

Hubungan antara Air Tanah dan Air Sungai Berdasarkan ²²²Radon dan Kandungan Nutrien di Sungai Cimanuk, Indramayu

Ananta Purwoarminta dan Hendra Bakti

Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Email: ananta.purwoarminta@lipi.go.id

Diajukan 18 Mei 2018. Ditelaah 2 Januari 2019. Disetujui 15 Januari 2019.

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara air tanah dan air sungai serta kandungan nutriennya. Hubungan tersebut dapat diketahui berdasarkan kadar ²²²Radon dalam air tanah dan air sungai yang diukur menggunakan alat RAD7. Pengukuran air sungai dilakukan di bagian tengah sungai menggunakan perahu dengan kecepatan 4 km/jam. Air sungai dipompa dari kedalaman 1 m, kemudian diukur kadar radonnya setiap 10 menit secara kontinu. Sebaliknya, ²²²Radon dalam air tanah diukur di sumur penduduk yang dipilih secara acak yang terletak di dekat sungai. Pengukuran radon air tanah dilakukan selama 10 menit dengan 3 kali pengulangan. Penghitungan kadar nutrisi didasarkan pada hasil uji laboratorium yang meliputi unsur nitrat, nitrit, amonium, N-organik, fosfat, P-organik, selanjutnya dihitung kadar nitrogen terlarut dan fosfat terlarut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Cimanuk memiliki tipe interaksi kombinasi antara air tanah mengisi sungai (*gaining*) (Segmen 1 dan 3) dan air sungai mengisi air tanah (*losing*) (Segmen 2 dan 4). Berdasarkan tipe tersebut, maka pencemaran air Sungai Cimanuk di Indramayu dapat disebabkan oleh aliran air tanah yang tercemar dan sebaliknya air tanah dapat dicemari oleh aliran air sungai. Kadar nutrisi air Sungai Cimanuk memiliki nilai yang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran air sungai melalui air tanah masih kecil. Berdasarkan interaksi tersebut, maka untuk menjaga lingkungan sungai perlu tata ruang wilayah yang tidak hanya memperhatikan kondisi sungai, tetapi juga interaksinya dengan air tanah.

Kata kunci: air tanah, air sungai, ²²²Radon, nutrisi, Sungai Cimanuk

Abstract

Relationship between Groundwater and River Water Based on ²²²Radon and Nutrient Content in Cimanuk River, Indramayu. The aim of this study was to identify groundwater and river water relationship, and their nutrient concentration. The relationship was recognized based on ²²²Radon values in groundwater and river water, using RAD7. The measurement was conducted by boat with velocity of 4 km/hour in the middle of the river. River water was pumped from a depth of 1 m, then the radon levels were measured continuously every 10 minutes. On the other hand, groundwater ²²²Radon was recorded in many shallow wells near the river for 10 minutes with 3 replications. Nutrient concentrations were calculated based on dissolved nitrogen and dissolved phosphate. Cimanuk River has a combined relationship of groundwater flowing into the river or

gaining stream (segments 1 and 3) and river water flowing into the aquifer or losing stream (segments 2 and 4). Based on those relationships, the pollution in Cimanuk River could be caused by groundwater flow and conversely groundwater pollution could be caused by river water flow. Nutrient concentrations in Cimanuk River have low values, which indicate no pollution through groundwater. Therefore, the management of the river environment needs a spatial planning that not only takes into account the surface water in the river, but also its interaction with groundwater.

Keywords: groundwater, river water, ²²²Radon, nutrient, Cimanuk River

Pendahuluan

Perkembangan penduduk di kawasan hilir Sungai Cimanuk mengakibatkan peningkatan kebutuhan air bersih. Sumber utama dalam pemenuhan kebutuhan air bersih ini adalah air sungai dan air tanah. Hilir Sungai Cimanuk merupakan delta yang terbentuk akibat sedimentasi yang terbawa dari kawasan hulu (Setyawan, 2017; Solihuddin, 2007). Saat ini delta Cimanuk telah berkembang menjadi kawasan perkotaan Indramayu. Peranan sumber daya air di wilayah ini sangat vital karena wilayah ini memanfaatkan aliran sungai untuk pertanian dan perikanan. Keadaan tersebut perlu diantisipasi pada saat kemarau panjang, yaitu ketika terjadi penurunan debit sungai yang dapat memicu konflik kepentingan dalam pemanfaatan air. Sehubungan dengan hal tersebut, air tanah menjadi sangat vital apabila air sungai tidak mampu menyuplai kebutuhan atau air sungai mengalami pencemaran.

Air tanah dan air sungai mempunyai hubungan yang sangat erat, baik secara fisik maupun kimiawi. Menurut Rautio *et al.* (2018) interaksi antara air tanah dan air sungai akan memberikan dampak yang signifikan terhadap kuantitas dan kualitas air. Hal ini mengakibatkan pemahaman terhadap proses interaksi atau hubungan antara air tanah dan air sungai tersebut sangat diperlukan. Selama ini, pemahaman terhadap hubungan keduanya masih belum banyak diterapkan dalam kebijakan pengelolaan sumber daya air dan kajian keduanya cenderung parsial (Chu *et al.*, 2016; Rugel *et al.*, 2016).

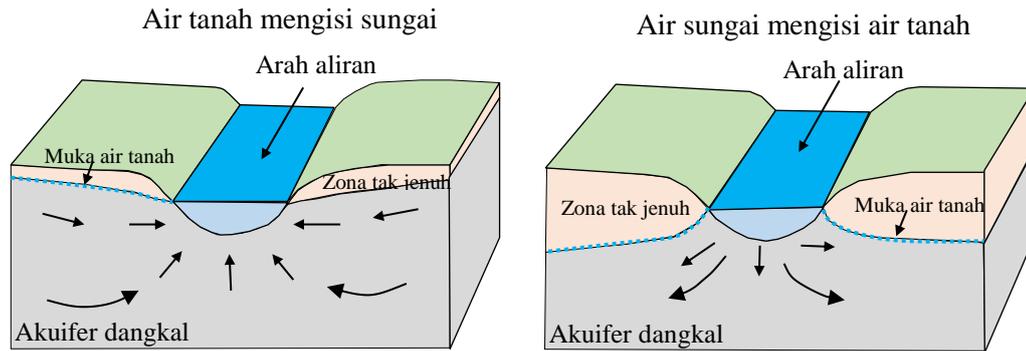
Proses interaksi air tanah dengan air sungai tidak hanya berdampak pada sumber daya air, tetapi juga pada ekosistem (Hancock, 2002). Dampak terhadap ekosistem dapat terjadi sebagai akibat dari pengaruh nutrisi. Suplai nutrisi melalui air sangat penting bagi ekosistem (kehidupan biota). Namun, apabila kadar nutrisi melebihi ambang batas maka

akan terjadi eutrofikasi. Penambahan nutrisi ke pesisir pantai Indonesia melalui sungai dipengaruhi oleh perubahan iklim, hidrologi, dan aktivitas manusia (Qu & Kroeze, 2010). Komponen utama nutrisi adalah nitrogen dan fosfor yang termasuk di dalam nitrat, nitrit, amonium, N-organik, fosfat, dan P-organik, serta komponen partikel (N-organik dan P-organik).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara air tanah dan air Sungai Cimanuk, serta kandungan nutrisinya. Hasil penelitian ini dimaksudkan untuk menjadi salah satu referensi bagi pemerintah dalam mengambil kebijakan pengelolaan sumber daya air di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk. Dengan demikian, degradasi air sungai, baik secara kuantitas maupun kualitas, yang dapat mengganggu ekosistem dapat diantisipasi.

Air tanah dan air sungai memiliki hubungan yang erat, terutama di wilayah aliran sungai, bahkan kedua sumber daya air tersebut merupakan satu kesatuan. Oleh karena itu, kajian antara keduanya tidak dapat dilepaskan satu dari yang lain. Interaksi air tanah dengan air sungai pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga, yaitu air tanah yang mengisi sungai (*gaining stream*), air sungai yang mengisi air tanah (*losing stream*), atau kombinasi antara keduanya (Winter *et al.*, 1998; Gambar 1).

Interaksi keduanya akan memiliki dampak pada kondisi air sungai dan air tanah, baik secara kuantitas maupun kualitasnya. Perubahan debit sungai akan berpengaruh terhadap suplai air tanah. Pada saat terjadi penurunan muka air tanah akibat pemompaan air tanah, maka debit sungai dapat menurun karena suplai air tanah menuju sungai terpotong oleh pemompaan. Kualitas air juga akan saling berpengaruh, air sungai yang mengalami pencemaran pada tipe sungai *losing* akan mencemari air tanah, begitu juga sebaliknya.



Gambar 1. Tipe interaksi antara air tanah dan air sungai, diadaptasi dari Winter *et al.* (1998)

Interaksi antara air tanah dan air sungai dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu letak alur sungai pada bentang alam dan morfologi daerah tangkapan, konduktivitas hidraulik dari lapisan sedimen sungai, dan hubungan antara elevasi sungai dan muka air tanah (Yu *et al.*, 2013). Identifikasi interaksi air tanah dengan air sungai dilakukan dengan melihat ketiga faktor tersebut.

Pemanfaatan unsur radioaktif untuk melihat hubungan antara air tanah dan air permukaan telah banyak diterapkan, salah satunya dengan *tracer* ^{222}Rn (^{222}Rn). Radon dapat digunakan untuk mendeteksi aliran air tanah karena kandungan radon di dalam air tanah lebih besar daripada air permukaan. Radon bersifat konservatif dan mudah diukur (Burnett *et al.*, 2007). Konsentrasi radon dalam air berasal dari batuan. Besaran nilai radon akan menggambarkan keberadaan hubungan antara air dan batuan. Air tanah yang berinteraksi dengan batuan melalui lapisan akuifer akan memiliki nilai radon yang lebih besar, sedangkan air permukaan mempunyai nilai radon yang rendah karena tidak ada interaksi dengan batuan.

Nutrien merupakan salah satu faktor penyebab pencemaran air akibat aktivitas penduduk dan pertanian. Komponen dari nutrisi ini meliputi nitrogen dan fosfor. Pencemaran oleh nutrisi sering terjadi di wilayah sungai, baik yang berasal dari air sungai sendiri maupun dari air tanah. Perubahan penggunaan lahan, iklim, dan hidrologi akan berdampak pada peningkatan suplai nutrisi ke sungai (Qu & Kroeze, 2010).

Bahan dan Metode

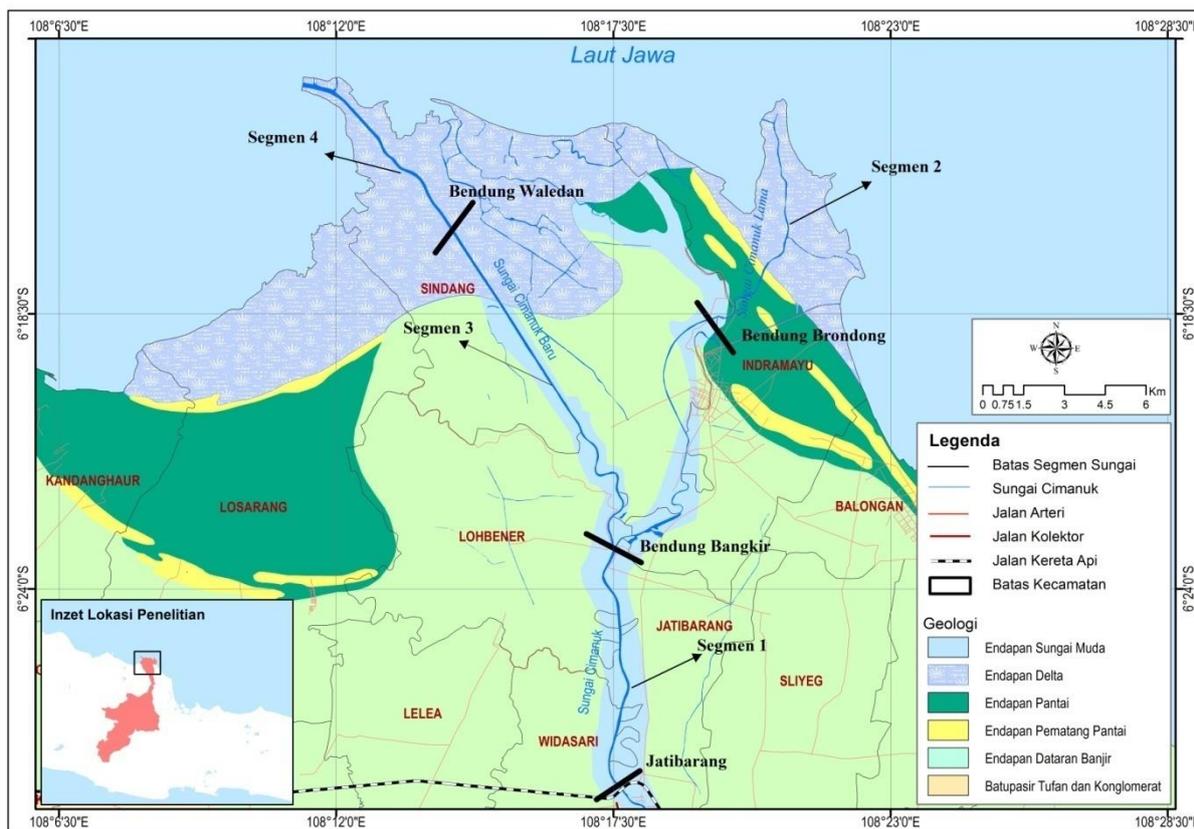
Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di hilir Sungai Cimanuk yang secara administrasi termasuk dalam Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat, dengan koordinat $108^{\circ}10'$ – $108^{\circ}25'$ BT dan $6^{\circ}28'$ – $6^{\circ}10'$ LS. Aliran Sungai Cimanuk terbagi menjadi dua, yaitu Sungai Cimanuk Lama dan Sungai Cimanuk Baru. Keduanya dipisahkan oleh Bendung Bangkir. Sungai Cimanuk Baru merupakan alur utama Sungai Cimanuk, sedangkan Sungai Cimanuk Lama hanya merupakan aliran kecil. Secara geologi, daerah penelitian tersusun oleh batu pasir tufaan dan konglomerat, endapan dataran banjir, endapan delta, endapan pantai, endapan pematang pantai, dan endapan sungai muda (Achdan & Sudana, 1992; Gambar 2).

Penelitian ini dilaksanakan di kedua alur Sungai Cimanuk tersebut dan dibagi menjadi beberapa segmen berdasarkan keberadaan bendung sungai. Berikut adalah pembagian segmen dan deskripsi masing-masing segmen yang meliputi kondisi sungai, geologi, dan penggunaan lahan:

a. Segmen 1 (Jatibarang–Bendung Bang-kir)

Segmen ini dimulai dari bawah jembatan rel kereta api di Jatibarang hingga Bendung Bangkir dengan jarak sekitar 8 km. Lahan di sekitar alur sungai digunakan untuk perkebunan dan permukiman. Secara geologi, ruas sungai ini merupakan endapan dataran banjir yang tersusun oleh lempung pasir.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian di hilir Sungai Cimanuk

b. Segmen 2 (Bendung Brondong–Muara Cimanuk Lama)

Segmen ini merupakan muara Sungai Cimanuk Lama. Bendung Brondong dibangun untuk menahan air laut masuk ke sungai. Secara geologi, daerah sekitar Bendung Brondong tersusun oleh endapan pantai dan muara sungai merupakan endapan delta. Endapan pantai tersebut tersusun oleh lanau, lempung, dan pasir, sedangkan endapan delta tersusun oleh lanau dan lempung. Hal tersebut menunjukkan bahwa air tanah di wilayah ini berada pada lapisan pasir endapan pantai. Kondisi ini didukung oleh keberadaan sumur-sumur penduduk yang bersifat asin dengan nilai DHL tinggi. Lahan di wilayah ini sebagian besar digunakan sebagai lahan pertanian dan tambak.

c. Segmen 3 (Bendung Bangkir–Bendung Waledan)

Segmen ini berada di alur Sungai Cimanuk Baru dengan dibatasi oleh bendung karet antara Bendung Bangkir dan Bendung Waledan yang terletak di hilir dan berfungsi sebagai penahan aliran air laut yang masuk ke sungai. Pengukuran radon di segmen ini dimulai dari Bendung Waledan (hilir)

menuju Bendung Bangkir (hulu). Secara geologi, daerah ini termasuk di dalam satuan batuan endapan dataran banjir yang tersusun oleh lempung pasiran dan pasir lempungan.

d. Segmen 4 (Bendung Waledan–Muara Sungai Cimanuk Baru)

Segmen ini terletak di muara Sungai Cimanuk Baru mulai dari Bendung Waledan hingga Pantai Utara Jawa. Penggunaan lahan di sekitar wilayah ini berupa tambak dan lahan pertanian. Secara geologi, daerah ini merupakan endapan delta yang tersusun oleh lanau dan lempung cokelat.

Penelitian dilakukan dengan mengambil data primer yang meliputi kandungan ²²²Radon dalam air, analisis DHL, dan analisis nutrien. Survei lapangan dilakukan pada bulan Oktober 2016 di Sungai Cimanuk Lama dan September 2017 di Sungai Cimanuk Baru. Pengukuran di lapangan didasarkan pada pembagian segmen sungai. Teknik pengambilan data secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

Pengukuran ²²²Radon

Penggunaan ²²²Radon (²²²Rn) untuk mendeteksi hubungan air tanah dengan air permukaan telah dilakukan dalam penelitian

sebelumnya (Moore, 2010; Burnett & Kim, 2001). Pengukuran dilakukan baik di air tanah maupun di air sungai. Pengukuran radon dalam air tanah dilakukan di sumur-sumur penduduk yang diambil secara acak berdasarkan letaknya yang berdekatan dengan alur sungai. Perakaman data radon di sungai dilakukan menggunakan perahu dengan kecepatan 4 km/jam dan merekam setiap 10 menit secara kontinu yang mengacu pada penelitian Peterson *et al.* (2010). Posisi perahu berada di tengah alur sungai dan pompa air ditempatkan pada kedalaman 1 m di bawah muka air sungai dengan kedalaman air hingga dasar sungai 3,5 m. Dengan demikian, diasumsikan bahwa pada kedalaman tersebut terdapat aliran air tanah. Di ruas sungai antara Bendung Bangkir dan Bendung Brondong yang terletak di Kota Indramayu tidak dilakukan pengukuran karena sepanjang dinding sungai ditutup dengan beton, sehingga aliran air tanah terhambat. Lokasi pengukuran radon diperlihatkan dalam Gambar 3. Pengukuran radon di Segmen 2 dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada tahun 2016 dan tahun 2017 dengan pengukuran pada tahun pertama dilakukan setiap 5 menit dan pengukuran pada tahun kedua dilakukan setiap 10 menit.

Pengukuran DHL

Sifat fisik air adalah karakteristik air berdasarkan pengaruh kondisi fisik lingkungannya. Pengukuran DHL dilakukan untuk mengetahui sebaran pengaruh air laut terhadap air sungai dan air tanah. Kompilasi antara data radon dan data DHL akan membantu menentukan apakah suatu wilayah dipengaruhi oleh air laut atau tidak. Hal ini penting untuk melihat karakteristik pola interaksi antara air tanah dan air sungai. Lokasi penelitian merupakan delta yang sering kali ditemukan air tanah yang memiliki DHL tinggi atau bersifat payau. Pengukuran dilakukan secara *in situ* menggunakan *conductivity meter*. Pengukuran dilakukan di lokasi yang sama

dengan titik pengukuran radon dengan jarak antartitik 2 km.

Analisis Nutrien

Analisis nutrien dilakukan di laboratorium kimia analitik Permata Fajar Buana, Bandung, pada sampel yang berasal dari air sungai dan air hujan. Pemilihan sampel dilakukan berdasarkan nilai kandungan radon di titik lokasi sepanjang sungai. Apabila dalam pengukurannya di sungai dijumpai kandungan radon yang tinggi, maka sampel air diambil di tempat tersebut. Hal ini dikarenakan kemungkinan di tempat tersebut terdapat aliran air tanah. Kadar nutrien diperoleh dari satu sampel air hujan dan 12 sampel air sungai yang diambil mulai dari Sungai Cimanuk ruas Jatibarang hingga ke muara sungai (Gambar 3).

Menurut Mateus *et al.* (2008) nutrien bisa hadir dalam dua kategori, yaitu anorganik atau mineral dan organik. Nitrogen dan fosfor merupakan nutrien utama, termasuk di dalamnya jenis yang terlarut dalam air (nitrat, nitrit, amonium, N-organik, fosfat, P-organik), dan komponen partikel (N-organik dan P-organik). Konsentrasi nutrien dihitung menurut Muhid dan Burford (2012), Boonphakdee dan Fujiwara (2008), Miyajima *et al.* (2007), dan Yanagi (1999), sebagai berikut:

- Nitrogen anorganik terlarut (DIN):

$$\text{DIN} = \text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$$
- Nitrogen organik terlarut (DON):

$$\text{DON} = \text{TN} - \text{DIN}$$

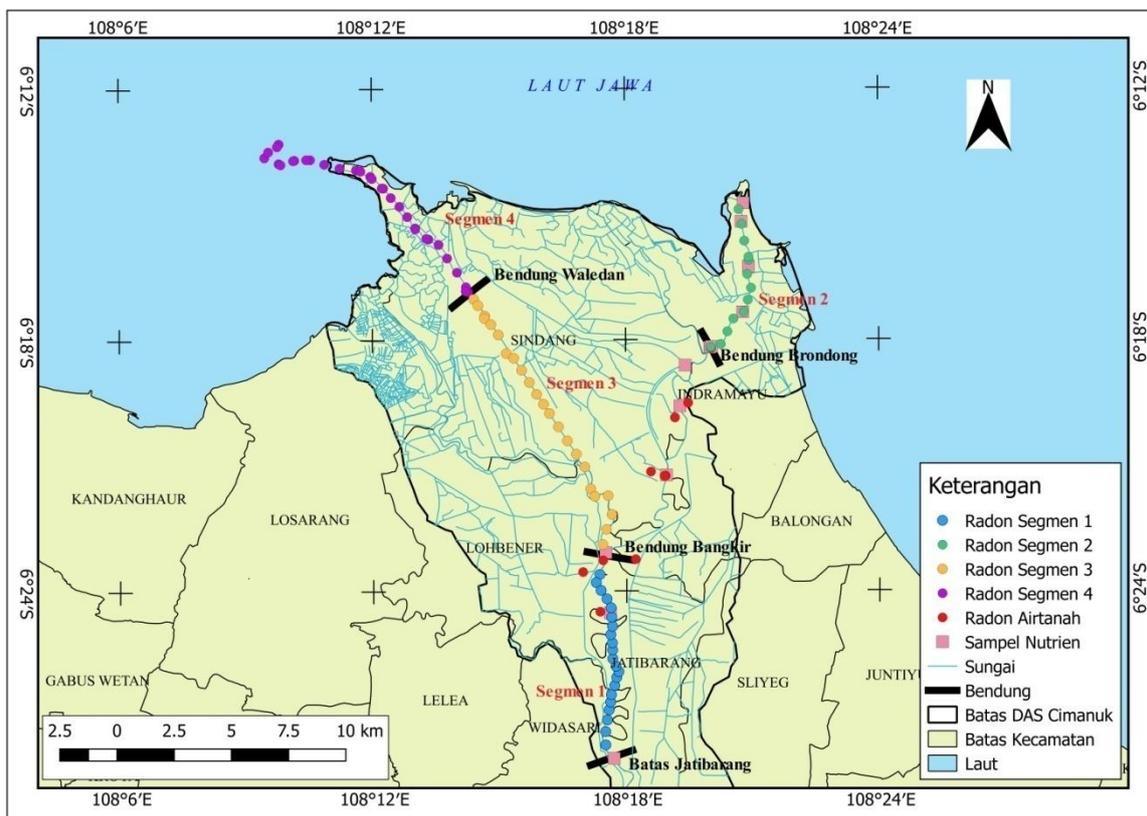
TN adalah Nitrogen Total
- $\text{TN} = \text{TKN} + (\text{NO}_3 + \text{NO}_2) \text{N}$
 TKN adalah Nitrogen Kjeldahl Total
- Fosfat anorganik terlarut (DIP):

$$\text{DIP} = \text{PO}_4 - \text{P}$$
- Fosfat organik terlarut (DOP):

$$\text{DOP} = \text{TDP} - \text{DIP}$$
- Fosfat Total terlarut (TDP):

$$\text{TDP} = \text{TP} - \text{PP}$$

TP adalah Fosfat Total dan PP adalah Partikel Fosfat



Gambar 3. Sebaran lokasi pengukuran radon dan nutrien di Sungai Cimanuk

Hasil

Radon dalam Air Tanah

Kandungan radon air tanah di sekitar Sungai Cimanuk terendah di sumur gali Desa Sukadedel, Kecamatan Sindang, dengan nilai radon sebesar $179,33 \text{ Bq/m}^3$ dan tertinggi di sumur gali Desa Teluk Agung, Kecamatan Sindang, sebesar $1.919,85 \text{ Bq/m}^3$ (Gambar 4). Nilai radon ini dipengaruhi oleh air tanah yang terkandung dalam batuan (akuifer) apabila batuan tersebut memiliki nilai radon yang tinggi.

Radon dalam Air Sungai

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai radon dalam air sungai terendah 0 Bq/m^3 di Segmen 1 dan tertinggi 132 Bq/m^3 di Segmen 3. Setiap segmen memiliki nilai radon yang bervariasi. Berikut adalah hasil pengukuran di setiap segmen.

a. Segmen 1 (Jatibarang–Bendung Bang-kir)

Hasil pengukuran radon menunjukkan nilai yang fluktuatif (Gambar 5). Nilai radon tertinggi adalah 25 Bq/m^3 dan terendah 0 Bq/m^3 . Hal ini menunjukkan bahwa di lokasi dengan nilai radon tinggi ($>20 \text{ Bq/m}^3$) ada

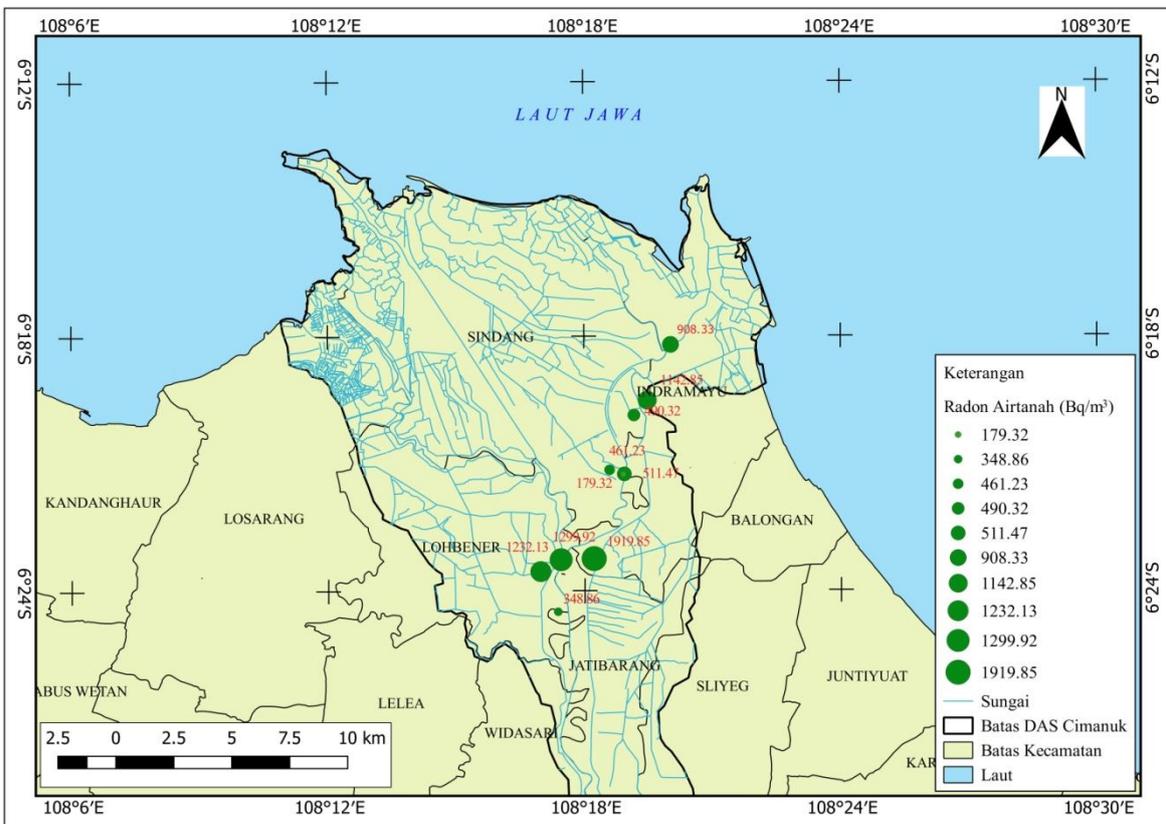
aliran air tanah yang mengisi sungai. Sebaliknya, nilai radon rendah menunjukkan tidak ada aliran air tanah menuju sungai. Hal ini dapat disebabkan oleh keberadaan lapisan batuan di tebing sungai yang bersifat kedap atau *impermeable*. Nilai DHL di segmen ini relatif sama, yaitu $2,64 \text{ mS/cm}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa di segmen ini tidak ada pengaruh air laut dan hal ini sesuai dengan posisi segmen ini yang berada jauh dari pantai.

b. Segmen 2 (Bendung Brondong–Muara Cimanuk Lama)

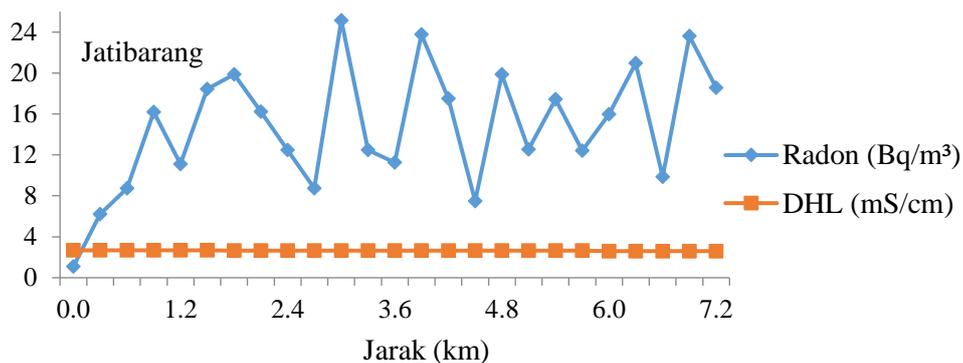
Hasil pengukuran nilai radon dari Bendung Brondong ke Muara Sungai Cimanuk Lama tahun 2016 dan 2017 menunjukkan nilai yang semakin kecil (Gambar 6 dan 7). Nilai radon tertinggi mencapai 45 Bq/cm^3 , sedangkan yang terendah 0 Bq/cm^3 . Pola tersebut menunjukkan bahwa nilai radon air sungai di wilayah daratan lebih besar dibandingkan dengan radon di muara. Hal ini sesuai dengan kondisi geologi wilayah Bendung Brondong yang tersusun oleh endapan pantai. Nilai DHL di wilayah muara mencapai lebih dari 50 mS/cm , sedangkan di wilayah darat yang dekat dengan Bendung

Brondong bernilai sekitar 0,5 mS/cm. Hal ini menunjukkan bahwa air sungai pada saat

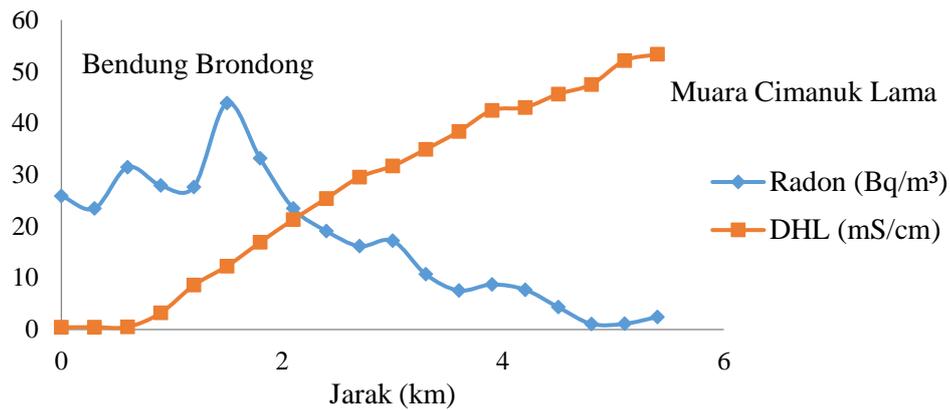
pengukuran di dekat Bendung Brondong tidak tercampur dengan air laut.



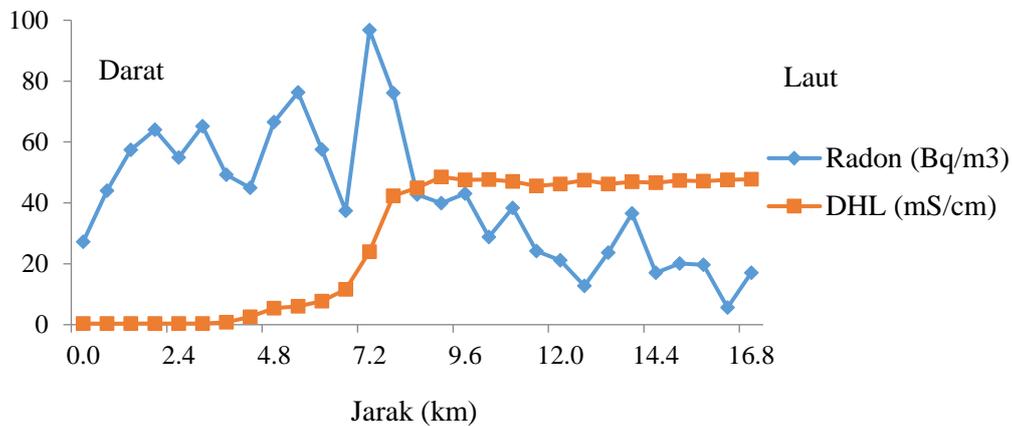
Gambar 4. Nilai radon dalam air tanah



Gambar 5. Nilai radon dan DHL di Segmen Jatibarang–Bendung Bangkir



Gambar 6. Nilai radon dan DHL tahun 2016 dari Bendung Brondong hingga Muara Sungai Cimanuk Lama

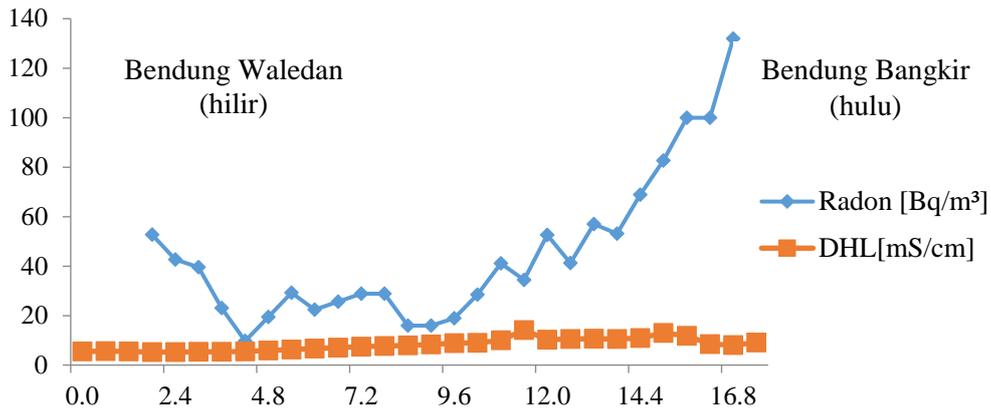


Gambar 7. Nilai radon dan DHL tahun 2017 dari Bendung Brondong hingga Muara Sungai Cimanuk Lama

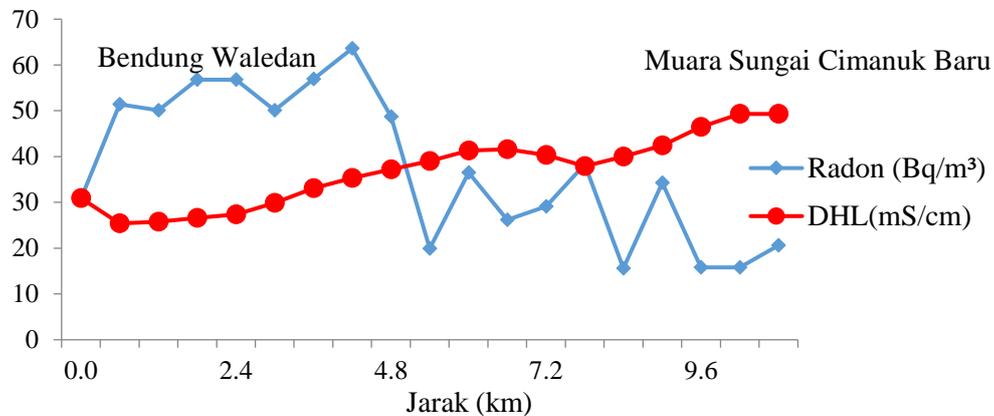
c. Segmen 3 (Bendung Bangkir–Bendung Waledan)

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai radon cukup bervariasi dengan nilai tertinggi ditemukan di wilayah Bendung Bangkir. Di segmen ini, nilai radon tertinggi adalah 132 Bq/m³ dan nilai terendah adalah 9,72 Bq/m³. Nilai radon di Bendung Waledan adalah 52,7 Bq/m³. Gambar 8 menunjukkan bahwa bagian hulu (Bendung Bangkir)

mengindikasikan keberadaan aliran air tanah yang mengisi sungai. Di bagian tengah segmen cenderung air sungai mengisi air tanah. Nilai DHL di segmen ini berkisar dari 5 mS/cm sampai 14 mS/cm. Nilai ini menunjukkan bahwa di wilayah ini tidak ada pengaruh air laut, namun nilai yang tinggi tersebut dapat disebabkan oleh faktor lain, seperti pencemaran dari limbah.



Gambar 8. Nilai radon dan DHL di Segmen Bendung Bangkir–Bendung Waledan



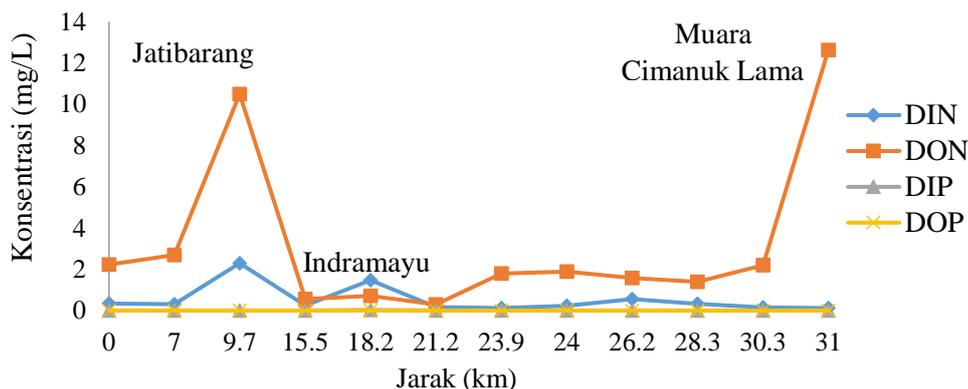
Gambar 9. Grafik nilai radon dan DHL di Bendung Waledan–Muara Sungai Cimanuk Baru

d. Segmen 4 (Bendung Waledan–Muara Sungai Cimanuk Baru)

Hasil pengukuran di segmen ini menunjukkan kemiripan pola grafik dengan di Segmen 2, yaitu nilai radon yang semakin kecil ke arah muara (Gambar 9). Kandungan radon tertinggi adalah 63,6 Bq/m³ di bagian tengah segmen, sedangkan nilai radon terendah adalah 15,8 Bq/m³. Berdasarkan nilai radon pada grafik tersebut maka peran sungai mengisi air tanah lebih dominan. Nilai DHL di segmen ini berkisar dari 30 hingga 50 mS/cm yang menunjukkan bahwa air sungai di wilayah ini bercampur dengan air laut. Dengan sistem sungai yang *losing* maka air sungai tersebut akan mengisi air tanah, sehingga air tanah di sekitar ini akan bersifat asin.

Kandungan Nutrien

Hasil analisis menunjukkan rentang konsentrasi DIN 0,12–2,30; DON 0,23–12,64; DOP 0,0–0,02; DIP 0,0–0,04 (Gambar 10). Hasil analisis menunjukkan bahwa secara umum kandungan nitrogen organik (DON) cukup tinggi di wilayah muara sungai, sedangkan di ruas Kota Indramayu cukup rendah. Namun demikian, terdapat anomali di titik 9,7 km dengan konsentrasi DIN dan DON relatif tinggi di Segmen Indramayu–Jatibarang. Konsentrasi DIP dan DOP pada sampel di semua segmen relatif kecil (0,01 mg/L) dan hampir sama untuk semua titik dari daratan ke muara.



Gambar 10. Konsentrasi nutrisi di Sungai Cimanuk dari Jatibarang hingga Muara Cimanuk Lama

Pembahasan

Berbagai faktor yang berpengaruh terhadap interaksi antara air tanah dan air sungai meliputi letak alur sungai berdasarkan bentang lahan dan morfologi daerah tangkapan, konduktivitas hidraulik dari lapisan sedimen sungai, perbedaan elevasi air sungai dan muka air tanah tidak signifikan untuk bentuk lahan delta seperti di muara Sungai Cimanuk. Morfologi yang datar, lapisan sedimen yang relatif seragam, serta elevasi sungai dan muka air tanah yang tidak jauh berbeda mengakibatkan wilayah ini sulit ditentukan tipe interaksinya. Peran *tracer* seperti radon akan membantu dalam menentukan pola interaksi air tanah dengan air sungai di daerah penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran radon di segmen-segmen yang diteliti dari Sungai Cimanuk, interaksi air tanah dengan air sungai memiliki kedua tipe, yaitu air tanah mengisi sungai (*gaining*) dan air sungai mengisi air tanah (*losing*).

Air Tanah Mengisi Air Sungai (*Gaining Stream*)

Pola interaksi ini berada di Segmen 1 (Jatibarang–Bendung Bangkir), sebagian Segmen 3 (Bendung Bangkir–Bendung Waledan), dan sebagian Segmen 2 (Bendung Brondong–Muara Sungai). Segmen-segmen tersebut terletak di satuan batuan endapan dataran banjir dan endapan pantai. Wilayah ini memiliki perbedaan elevasi yang besar antara permukaan tanah dan lembah sungai, sehingga level muka air tanah lebih tinggi daripada permukaan air sungai. Nilai kandungan radon di wilayah ini relatif lebih rendah dibandingkan

dengan lokasi lain. Hal ini mengindikasikan bahwa peran air hujan cukup besar di wilayah ini. Meskipun demikian, segmen-segmen ini masih dapat dimasukkan ke dalam sistem *gaining*. Dengan keberadaan aliran air tanah menuju sungai tersebut, apabila air tanah mengalami pencemaran maka sungai akan berpotensi tercemar. Akibatnya, ekosistem sungai akan terganggu. Hal yang sama juga dapat terjadi dengan nutrisi dalam air tanah yang bersumber dari limbah domestik (*septic tank*). Pada tipe interaksi ini, sebaiknya di wilayah perumahan dilakukan pengelolaan limbah secara bersama, sehingga dapat mengurangi potensi pencemaran air tanah.

Air Sungai Mengisi Air Tanah (*Losing Stream*)

Interaksi air sungai mengisi air tanah teramati di bagian hilir Sungai Cimanuk yang meliputi sebagian Segmen Bendung Brondong–Muara Cimanuk Lama dan Bendung Waledan–Muara Cimanuk Baru. Topografi di wilayah ini datar dengan elevasi antara air tanah dan air sungai relatif sama. Secara geologi, wilayah ini termasuk dalam satuan delta yang tersusun oleh lempung pasir dan lanau. Jenis batuan tersebut memiliki kemampuan mengalirkan air yang rendah. Hal tersebut tampak dari hasil pengukuran radon yang memiliki nilai rendah. Apabila terjadi pencemaran air sungai pada tipe sungai ini maka potensi pencemaran terhadap air tanah cukup besar. Sebagai contoh, apabila air laut mengisi sungai, maka secara langsung akan mengisi air tanah. Kondisi ini dapat mengganggu masyarakat dalam pemenuhan air bersih yang bersumber dari air tanah.

Berbagai tipe interaksi antara air sungai dan air tanah tersebut dapat dijadikan acuan

oleh pemerintah daerah dalam melakukan penataan ruang. Sumber daya air tidak dapat ditata secara parsial, tetapi harus saling terkait antara air tanah dan air permukaan. Kandungan nutrisi, baik di dalam air tanah maupun air sungai dapat digunakan sebagai acuan seberapa besar tingkat pencemaran sungai maupun air tanah. Penataan ruang yang baik tidak hanya mempertimbangkan faktor ekonomi tetapi juga lingkungan termasuk sumber daya air.

Kesimpulan

Sungai Cimanuk memiliki tipe interaksi kombinasi antara air tanah mengisi sungai (*gaining*) dan air sungai mengisi air tanah (*losing*). Tipe *gaining* terletak di Segmen Jatibarang–Bendung Bangkir, sebagian Segmen Bendung Bangkir–Bendung Waledan, dan sebagian Segmen Bendung Brondong–Muara Cimanuk Lama. Tipe ini berpotensi mencemari air sungai apabila air tanahnya tercemar, salah satunya bersumber dari limbah domestik (*septic tank*). Sebaliknya, tipe *losing* berada di Segmen Bendung Brondong–Muara Cimanuk Lama dan Bendung Waledan–Muara Cimanuk Baru. Pencemaran air sungai akan berdampak pada kualitas air tanah. Salah satu sumber pencemaran sungai di wilayah ini adalah aliran air laut yang mengisi sungai yang selanjutnya akan mencemari air tanah. Hal ini dapat mengganggu pemenuhan air bersih masyarakat yang bersumber dari air tanah. Berdasarkan kondisi tersebut, maka untuk menjaga lingkungan sungai perlu tata ruang wilayah yang tidak hanya memperhatikan kondisi sungai (permukaan) tetapi juga hubungannya dengan air tanah.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan Prioritas Kedeputan Ilmu Pengetahuan Kebumihan LIPI. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Limnologi dan Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI atas pemberian kepercayaan kepada kami untuk melakukan penelitian. Tidak lupa peneliti juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Robert M. Delinom dan Dr. Rachmat Fajar Lubis atas bimbingan dan masukannya serta Wahyu Purwoko atas bantuan di lapangan.

Referensi

- Achdan, Sudana. 1992. Peta Geologi Lembar Indramayu, Jawa Barat. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Boonphakdee T, Fujiwara T. 2008. Temporal variability of nutrient budgets in a tropical river estuary: the Bangpakong River Estuary, Thailand. *Environment Asia* 1: 7–21. DOI: 10.14456/ea.2008.2
- Burnett WC, Santos IR, Weinstein Y, Swarzenski PW, Herut B. 2007. Remaining uncertainties in the use of Rn-222 as a quantitative tracer of submarine groundwater discharge. *Proceeding of Symposium HS 1001 A new focus of groundwater-seawater interaction* (July), IAHS. 109–118
- Burnett WC, Kim G. 2001. A continuous monitor for assessment of 222 Rn in the coastal ocean. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 249(1): 167–172
- Chu H, Wei J, Wang R, Xin B. 2016. Characterizing the interaction of groundwater and surface water in the karst aquifer of Fangshan, Beijing (China). *Hydrogeology Journal* 25: 575–588
- Hancock PJ. 2002. Human impacts on the stream-groundwater exchange zone. *Environmental Management* 29(6): 763–781
- Mateus M, Mateus S, Baretta JW. 2008. Basic concept of estuarine ecology in perspectives on integrated coastal zone management in South America, *IST Press* DOI: 10.13140/2.1.4497.0562.
- Miyajima T, Hata H, Umezawa U, Kayanne H, Koike I. 2007. Distribution and partitioning of nitrogen and phosphorus in a fringing reef lagoon of Ishigaki Island, Northwestern Pacific, *Marine Ecology Progress Series* 341: 45–57
- Moore WS. 2010. The effect of submarine groundwater discharge on the ocean. *The Annual Review of Marine Science* 2:59–88
- Muhid, Burford. 2012. Assessing nutrient limitation in a subtropical reservoir. *Inland Waters* 2: 185–192. DOI: 10.5268/IW-2.4.468
- Peterson RN, Santos IR, Burnett WC. 2010. Evaluating groundwater discharge to tidal rivers based on a Rn-222 time-series approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86(2): 165–178
- Qu HJ, Kroeze C. 2010. Past and future trends in nutrients export by rivers to the coastal

- waters of China. *Science of the Total Environment* 408(9): 2075–2086
- Rautio AB, Korkka-niemi KI, Salonen V. 2018. Thermal infrared remote sensing in assessing groundwater and surface-water resources related to Hannukainen mining development site, Northern Finland. *Hydrogeology Journal* 26:163–183
- Rugel K, Golladay SW, Jackson CR, Rasmussen TC. 2016. Delineating groundwater/ surface water interaction in a karst watershed: Lower Flint River Basin, Southwestern Georgia, USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 5: 1–19
- Setyawan WB. 2017. Potensi Bencana Geologi di Kawasan Delta Cimanuk. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan XII* 2: 28–38
- Solihuddin T. 2007. Morfodinamika Delta Cimanuk, Jawa Barat berdasarkan analisis citra Landsat. *Journal Ilmiah Geomatika* 16: 77–85
- Winter TC, Harvei JW, Franke OL, Allei WM. 1998. *Ground Water and Surface Water A Single Resource*. USGS, Denver, Colorado
- Yanagi T. 1999. Seasonal variations in nutrient budgets of Hakata Bay, Japan, *Journal of Oceanography* 55: 439–448
- Yu MCL, Cartwright I, Braden JL, de Bree ST. 2013. Examining the spatial and temporal variation of groundwater inflows to a valley-to-floodplain river using ²²²Rn, geochemistry and river discharge: the Ovens River, Southeast Australia. *Hydrology and Earth System Sciences* 17: 4907–4924