

MODEL KELUARAN AIRTANAH LEPAS PANTAI (KALP) DI PULAU LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT BERDASARKAN DATA GEOLISTRIK DAN RADON

Hendra Bakti¹, Robert Delinom¹, Dadan Dani¹, Igna Hadi S¹, dan Rachmat Fajar Lubis¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
E-mail: hendra.bakti@geotek.lipi.go.id

Abstrak

Penelitian keluaran airtanah di lepas pantai (KALP) merupakan suatu penelitian baru yang saat ini sedang terus dikembangkan. Selain sebagai salah satu pengontrol tingkat salinitas lingkungan biota terumbu, KALP dapat menjadi potensi sumber pencemar dan alternatif penyediaan air bersih di wilayah pesisir dan pantai. Identifikasi dan analisa KALP telah dilakukan di daerah Pantai Papak Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Identifikasi KALP dilakukan dengan melakukan pengukuran geolistrik metode tahanan jenis, sifat kimia fisik air dan unsur penjejak ²²²Rn pada lokasi terpilih di lintasan laut dan airtanah di daratan. Indikasi kehadiran KALP dijumpai dalam bentuk mata air bawah laut maupun rembesan yang dicirikan dengan adanya kandungan ²²²Rn tinggi dan kandungan salinitas yang rendah. Model bawah permukaan KALP yang dibuat berdasarkan gabungan hasil interpretasi dari metode-metode di atas menunjukkan keluaran airtanah di lepas pantai ini dikendalikan oleh kondisi geologi dan kecepatan aliran airtanah.

Kata kunci: Keluaran airtanah di lepas pantai, geofisika, ²²²Rn, Pulau Lombok.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai Negara Kepulauan terdiri dari kurang lebih 13.000 pulau (KKP, 2010 dalam Bakosurtanal, 2011) baik besar, kecil maupun sangat kecil dan panjang garis pantai ± 95.181 Km (UN, 2008 dalam Bakosurtanal 2011). Wilayah pesisir dan pulau kecil memiliki sejumlah keunggulan di antaranya adalah letaknya dekat dengan lautan dan kaya akan sumber daya seperti perikanan laut dan pariwisata bahari. Sejumlah keunggulan tersebut telah dijadikan dasar bagi kegiatan ekonomi di wilayah pesisir dan pulau kecil sebagai salah satu penyokong sumber pendapatan negara.

Salah satu potensi sumber daya air di wilayah pesisir adalah keluaran airtanah lepas pantai (KALP) yang dikenal sebagai *submarine groundwater discharge (SGD)*. Di dunia internasional pengetahuan tentang KALP, berkembang sejak akhir tahun 2000 (Burnet dkk, 2000), dimana hasilnya terekam dalam jurnal dan atlas dunia mengenai SGD. Sementara itu SGD di Indonesia belum terekam dalam atlas tersebut karena fenomena ini belum banyak dikaji dan diteliti, padahal Indonesia mempunyai wilayah pesisir yang sangat luas dengan ribuan pulau kecil yang memiliki SGD.

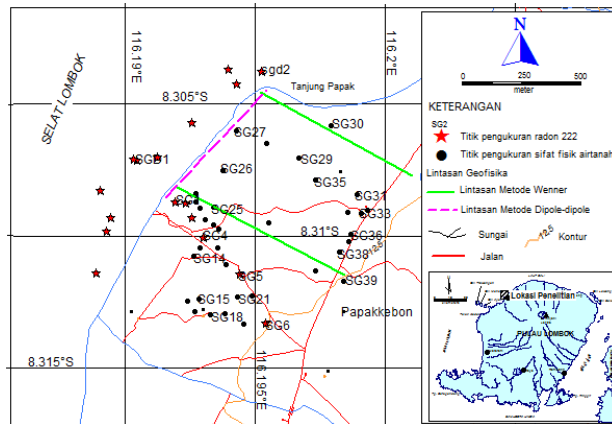
Kehadiran keluaran airtanah di wilayah pesisir berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan laut serta dapat digunakan sebagai alternatif air bersih bagi wilayah pesisir dan pulau kecil (Taniguchi dkk, 2005). Berdasarkan kenyataan ini maka pengetahuan tentang keragaman potensi sumber daya air di berbagai kondisi tersebut sangat penting untuk menentukan strategi pengelolaan sumberdaya air serta pengelolaan wilayah pesisir dan pulau kecil yang berkelanjutan.

Lokasi penelitian berada di daerah pantai Papak, Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian merupakan tujuan wisata penyelaman yang memiliki aneka ragam spesies biota laut serta koral biru (*blue coral*) yang jarang ditemukan di tempat lain. Adapun tujuan penelitian adalah membuat model dari keluaran airtanah di lepas pantai (KALP) dengan mengetahui kondisi bawah permukaan lapisan pembawa air (akifer) di lokasi penelitian.

METODOLOGI

Metode penelitian yang dipakai dalam penelitian adalah pemetaan hidrogeologi dan pemetaan hidrokimia terhadap unsur-unsur terpilih di lapangan. Pemetaan hidrogeologi meliputi pengukuran geolistrik metode

tahanan jenis dengan konfigurasi Wenner dan Dipole-dipole dengan bentangan maksimum 350 m, pengamatan lapisan batuan pembawa air pengukuran muka airtanah. Pemetaan hidrokimia meliputi pengukuran radon dan sifat fisik air yang meliputi daya hantar Listrik (DHL), sifat keasaman air (pH), temperatur air dan muka airtanah. Titik-titik lokasi pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.

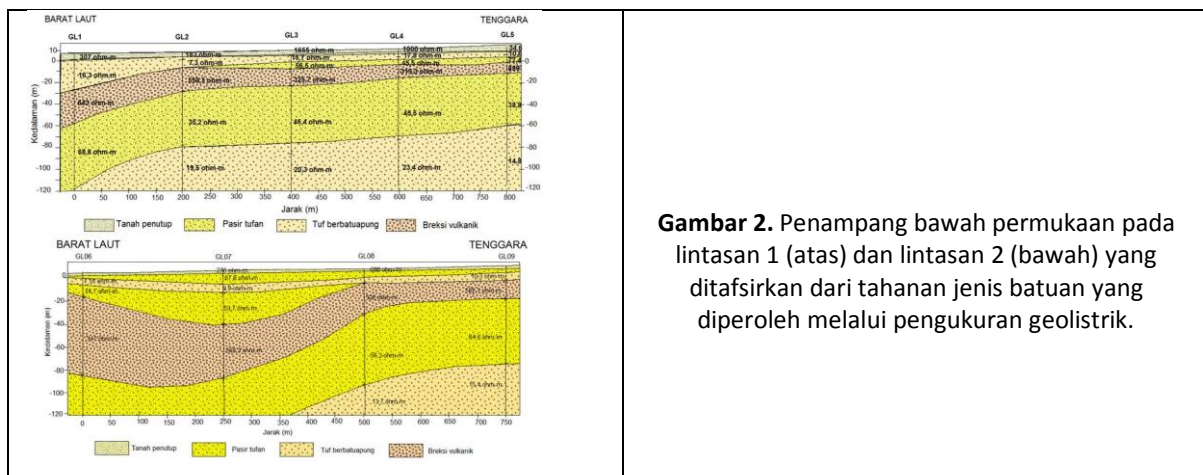


Gambar 1. Titik-titik pengukuran Rn^{222} , sifat fisik airtanah dan lintasan geolistrik di Pantai Papak, Kab. Lombok Utara, Pulau Lombok

HASIL DAN DISKUSI

Pantai Papak merupakan pantai datar dengan garis pantai relatif lurus. Di permukaan, pantai disusun oleh endapan aluvial pasir lepas (*unconsolidated clean sand*) yang berukuran pasir sedang sampai pasir sangat kasar. Kearah daratan morfologinya semakin bergelombang yang disusun oleh material vulkanik berupa tufa halus-kasar dan batupungpung berukuran kerikil. Sedangkan dari garis pantai kearah laut, didominasi oleh terumbu karang dengan permukaan relatif runcing membentuk tonjolan-tonjolan kecil. Batimetri di sekitar pantai berkisar antara -1 m s/d -15 m. Di Pantai Papak ditemukan tiga titik KALP dengan jarak kurang lebih 100 m dari garis pantai. Secara visual KALP hadir sebagai mata air dasar laut (*springs submarine/springs discharge*) pada kedalaman sekitar 8 - 10 m.

Nilai tahanan jenis batuan yang terukur di lokasi penelitian bervariasi dari satuan sampai ribuan ohm-meter. Berdasarkan nilai tersebut ditafsirkan kondisi bawah permukaan seperti dalam Gambar 2. Sementara itu Rn^{222} terdeteksi pada semua titik identifikasi seperti pada Tabel 1.



Gambar 2. Penampang bawah permukaan pada lintasan 1 (atas) dan lintasan 2 (bawah) yang ditafsirkan dari tahanan jenis batuan yang diperoleh melalui pengukuran geolistrik.

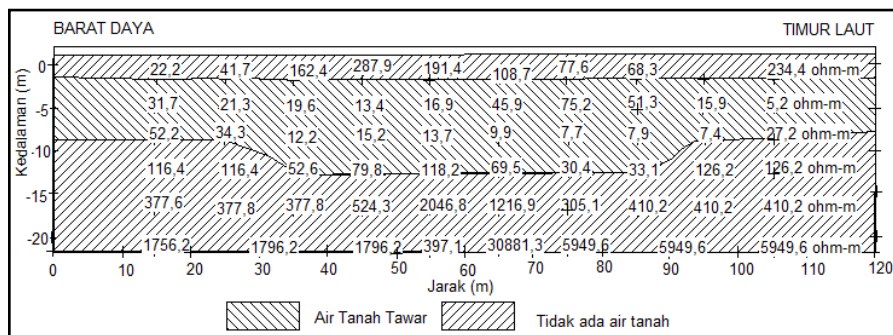
Tabel 1. Hasil pengukuran sifat fisik air dan Radon-222

Lokasi	EC (ms/m)	pH	T (oC)	Muka air tanah (m)	Radon-222 (dpm/L)	Keterangan
1			29,5		15638,50	Laut
2			29		22285,83	Laut
3			28,5		19217,67	Laut
4			28		16,82	Laut
5			28		14497,10	Laut
6			28		16682,83	Laut
SG1	116,9	7,23	26,3	1,6	38569,98	Sumur Gali
SG2	93,8	7,06	25,9		22491,86	Sumur Gali
SG3	87	7,05	26,4	1,5	48255,13	Sumur Gali
SG4	89,4	7,39	27,4	2,2	27936,83	Sumur Gali
SG5	67,6	7,33	27,2	4,2	15511,20	Sumur Gali
SG6	72,7	7,58	26,5	10,3	89684,31	Sumur Gali
SGD1a=sgd1	4,97 s/m	8,11	28,2		17756,62	Mata air bawah laut-1
sgd2=sgd1b	4,75s/m	8,06	27,2		89289,11	Mata air bawah laut-2

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik (Gambar 2) diduga terdapat dua sistem akuifer di daerah penelitian yaitu akuifer bebas (*unconfined*) dan akuifer semi tertekan (*semi confined*) yang masing-masing dibentuk oleh batuan. Tuf berbatu apung (nilai tahanan jenis 7,3 ohm-m s/d 17,8 ohm-m) dan Pasir tufaan (45,5 ohm-m – 74,1 ohm-m).

Akuifer bebas relatif menebal dan membentuk cekungan kearah pinggir pantai, dengan ketebalan mencapai 30 – 40 m. Akuifer tersebut berangsur menipis ke arah daratan, dengan ketebalan mencapai 10 m. Bertindak sebagai lapisan pembawa dan penyimpan air adalah Tuf berbatu apung (nilai tahanan jenis 7,3 ohm-m s/d 17,8 ohm-m) dan Pasir tufaan (45,5 ohm-m – 74,1 ohm-m). Pada lintasan 1, di sekitar pinggir pantai, Tuf berbatu apung dijumpai pada kedalaman 3 – 30 meter. Sedangkan ke arah daratan Tuf batuapung semakin tipis dan dijumpai pada kedalaman 3 – 10 meter. Kearah pinggir pantai bagian atas Tuf berbatu apung ditutupi pasir aluvial dengan ketebalan 2 m s/d 3 m. Pasir tufaan dijumpai membaji pada lintasan 1 dan ditemukan sekitar 200 meter dari pinggir pantai ke arah daratan dengan ketebalan relatif seragam yaitu 5 m. Sedangkan pada lintasan 2, sistem akuifer bebas terdiri dari pasir tufaan dengan sisipan tuf berbatuapung. Pasir tufaan dijumpai pada kedalaman 2-7 m dan 15 – 35 m. Lapisan pertama Pasir tufaan melampar jauh ke daratan sampai 750 meter dari pinggir pantai. Sedangkan lapisan ke dua merupakan lapisan Pasir tufaan yang membaji pada jarak 500 meter dari pinggir pantai. Tuf berbatu apung melampar sejauh 750 m ke daratan yang terdapat pada kedalaman 7 m s/d 12 m. Akuifer bebas dan semi tertekan dipisahkan oleh lapisan semi penyekat berupa batuan breksi tufa. Pada lintasan 1 breksi tufa dijumpai pada kedalaman yang bervariasi dari 10 s/d 20 m, 10 s/d 40 m dan 30 s/d 60 m. Sedangkan pada lintasan 2, breksi tufa terdapat pada kedalaman 10 s/d 20, 40 s/d 80 m dan 20 s/d 80 m.

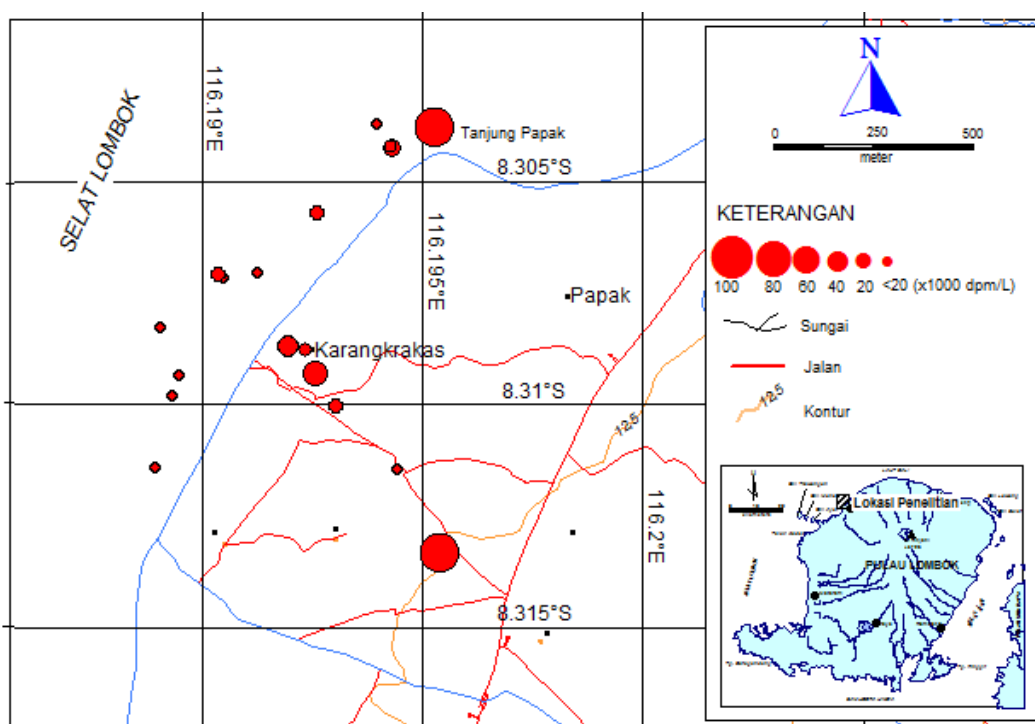
Akuifer semi tertekan dijumpai di bawah lapisan semi penyekat berada pada kedalaman bervariasi > 20 m s/d 120 m. Sama halnya dengan akuifer bebas, batuan yang bertindak sebagai lapisan akuifer adalah pasir tufaan dan tuf berbatu apung. Pasir tufaan mempunyai nilai tahanan jenis antara 35,2 ohm-m s/d 68,8 ohm-m, sedangkan nilai tahanan jenis tuf berbatu apung adalah 13,7 ohm-m s/d 20,3 ohm-m. Pasir tufaan pada lintasan 1, dijumpai pada kedalaman 20 m s/d 60 m, 30 m s/d 80 m dan 40 m s/d 80 m, sedangkan pada lintasan 2, Pasir tufaan terdapat pada kedalaman 30 m s/d 80 m, 35 m s/d 100 m. Di bawah Pasir tufaan adalah tuf berbatu apung pada kedalaman > 60 m, >80 m dan > 100 m.



Gambar 3. Penampang bawah permukaan yang ditafsirkan dari tahanan jenis batuan berdasarkan metode dipole-dipole

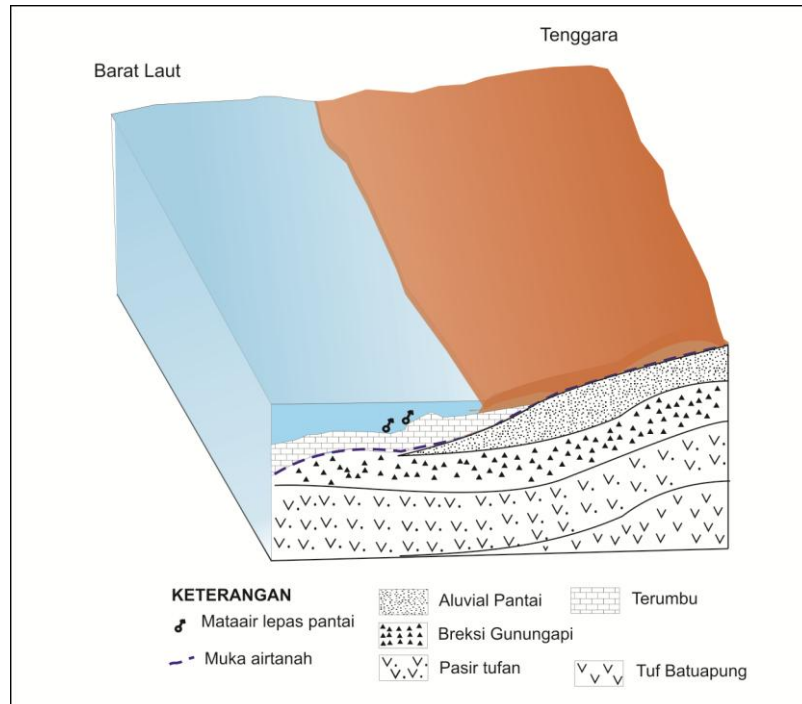
Sifat fisik air pada air tanah tidak tertekan di wilayah Pantai Papak sampai jarak 20 m dari pinggir pantai ke arah daratan pun air bersifat tawar dengan daya hantar listrik air < 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Muka airtanah bervariasi pada kedalaman 1 m s/d 2 m dari muka tanah setempat. Hal tersebut juga ditunjang dengan hasil pengukuran geolistrik metode dipole-dipole pada lintasan sejajar pantai yang berjarak 5 meter dari garis pantai ke arah daratan (Gambar 6), dimana tidak dijumpai nilai tahanan jenis yang kontras kecil. Rata-rata nilai tahanan jenis menunjukkan harga lebih besar dari 10 ohm-m yang diduga merupakan air tanah bersifat tawar. Beberapa tempat dijumpai air tanah bersifat payau dengan tahanan jenis < 5 ohm-m.

Berkaitan dengan dinamika temporal, hubungan antara airtanah tawar yang berasal dari daratan dengan air laut, tidak terekam sama sekali dari data geolistrik yang diukur di daratan. Boleh jadi pengaruh pasang surut air laut tidak mengganggu sistim tata air tanah tawar yang berada di daratan. Hal ini dimungkinkan karena dua faktor dominan yaitu belum adanya faktor antropogenik yang berlebihan ataupun adanya gradien hidraulik air dari daratan yang sangat besar. Bukti lapangan menunjukkan bahwa faktor terakhir lebih berperan yaitu dijumpainya KALP. Demikian juga bidang batas antara airtanah tawar dengan air laut tidak terekam pada data geolistrik, diduga bidang tersebut masih jauh di kedalaman (>120 meter).



Gambar 4. Distribusi radon-222 di Pantai Papak, Kabupaten Lombok Utara, Pulau Lombok

Namun relasi tersebut terekam dengan jelas dari data Radon-222. Radon-222 terdeteksi pada airtanah dan air laut di sekitar Pantai Papak (Gambar 4), dimana semakin ke daratan konsentrasi radon pada airtanah lebih besar bila dibanding dengan konsentrasi radon pada air laut disekitar pantai. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian para ahli di berbagai tempat di dunia (Segovia and Bulbulian, 1992; Burnett dkk., 2008; Duailova, dkk., 2007; Umezawa, dkk 2009) dimana konsentrasi ^{222}Rn lebih tinggi pada airtanah bila dibandingkan dengan air permukaan atau air laut. Sementara itu berkaitan dengan konsentrasi radon yang bervariasi pada airtanah diduga karena adanya sumber batuan yang berlainan, Skeppstromps dan Olofsson (2007) menyatakan bahwa perbedaan konsentrasi radon pada airtanah mengindikasikan airtanah berasal dari batuan yang berlainan. Sedangkan menurut Umezawa, dkk, 2009 rendahnya konsentrasi radon pada airtanah berkaitan dengan rendahnya sumber kandungan uranium atau radium. Dapat disimpulkan bahwa keluaran airtanah di lepas pantai dapat diidentifikasi dengan keluaran yang bisa berasal dari satu atau lebih sistem airtanah yang berasal dari daratan.



Gambar 5. Model fisik keluaran airtanah di lepas pantai Pantai Papak, Lombok.

Model fisik KALP yang dibuat berdasarkan data geolistrik yang diperoleh di wilayah Papak digambarkan seperti yang tertuang dalam Gambar 5. Pada gambar tersebut tampak bahwa aliran airtanah dari sistem akifer bebas dan semi tertekan berinteraksi pada akifer media terumbu yang menghasilkan suatu kompleks keluaran airtanah di lepas pantai.

KESIMPULAN

Pengamatan keluaran airtanah di lepas pantai (KALP) di Pulau Lombok, memberikan gambaran yang baik mengenai bentuk keberadaan mataair lepas pantai. Aplikasi penggunaan alat penjejak radon (Rn^{222}) dan uji sifat kimia fisik air merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk melihat indikasi awal dari keluaran airtanah di lepas pantai ini.

Pengukuran geolistrik dengan menggunakan metode tahanan jenis pada wilayah Pantai Papak, Lombok telah memberikan gambaran bawah permukaan yang cukup baik. Gambaran ini berupa sebaran dua sistem airtanah di wilayah ini yaitu airtanah bebas dan airtanah semi tertekan. Kedua sistem inilah yang diduga bermuara secara berdekatan dilepas pantai sehingga memberikan kondisi aliran airtanah yang memungkinkan untuk munculnya mataair di bawah laut. Model bawah permukaan KALP yang dibuat berdasarkan gabungan hasil interpretasi dari metode-metode di atas menunjukkan keluaran airtanah di lepas pantai ini dikendalikan oleh kondisi geologi dan kecepatan aliran airtanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Pejabat Pembuat Komitmen DIPA-2011, semua pimpinan dan staf di Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI sehingga penelitian ini berlangsung dengan lancar. Ucapan terimakasih Pemerintah Daerah Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat yang telah mengizinkan penelitian, UPT Loka Pengembangan Bio Industri Laut Mataram, LIPI serta berbagai pihak yang telah membantu terselenggaranya penelitian ini baik selama di lapangan maupun di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal, 2011. Nama Pulau Demi Jumlah. URL : <http://www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/nama-pulau-demi-jumlah>.
- Burnett W.C, Peterson R, Moore W.S, Oliveira J, 2008. *Radon and radium isotopes as tracers of submarine groundwater discharge Results from the Ubatuba, Brazil SGD assessment intercomparison*, Estuarine, Coastal and Shelf Science 76, p.501-511, Elsevier.
- Burnett, W.C., M. Taniguchi, and J. Oberdorfer, 2000. *Measurement and significance of the direct discharge of groundwater into the coastal zone*. Jour. Sea Research.
- Dulaiova H., Gonnee M.E., Henderson P.B., Charette M.A., 2007. *Geochemical and physical sources of radon variation in a subterranean estuary — Implications for groundwater radon activities in submarine groundwater discharge studies*. Marine Chemistry 110 (2008) 120–127, www.elsevier.com/locate/marchem.
- Segovia N. and Bulbulian S, 1992. *Radon determination in ground water*, Revista Mexicana de Física 38, Suplemento 1 (1992) 242-248.
- Skeppstromps K dan Olofsson B, 2007. *Uranium and Radon in Groundwater : An Overview of the Problem*, European Water, 17/18: 51-62, E.W Publications.
- Taniguchi M, Burnett W.C, Dulaiova H, Siringan F, Foronda, J.M, Wattayakorn G, Rungsupa S, Kontar E.A, Shirshov P.P., McManus L., 2005. *Groundwater Discharge as an Important Land-Sea Pathway in Southeast Asia*. Final Report for APN Project 2004-16NSY
- Umezawa Y, Onodera S, Ishitobi T, Hosono H, Delinom R, Burnett W.C and Taniguchi M, 2009. *Effect of urbanization on the groundwater discharge into Jakarta Bay , Trends and Sustainability of Groundwater in Highly Stressed Aquifers* (Proc. of Symposium JS.2 at the Joint IAHS & IAH Convention, Hyderabad, India, September 2009). IAHS Publ. 329, 2009.