas bumi berada dalam komposisi rentang 0 sampai -10‰ (*magmatic* CO_2).

DAFTAR PUSTAKA

1. www.antaraneews.com, Pemanfaatan Energi Terbarukan Masih Jauh Dari Target, 22 April 2013.
2. qualityactionindonesia.com, Energi Terbarukan di Indonesia, 22 April 2013.
3. Arnorsson, S., 1990, *Gas Chemistry of Geothermal Systems*, in: *Geochemistry of Gaseous Elements and Compounds*, Theophrastus Publications, Greece.
4. Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E., 1985, *New gas geothermometers for geothermal exploration – Calibration and application*, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 49, pp. 1307 – 1325
5. Birkle, P., Merkel, B., Portugal, E., Torres-Alvarado, I.S., 2001, *The origin of reservoir fluids in the geothermal field of Los Azufres, Mexico – isotopical and hydrological indications*, *Applied Geochemistry* vol 16, pp. 1595 – 1610
6. Blognesi, L., 2011, *The oxygen isotope exchange between carbon dioxide and water in the Larderello geothermal field (Italy) during fluid reinjection*, *Geothermics* vol 40, pp 181 – 189
7. Clark, I., Fritz, P., 1997, *Environmental isotopes in hydrogeology*, Lewis Publisher, New York
8. D'Amore, F., Ramos-Candelaria, M.N., Seastres Jr., J.S., Ruaya, J.R., Nuti, S., 1993, *Applications of gas chemistry in evaluating physical processes in the southern Negros (Palinpinon) geothermal field, Philippines*, *Geothermics*, vol 22, pp. 535 – 553
9. Gherardi, F., Panichi, C., Gonfiantini, R., Magro, G., Scandiffio, G., *Isotope systematics of C-bearing gas compounds in the geothermal fluids of Larderello, Italy*, *Geothermics* vol 34 (2005), pp 442 – 470
10. Giggenbach, W.F., 1980, *Geothermal gas equilibria*, *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol 44, pp. 2021 – 2032

Lampiran 1

Hasil pengamatan proses *trapping* gas CO₂ dengan alat *preparation line*

Sampel	Hasil	Keterangan
14	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
33	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
49	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
51	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
56	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
57	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
62	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
65	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
67	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
71	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
73	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
75	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
76	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+
CHR-A	Terbentuk endapan putih salju pada tabung pereaksi	+

Keterangan : + = bila terbentuk endapan salju pada tabung pereaksi.

DISKUSI

M. NATSIR

Pada tekanan berapa preparation line bekerja dalam keadaan vakum ?

NENENG LAKSMININGPURI

Kondisi vakum ditunjukkan oleh digital piranti gauge pada tekanan 10^{-2} pada tekanan 10^{-2} mbar. Indikasi sampel gas CO^2 telah berpindah ke tabung pereaksi kosong adanya kenaikan pada digital pirani gauge pada tekanan $10^{-1} - 10^2$ mbar.



1. (12/10)

10/10/19

1. (12/10) - 10/10/19

10/10/19

10/10/19