

PENCEMARAN LIMBAH DOMESTIK DAN PERTANIAN TERHADAP AIRTANAH BEBAS DI KABUPATEN BANDUNG

Pollution of Domestic and Agriculture Waste to Unconfined Groundwater in Bandung Regency

Anna Fadliah Rusydi¹, Wilda Naili¹, Hilda Lestiana¹

¹ Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Airtanah bebas merupakan salah satu sumber air bersih bagi penduduk di Kabupaten Bandung bagian selatan. Pemanfaatannya dilakukan dengan cara membuat sumur gali maupun sumur pantek. Lokasi sumur-sumur tersebut berdekatan dengan sumber pencemar domestik dan pertanian sehingga rentan terkontaminasi. Pencemar yang dapat timbul pada air sumur akibat limbah domestik adalah solid, ammonium, dan bakteri *coliform*. Sementara, pencemar nitrat umumnya bersumber dari kegiatan pertanian. Untuk mengetahui pencemaran airtanah di lokasi penelitian, dilakukan analisis kimia air dan kandungan bakteri *coliform*, pada 21 conto air dari sumur gali di Kabupaten Bandung bagian selatan. Pemilihan lokasi berdasarkan pada hasil pemantauan kepadatan pemukiman menggunakan citra satelit pada aplikasi Google Earth, kemudian selanjutnya disesuaikan dengan kondisi lapangan di wilayah penelitian. Hasil analisis menunjukkan telah terjadinya pencemaran solid, nitrat, ammonium, dan *coliform* di beberapa titik. Hasil pemantauan lapangan memperkirakan nitrat berasal dari kegiatan pertanian, sedangkan solid, ammonium, dan *coliform* berasal dari limbah domestik. Pergerakan pencemar sampai ke airtanah ini didukung oleh pola aliran airtanah di lokasi tersebut

Kata kunci: Kabupaten Bandung bagian selatan, airtanah bebas, pH, solid, nitrat, ammonium, *coliform*.

Naskah masuk : 28 Januari 2015
Naskah direvisi : 25 Mei 2015
Naskah diterima : 03 Juni 2015

Anna Fadliah Rusydi
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI,
Jalan Sangkuriang 40135, Bandung, Jawa Barat
E-mail : anna.fadliah.rusydi@lipi.go.id

ABSTRACT Unconfined groundwater is the source of clean water to residents in the southern part of Bandung Regency. The need of water is fulfilled through shallow drilling of wells and panteks. The locations of the wells are close to domestic and agricultural pollution sources, so they are vulnerable to get contaminated. Pollutants that may arise in wells water due to domestic waste are solid, ammonium, and coliform bacteria. While, nitrate are generally derived from agricultural activities. To determine the contamination of groundwater at the study area, chemical analysis and coliform bacteria were conducted from 21 wells in southern part of Bandung Regency. The dug well locations were chosen based on the results of monitoring the residential density based on satellite images from the Google Earth application and adjusted to the field conditions in area of research. The result of analysis showed that contamination of solid, nitrate, ammonium, and coliform had occurred at some points. Result of field monitoring estimated that nitrate had derived from agricultural activities, while solid, ammonium, and coliform came from domestic waste. The movement of contaminants to groundwater was supported by the groundwater flow pattern at the location.

Keywords: southern part of Bandung Regency, unconfined groundwater, pH, solid, nitrate, ammonium, *coliform*.

PENDAHULUAN

Kabupaten Bandung merupakan daerah yang padat penduduk, data dari BPS menunjukkan bahwa jumlah penduduk di daerah ini mencapai 3.405.475 jiwa atau 7,51% dari total penduduk di Jawa Barat (BPS Kab. Bandung, 2013). Dibandingkan dengan

17 kabupaten yang ada di Jawa Barat, prosentase jumlah penduduk di Kabupaten Bandung adalah kedua terbanyak setelah Kabupaten Bogor. Ditinjau dari segi kepadatan penduduk, Kabupaten Bandung merupakan Kabupaten ketiga terpadat di Jawa Barat, setelah Kabupaten Bekasi dan Kabupaten Cirebon. Kepadatan penduduk di lokasi ini adalah 1.938,62 jiwa/km² (BPS Prov Jabar, 2014).

Pelayanan air bersih di daerah Kabupaten Bandung, dilakukan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Raharja. Saat ini cakupan pelayanan air bersih oleh PDAM Tirta Raharja masih rendah, yaitu hanya bisa melayani sekitar 19% dari jumlah wilayah pelayanan (PERPAMSI, 2012). Masyarakat yang tidak mendapat pelayanan air bersih dari PDAM umumnya menggunakan airtanah dengan cara membuat sumur gali dan sumur bor sebagai sumber air bersih. Airtanah yang dimanfaatkan penduduk adalah airtanah bebas atau airtanah akifer tidak tertekan. Akifer tidak tertekan sangat mudah dipengaruhi oleh lingkungannya (BLH, 2011). Hal ini disebabkan karena antara air pada akuifer dan air dipermukaan tanah hanya dipisahkan oleh lapisan batuan yang tidak kedap air (BLH, 2011). Oleh karena itu, airtanah di akuifer ini mudah terkontaminasi pencemar, seperti dari tangki septik ataupun air limpasan. Sawyer *et al.* (1994), Lindenbaum (2012), Peavy *et al.* (1985), Sudaryanto *et al.* (2008), Tang *et al.* (2004), Onodera (2011), dan Delinom (2011) menyatakan bahwa sumber nitrat, nitrit, dan ammonium dalam air adalah dari limbah cair, yaitu urin, dan dari pemakaian pupuk, sehingga uji keberadaan amonium dilakukan pada air limbah atau air terpolusi. Kandungan amonium dalam air mengindikasikan terjadinya kontaminasi pada air tersebut. Selain itu, lingkungan yang kumuh dapat menyebabkan masuknya bakteri *total coliform* dan *fecal coliform* dalam airtanah. Bakteri *total coliform* dan *fecal coliform* merupakan grup bakteri yang digunakan sebagai indikator untuk melihat kualitas air. Grup bakteri ini dapat dijadikan sebagai *tracer* dalam melihat kemungkinan kontaminasi airtanah oleh tangki septik (Alhajjar *et al.*, 1987; Harvey, 1997; Megha, *et al.*, 2015). Air yang mengandung bakteri *total coliform* dan *fecal coliform* biasanya tidak berasa, berbau, maupun berwarna.

Airtanah bebas di Kabupaten Bandung bagian selatan dimanfaatkan oleh penduduk setempat sebagai sumber air bersih, namun sumber air bersih yang digunakan tersebut belum diketahui

kualitasnya. Melihat kondisi permukiman yang padat serta ketidakteraturan sanitasi, dan intensifnya pemakaian pupuk di aeral perkebunan di lokasi penelitian, maka dikhawatirkan airtanah di daerah tersebut telah tercemar oleh senyawa solid, nitrogen, dan bakteri *coliform*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi airtanah di wilayah penelitian terhadap parameter pencemar yang telah disebutkan sebelumnya. Penelitian dilakukan dengan menganalisis kualitas airtanah pada 21 sumur penduduk dan mengidentifikasi sumber pencemar yang berada di lokasi tersebut.

LOKASI PENELITIAN

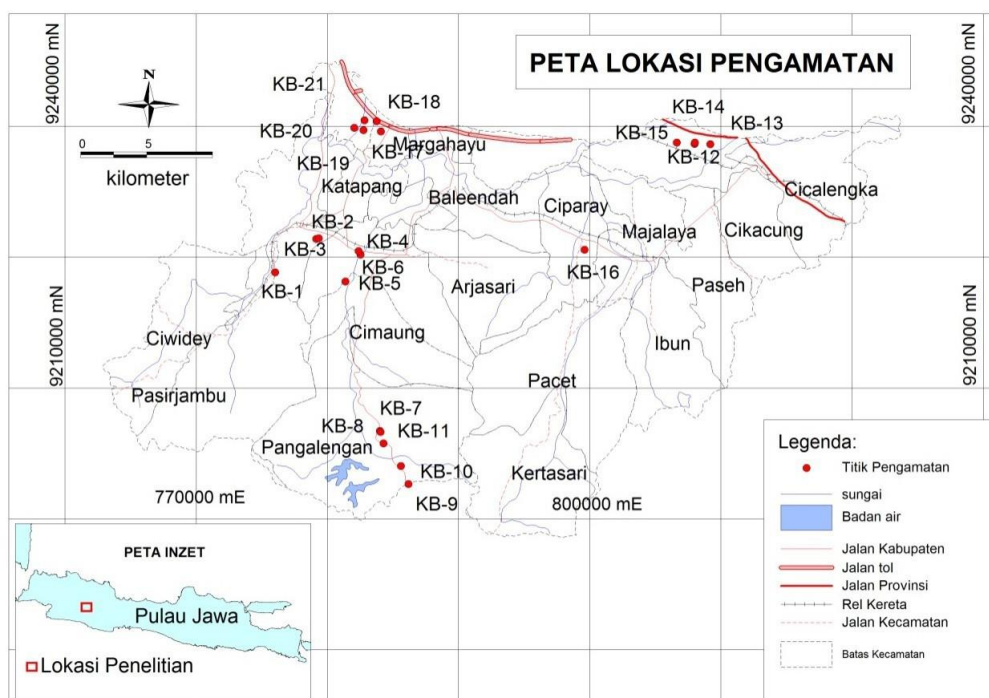
Penelitian dilakukan di Kabupaten Bandung bagian selatan, secara geografis terletak 6⁰41' sampai 7⁰19'LS dan 107⁰22' sampai 108⁰5'BT (Pembkab. Bandung, 2012). Secara administrasi bagian timur dan selatan terletak diantara Kabupaten, di sebelah baratnya adalah Kabupaten Cianjur, dan sebelah utaranya adalah Kota Bandung. Secara geografi, lokasi penelitian merupakan daerah perbukitan dengan kemiringan lereng yang landai sampai terjal. Topografi wilayah ini di bagian utara merupakan dataran rendah Bandung dan di bagian selatan merupakan perbukitan Ciwidey.

Sebanyak 21 conto airtanah bebas telah diambil dari beberapa lokasi. Titik tersebut tersebar di kecamatan Pangalengan, Banjaran, Margahayu, Margaasih, Rancaekek, dan Ciparay (Gambar 1). Peruntukan lahan di wilayah ini umumnya untuk permukiman/perumahan dan pertanian. Pengambilan conto airtanah dipilih pada lokasi yang berdekatan dengan sumber pencemar pertanian dan domestik, hal ini dimaksudkan untuk melihat dampak limbah terhadap pencemaran airtanah.

METODE

Pemilihan sumur penduduk yang diambil conto airtanahnya didasarkan pada hasil pemantauan kepadatan pemukiman menggunakan citra satelit pada aplikasi Google Earth, kemudian selanjutnya disesuaikan dengan kondisi di lapangan pada saat akan mengambil conto.

Conto airtanah dari dalam sumur gali diambil dengan menggunakan *vertical water sampler* yang berkapasitas 1.000 ml. Conto air kemudian dimasukkan dalam botol polyetilen. Conto air untuk pemeriksaan solid tidak diawetkan, sedangkan untuk pemeriksaan nitrat diawetkan dengan



Gambar 1. Lokasi penelitian dan pengambilan contoh airtanah.

pengasaman hingga pH 2 menggunakan larutan H_2SO_4 . Khusus untuk pemeriksaan bakteri *coliform*, contoh air dimasukkan dalam botol kaca dan botol dilapisi agar tidak terkena cahaya matahari. Semua contoh air disimpan dalam *cool box* berisi es untuk menjaga kualitasnya.

Analisis conto mencakup parameter, (i) pH, (ii) total solid, yaitu total solid tersuspensi (TSS) dan total partikel solid (TDS), (iii) senyawa nitrogen, yaitu nitrat (NO_3-N), nitrit (NO_2-N), dan ammonium (NH_4-N), serta (iv) mikrobiologi, yaitu *total coliform* dan *fecal coliform*. Metode analisis setiap parameter tertuang di Tabel 1.

Tabel 1. Metode analisis parameter pencemar conto air.

No	Parameter	Metode
1	TSS	Pengukuran zat padat berdasarkan
2	TDS	gravimetri.
3	Nitrat	Brucin, spektrofotometri
4	Nitrit	Reaksi diazotasi, spektrofotometri
5	Ammonium	Nessler, spektrofotometri
6	<i>Coliform</i>	Sesuai dengan SMEWW-5220-B
7	pH	Pengukuran di lapangan dengan pH meter secara potensiometri

Untuk mengetahui nilai ambang batas airtanah telah tercemar atau belum, mengacu pada standar kualitas air Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk air kelas 1 atau air baku air minum dan untuk parameter *coliform* dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 tahun 1990.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Sumur Gali

Kedalaman muka airtanah sumur bervariasi, mulai dari 0,3 m sampai dengan 11,5 m (Tabel 2). Pada sumur yang telah diambil contohnya, secara keseluruhan telah berumur lebih dari 10 tahun, bahkan sumur di titik KB-05 dan KB-12 berusia lebih dari 25 tahun. Penggunaan lahan di lokasi umumnya adalah untuk permukiman dan di lokasi Pangalengan lahan banyak digunakan untuk pertanian. Secara umum terdapat tiga sumber pencemar domestik di lokasi penelitian, yaitu tangki septik, selokan, dan pertanian/perkebunan. Ketiga sumber pencemar tersebut terletak berdekatan dengan sumur-sumur penduduk.

Kualitas Airtanah Bebas

pH

pH merupakan suatu istilah universal dalam menunjukkan intensitas asam atau alkali suatu

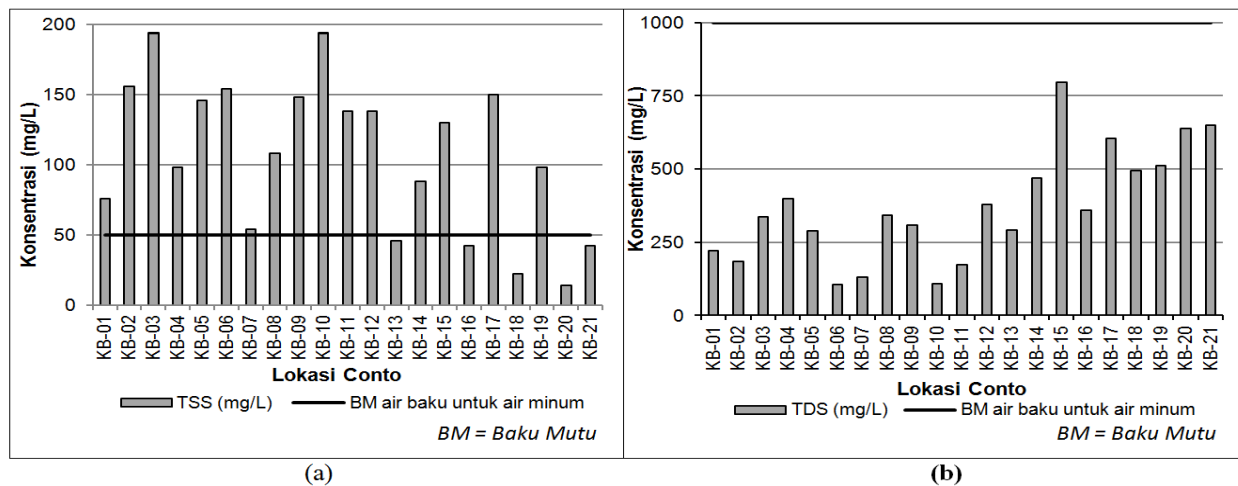
larutan, yang ditentukan oleh keberadaan ion hidrogen dalam larutan. Nilai pH merupakan suatu cara yang paling umum dan sering diukur untuk melihat kualitas air. Baku mutu pH untuk air baku air minum yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemar Air adalah antara 6 sampai dengan 9.

Nilai pH airtanah bebas di titik KB-04, KB-05, KB-07, KB-08, KB-09, KB-10, dan KB-11 masuk kategori asam karena memiliki pH < 6, sementara titik lainnya memiliki pH netral dengan nilai pH 6 - 9. Air minum dengan pH asam dapat merusak gigi dan bersifat korosif pada peralatan rumah tangga. Selain itu kondisi asam pada airtanah dapat membantu pelarutan logam-logam dalam air tersebut. Logam dalam keadaan larut akan memiliki penyebaran yang lebih luas dibandingkan bentuk mengendap. Keberadaan ion hidrogen dalam air akan mempengaruhi pembentukan, perubahan, dan

pemecahan reaksi kimia, dengan kondisi nilai pH akan menentukan arah pembentukan reaksi. Selain itu aktivitas biologi seperti fotosintesis dan respirasi, serta aktivitas fisika seperti turbulensi yang bersamaan dengan aerasi akan mempengaruhi nilai pH karena adanya penurunan atau peningkatan karbondioksida (CO₂) (Stumm *et al.*, 1981). Fotosintesis merupakan proses penyerapan CO₂ yang dapat meningkatkan pH, berdasarkan data pada Tabel 2 terlihat bahwa pH rendah secara umum terdapat pada sumur dengan MAT > 9 m yaitu pada KB-04, KB-07 dan KB-09. Keberadaan pH juga dipengaruhi oleh bikarbonat (HCO₃), keberadaan bikarbonat dan karbonat dalam air dapat meningkatkan keasaman sementara keberadaan asam karbonat dapat meningkatkan keasaman. Pada titik KB-05, KB-08 dan KB-11, nilai bikarbonat <20 mg/l maka pH air akan cenderung asam dibandingkan lokasi lain dengan nilai bikarbonat <20 mg/l.

Tabel 2. Nomor conto dan identifikasi sumur

Lokasi	MAT (m)	pH	HCO ₃ (mg/L)	Usia (tahun)	Identifikasi Pencemar		Keterangan
					Pencemar	Jarak (m)	
KB-01	2,6	7.46	57.49	>10	Tangki septik	± 3	
KB-02	1,8	6.83	35.02	>10	Tangki septik	± 5	
KB-03	2,5	6.91	63.08	>10	Selokan	± 2	
KB-04	9,3	5.95	51.49	>10	Tangki septik	± 5	
KB-05	2,6	5.07	17.49	>25	Tangki septik	± 3	
KB-06	2,3	6.06	32.51	>10	Selokan	± 1	
KB-07	11,5	5.57	34.76	>10	Tangki septik	± 8	
KB-08	0,5	5.01	15.04	>10	Selokan	± 1	
KB-09	11,5	5.19	31.31	>10	Selokan	± 5	Daerah pertanian
KB-10	0,7	5.93	52.51	>10	Selokan	± 1	
KB-11	4,2	5.42	18.38	>10	Tangki septik	± 3	
KB-12	1,0	6.14	182.42	>25	Tangki septik	± 3	
KB-13	0,3	6.67	211.93	>10	Selokan	± 1	
KB-14	0,5	6.68	261.81	>10	Selokan	± 1	
KB-15	0,7	6.75	274.42	>10	Selokan	± 1	
KB-16	0,5	6.86	164.55	>10	Tangki septik	± 1	
KB-17	3,9	7.13	241.86	>10	Tangki septik	± 1	
KB-18	3,9	7.09	224.45	>10	Tangki septik	± 3	
KB-19	1,3	7.17	184.53	>15	Selokan	± 1	
KB-20	2,6	6.95	314.15	>10	Selokan	± 1	
KB-21	4	6.9	219.47	>10	Selokan	± 1	



Gambar 2. Konsentrasi (a) TSS dan (b) TDS dalam airtanah bebas di Kabupaten Bandung bagian selatan.

Total Solid

Analisis TSS dan TDS dalam airtanah bebas di wilayah penelitian diperlihatkan pada Gambar 2. TSS merupakan total solid dalam bentuk tersuspensi, seperti lumpur, liat, dan organik halus. TSS merupakan salah satu indikator terdapatnya bakteri, nutrien, pestisida, ataupun logam berat di air (Murphy, 2007). Konsentrasi TSS yang memenuhi standar hanya terdapat pada lima lokasi pengamatan, yaitu KB-13, KB-16, KB-18, KB-20, dan KB-21, di 16 lokasi lainnya memiliki TSS yang melebihi standar (PP No.82 tahun 2001). Konsentrasi TSS tertinggi adalah pada titik KB-03 dan KB-10, yaitu sebesar 194 mg/L, sementara TSS terendah adalah pada titik KB-20, yaitu sebesar 14 mg/L (Gambar 2a).

Parameter TDS dalam air berada dalam bentuk terlarut. Keberadaan TDS dalam air menunjukkan terdapatnya karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, sodium, ataupun ion organik (Murphy, 2007). Konsentrasi TDS di seluruh titik pengamatan masih memenuhi standar baku mutu (PP No.82 tahun 2001). Konsentrasi TDS tertinggi adalah 796 mg/L di titik KB-15, sementara konsentrasi terendah adalah 104 mg/L di titik KB-06 (Gambar 2b).

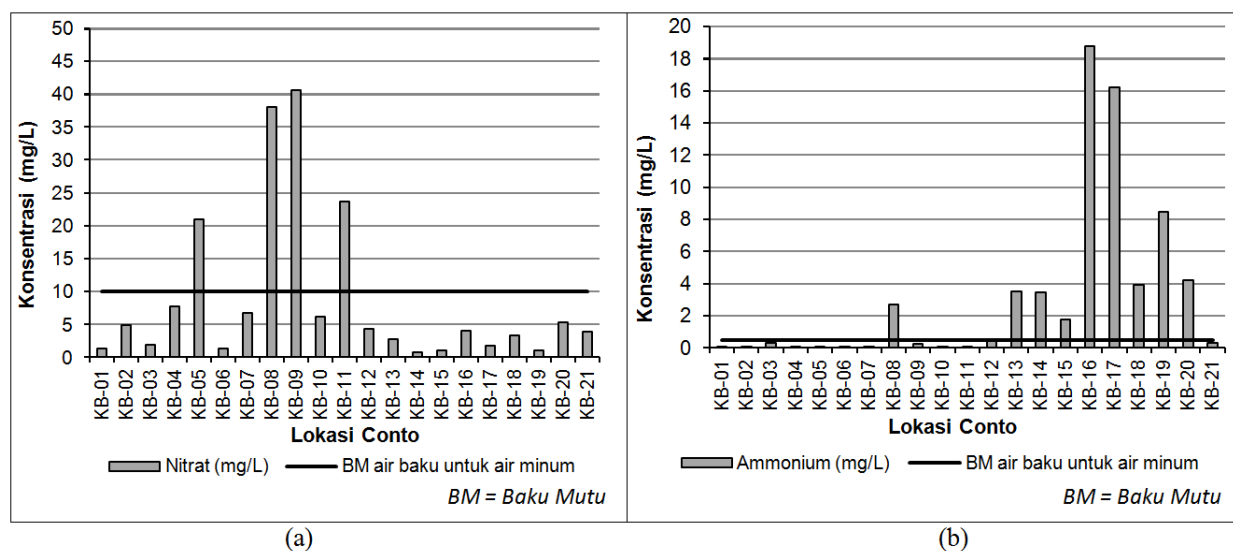
TDS dan TSS dapat berasal dari sumber alami, sampah, air limpasan perkotaan dan pertanian, serta limbah cair industri (Murphy, 2007 dan WHO, 1996). Gambar 2 memperlihatkan bahwa masalah solid pada airtanah bebas di lokasi penelitian disebabkan oleh kandungan TSS. Kandungan TSS yang melebihi baku mutu berada di lokasi Pangalengan, Banjaran, Margaasih, Margahayu, dan

Rancaekek. Lokasi-lokasi tersebut secara berurutan memiliki kepadatan penduduk sebagai berikut: 728 jiwa/km²; 2.755 jiwa/km²; 7.732 jiwa/km²; 11.687 jiwa/km²; dan 3.800 jiwa/km² (BPS Kab. Bandung, 2013). Menurut UU NO. 56 PRP Tahun 1960, wilayah dengan kepadatan > 400 jiwa/km² masuk pada kategori wilayah sangat padat. Padatnya penduduk menjadi salah satu faktor penyebab tingginya TSS di lokasi penelitian. Hal ini dikarenakan kepadatan penduduk berbanding lurus dengan timbulan sampah.

Pada lokasi sumur dengan kandungan TSS diatas baku mutu memiliki kondisi lingkungan yang kumuh dan keadaan sumur yang terbuka. Kondisi tersebut dapat menjadi penyebab mudahnya materi tersuspensi masuk ke dalam sumur. Sementara TSS di lokasi yang memenuhi baku mutu meskipun lokasi di sekitarnya kumuh tetapi kondisi sumur yang tertutup menjadi faktor yang melindungi air sumur dari limbah yang menjadi sumber pencemar solid.

Senyawa Nitrogen

Bentuk senyawa nitrogen yang diukur dalam airtanah adalah nitrat, nitrit, dan ammonia, dimana senyawa tersebut berasal dari urin, serta limbah pupuk pertanian (Sawyer *et al.*, 1994, Sudaryanto *et al.*, 2008, dan Onodera *et al.*, 2009). Effendi, 2003 menyatakan bahwa nitrogen di alam dapat dibedakan menjadi nitrogen organik (protein, asam amino dan urea) dan nitrogen anorganik (amonia, ammonium, nitrat, nitrit, dan molekul nitrogen). Dalam penelitian ini pembahasan senyawa nitrogen difokuskan pada nitrogen anorganik, yaitu nitrat, nitrit, dan ammonium.



Gambar 3. Konsentrasi nitrat (a) dan ammonium (b) dalam airtanah bebas di Kabupaten Bandung bagian selatan.

Hasil analisis nitrat dan ammonium dalam airtanah bebas di Kabupaten Bandung bagian selatan tertera di Gambar 3. Sementara, hasil untuk nitrit tidak digambarkan karena keberadaannya tidak terdeteksi dalam airtanah. Hal ini sesuai dengan penjelasan oleh Burkart (2001) dan Sawyer *et al.* (1994) yang menyatakan bahwa keberadaan nitrit dalam airtanah umumnya terbatas karena nitrit merupakan produk antara yang berasal dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi dan bersifat tidak stabil. Transpor kontaminan dari sumber sampai ke air sumur penduduk didukung oleh pola aliran airtanah dan permeabilitas tanah di lokasi tersebut. Pada Gambar 4 di bawah diperlihatkan pola aliran airtanah dan permeabilitas tanah yang disadur dari penelitian Narulita *et al.* (2008).

Airtanah bebas yang tercemar nitrat ada di empat lokasi (Gambar 3a), yaitu KB-05, KB-08, KB-09, dan KB-11. Konsentrasi nitrat tertinggi berada di titik KB-08 dan KB-09, masing-masing sebesar 38,07 mg/L dan 40,57 mg/L, yang jauh melebihi baku mutu dalam PP RI No. 82 (2001), yaitu 10 mg/L. Titik tersebut terletak di wilayah Pangalengan yang merupakan daerah pertanian yaitu perkebunan, dalam penelitian ini sumber utama nitrat dalam airtanah kemungkinan besar bersumber dari perkebunan. Sebagai contoh, pada Gambar 5 terlihat bahwa pada arah selatan dari titik KB-08 dan KB-09 terdapat perkebunan. Melihat pola aliran airtanah di Gambar 4 dan Gambar 5 yang bergerak dari selatan ke barat laut, maka nitrat

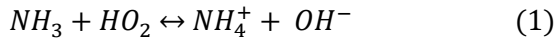
dalam air sumur dapat bersumber dari perkebunan yang berada di bagian selatan. Meskipun permeabilitas tanah tergolong sangat lambat (Gambar 4), tetapi karena perkebunan sudah ada sejak jaman Belanda dan didukung dengan pola aliran airtanah, maka sangat memungkinkan apabila transportasi nitrat telah mencapai airtanah.

Selain dari perkebunan, nitrat juga dapat berasal dari limbah domestik, seperti urin. Kondisi ini terjadi pada titik KB-05, yang pada bagian baratnya terdapat tangki septik, pertanian berupa sawah dan pertanian berupa perkebunan (Gambar 5). Arah aliran airtanah dari barat ke timur laut akan menyebabkan pergerakan nitrat dari tangki septik, sawah dan perkebunan sampai ke air sumur.

Kontaminasi ammonium ditemukan pada 9 titik pengamatan (Gambar 3.b), yaitu KB-08, KB-13, KB-14, KB-15, KB-16, KB-17, KB-18, KB-19, dan KB-20, dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada KB-16 yaitu 18,76 mg/L, selanjutnya disusul dengan KB-17 dan KB-19 sebesar 16,2 mg/L dan 8,46 mg/L. Titik-titik tersebut memiliki konsentrasi ammonium melebihi standar mutu sebesar 0,5 mg/L (PP RI No, 82, 2001).

Menurut Peavy *et al.* (1985) dan Sawyer *et al.* (1994) bahwa analisis kandungan ammonium sebagai indikasi adanya pencemaran dapat dilakukan pada air limbah atau air terpolusi. Lindenbaum (2012) menyatakan pula bahwa sumber kontaminasi ammonium dalam airtanah

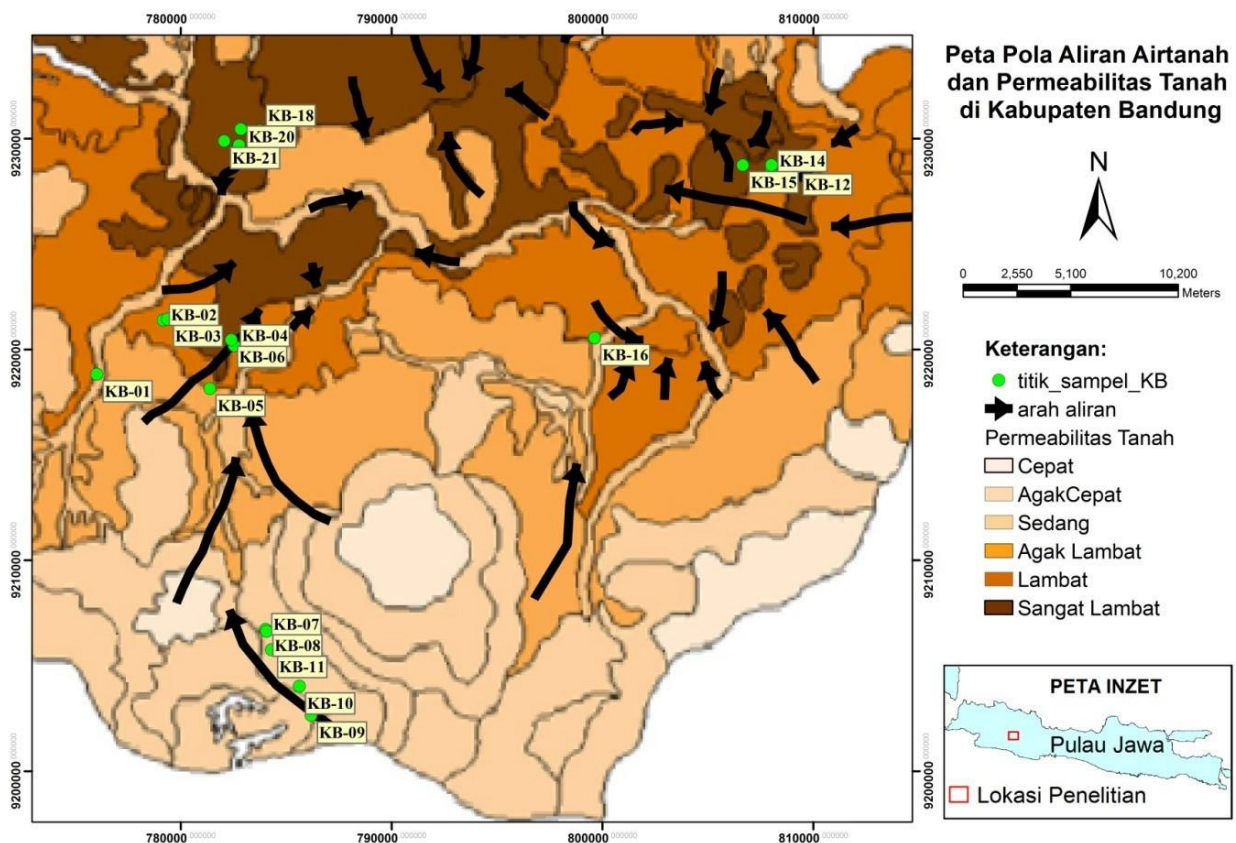
berasal dari tangki septik, buangan limbah cair penduduk dan industri. Urin manusia mengandung urea, yang mana 95% dari komposisinya adalah nitrogen dalam keberadaannya didalam air berada dalam bentuk kesetimbangan (Peavy *et al.*, 1985 dan Effendi, 2003), seperti diperlihatkan dengan reaksi dibawah:



Daerah yang terkontaminasi ammonium merupakan daerah yang padat penduduk dan kumuh. Dari pengamatan lapangan, tidak terdapat penyaluran limbah *grey water* (bekas mandi dan cuci) dan *black water* (urin dan tinja) yang baik di lokasi tersebut. Limbah domestik yang tidak dikelola dengan baik dan didukung dengan pola aliran airtanah merupakan penyebab keberadaan ammonium yang tinggi dalam air sumur. Contohnya adalah pada titik dengan kandungan ammonium paling tinggi, KB-16, memiliki pola

aliran airtanah bergerak dari arah utara dan selatan (Gambar 4). Pada lokasi tersebut limbah domestik, yaitu toilet, tangki septik, dan selokan, berada di hampir seluruh posisi sumur. Sumber ammonium yang berasal dari utara dan selatan sumur dapat bergerak menjangkau air di sumur mengikuti aliran airtanah. Hal yang sama juga dengan KB-17 yang pada sebelah utaranya terdapat sumber *black water* (toilet dan selokan yang digunakan untuk BAB). Pada daerah ini pola aliran airtanah adalah dari utara ke selatan (Gambar 4). Oleh karena itu, ammonium yang berasal dari tangki septik dapat bergerak ke air sumur.

Selain dari sumber nitrat dan ammonium yang berasal dari limbah domestik dan pertanian, tekstur tanah penutup di daerah penelitian umumnya adalah pasir, sehingga memiliki porositas tinggi dan dapat mendukung pergerakan pencemar nitrat dan ammonium menuju air tanah.



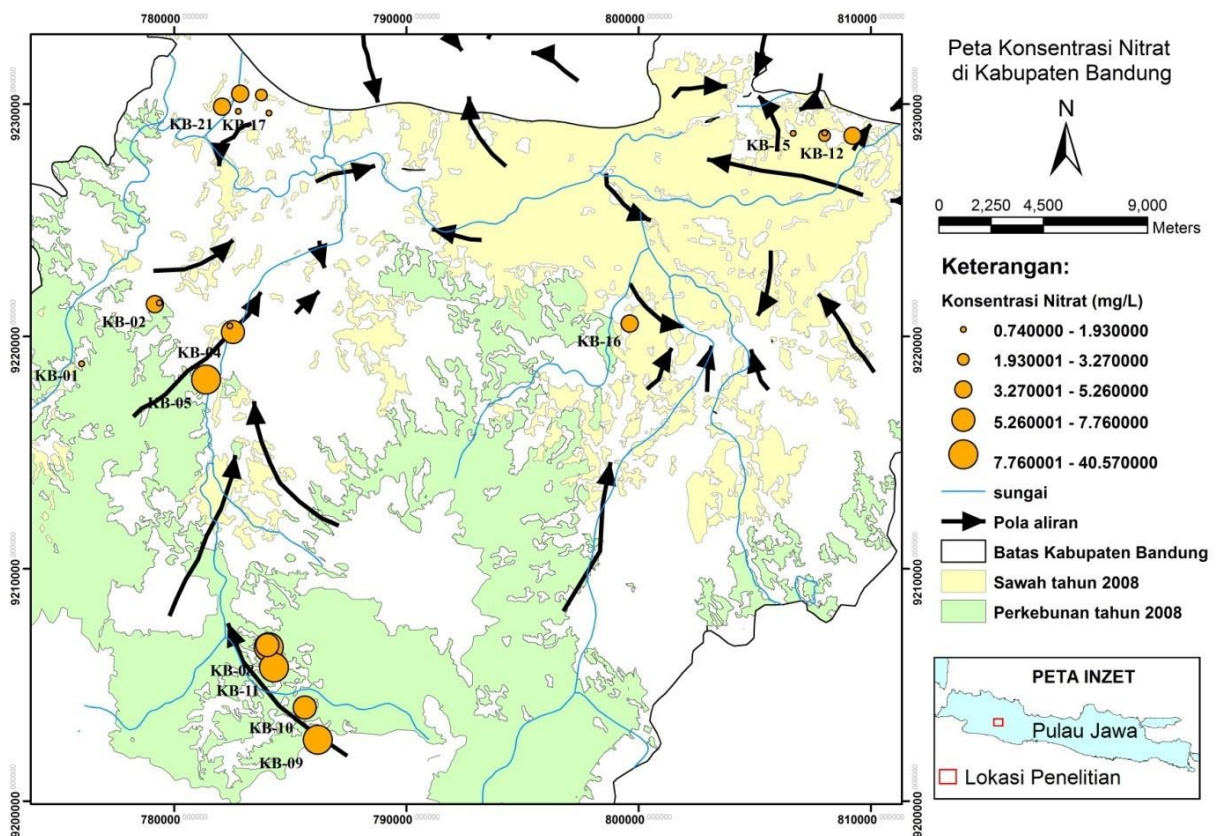
Gambar 4. Pola aliran airtanah dan permeabilitas tanah di lokasi penelitian (Sumber: modifikasi dari Narulita *et al.*, 2008).

Bakteri Coliform

Analisis kandungan bakteri *coliform* pada airtanah bebas dilakukan di sepuluh lokasi, yaitu Margahayu, Margaasih, dan Rancaekek. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada hasil survey lapangan yang menunjukkan lokasi tersebut memiliki kondisi sanitasi yang buruk dan kepadatan penduduk yang tinggi dibanding lokasi yang lain sehingga perlu dilakukan analisis kandungan *coliform*.

Bakteri *total coliform* adalah bakteri aerobik dan fakultatif anaerobik. Uji keberadaannya merupakan tes dasar dalam mengetahui kontaminasi bakteri dalam air, yang mana uji ini dapat memberikan gambaran umum kondisi kebersihan sumber air bersih (New York State Department of Health, 2011).

Total coliform merupakan grup bakteri yang terdapat secara alami di alam. Contoh bakteri yang



Gambar 5. Peta sebaran pencemar pertanian dan domestik di lokasi penelitian (Sumber: modifikasi dari Narulita dkk, 2008).

Bakteri *total coliform* dan *fecal coliform* merupakan grup bakteri yang umum digunakan sebagai indikator untuk melihat kualitas air. Selain itu, grup bakteri ini juga dapat dijadikan sebagai *tracer* dalam melihat kemungkinan kontaminasi airtanah oleh tangki septik (Alhajjar *et al.*, 1987; Harvey, 1997; Megha, *et al.*, 2015). Air yang mengandung bakteri *total coliform* dan *fecal coliform* biasanya tidak berasa, berbau, maupun berwarna, sehingga butuh uji laboratorium untuk mengetahui keberadaan bakteri ini dalam air.

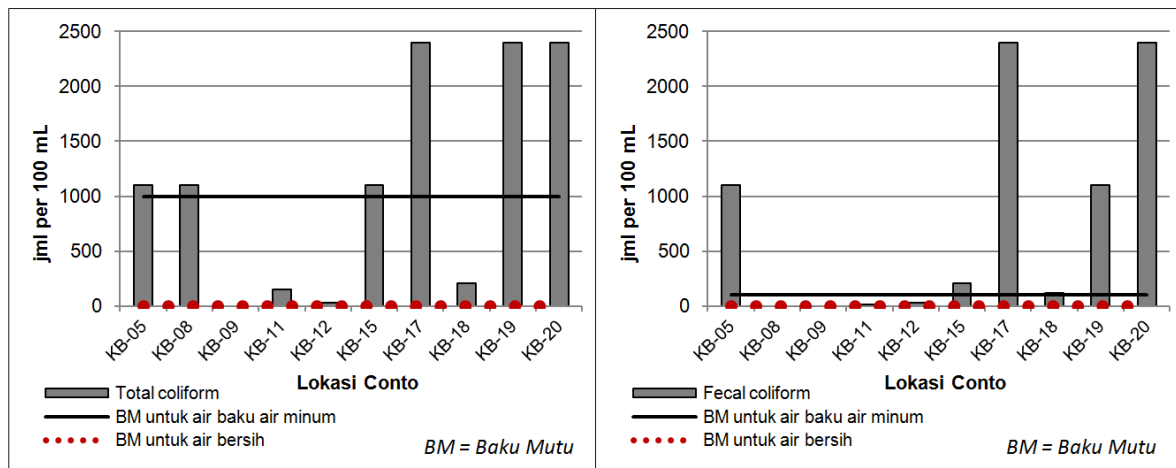
termasuk dalam grup ini adalah *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan *Citrobacter* (Bitton, 2005, New York State Department of Health, 2011). Grup bakteri ini tidak membahayakan kesehatan manusia, tetapi keberadaannya dalam air merupakan indikasi terdapatnya bakteri patogen, virus, protozoa, dan parasit. Bakteri berbahaya yang hidup bersama grup *coliform* dapat menyebabkan gangguan pencernaan seperti diare, mual, muntah, dan penyakit lain yang dapat berakibat fatal bagi penderitanya.

Bakteri *fecal coliform* adalah bakteri aerobik. Contoh bakteri dari grup ini adalah *Escherichia coli* (*E. coli*). Keberadaan grup bakteri ini dalam air mengindikasikan adanya kontaminasi materi *fecal* dari hewan berdarah panas yaitu manusia dan hewan (Bitton, 2005, NY State Dept of Health, 2011 dalam Coleman, 2013). Bakteri yang hidup bersama dengan *fecal coliform* umumnya bersifat patogen bagi manusia. Sumber bakteri *fecal coliform* lebih spesifik dibandingkan dengan bakteri total *coliform*, sehingga bakteri dari grup *fecal coliform* merupakan indikator yang lebih akurat dalam menganalisis kontaminasi air akibat limbah manusia (NY State Dept of Health, 2011).

Kandungan bakteri total *coliform* dan *fecal coliform*

dengan pengolahan, akan tetapi tidak baik digunakan sebagai air bersih. Airtanah dengan kandungan *fecal coliform* tinggi sehingga tidak dapat digunakan sebagai air baku untuk air minum adalah di lokasi KB-05, KB-15, KB-17, KB-18, KB-19, dan KB-20. Apabila dimanfaatkan sebagai air bersih, maka hanya lokasi KB-08 dan KB-09 yang memenuhi baku mutu, dan airtanah di lokasi lainnya membutuhkan pengolahan sebelum digunakan sebagai air bersih ataupun air baku air minum.

Pada lokasi KB-05, KB-17, dan KB-20 seluruh bakteri total *coliform* berasal dari golongan *fecal coliform*, sedangkan pada lokasi KB-18 dan KB-19 masing-masing sebesar 57% dan 46% dari total



Gambar 6. Kandungan bakteri total *coliform* (a) dan *fecal coliform* (b) dalam airtanah bebas di Kabupaten Bandung bagian selatan.

dalam air baku air minum, masing-masing tidak boleh melebihi 1.000 jml/100 mL air dan 100 jml/100 mL air (PP RI No. 82 tahun 2001). Sementara dalam PERMENKES No. 416 tahun 1990 mewajibkan air yang digunakan sebagai air bersih harus bebas dari bakteri total *coliform* dan *fecal coliform*. Air baku air minum yang dimaksud adalah air yang dapat digunakan sebagai air minum setelah pengolahan sederhana dan air bersih adalah air yang memenuhi syarat kesehatan untuk langsung digunakan sehari-hari, seperti mandi, sikat gigi, dan mencuci peralatan makan.

Gambar 6 memperlihatkan hasil analisis kandungan bakteri *coliform*. Airtanah di lokasi KB-05, KB-08, KB-15, KB-17, KB-19, dan KB-20 tercemar parameter total *coliform* sehingga tidak memenuhi syarat untuk dijadikan air baku air minum. Lokasi KB-18 dapat digunakan sebagai air baku air minum

coliform adalah golongan *fecal coliform* (Gambar 6). Bakteri *fecal coliform* memiliki sumber yang spesifik, yaitu tinja manusia dan hewan berdarah panas. Kondisi perumahan kumuh dan sebagian masyarakat membuang limbahnya langsung ke lingkungan menjadi salah satu sumber *fecal coliform*. Hal ini terlihat jelas di lokasi KB-17 dan KB-20 yang penduduknya membuang limbah *black water* pada saluran terbuka di sekitar lokasi. Saluran tersebut terletak di sebelah utara sumur KB-17 dan sebelah timur sumur KB-19. Berdasarkan pola airtanah pada Gambar 4, aliran airtanah pada KB-17 bergerak dari utara ke selatan dan pada KB-19 bergerak dari utara ke barat daya. Arah aliran tersebut membantu pergerakan bakteri *fecal coliform* ke air sumur. Tanah pada lokasi tersebut memiliki permeabilitas sangat lambat, akan tetapi dikarenakan pembuangan limbah *black water* sudah lama, maka kontaminan telah mencapai airtanah.

KESIMPULAN

Ditemukan pencemaran solid (TSS) di 16 lokasi penelitian yang tersebar di Pangalengan, Banjaran, Margaasih, Margahayu, dan Rancaekek dengan nilai TSS tertinggi pada KB-03 sebesar 194 mg/L. Pencemaran nitrat ditemukan di 4 lokasi, dengan nilai nitrat tertinggi ditemukan pada KB-09 di Pangalengan sebesar 40,57 mg/L. Pencemaran ammonium ditemukan pada 9 lokasi penelitian dengan nilai tertinggi ditemukan pada KB-16 di Ciparay dengan nilai 18,76 mg/L, dan *coliform* (*total coliform* dan *fecal coliform*) ditemukan pada 7 lokasi, yaitu di Margahayu, Pangalengan, Margaasih dan Rancaekek. Pencemar solid bersumber dari limbah domestik yang didukung dengan kondisi sumur yang terbuka, dan pencemaran nitrat kemungkinan disebabkan oleh kegiatan pertanian (perkebunan) yang sudah beroperasi lebih dari seratus tahun di lingkungan tersebut. Kontaminasi ammonium berasal dari limbah domestik (urin dan feses) yang ada di sekitar sumur, sementara kontaminasi *coliform* berasal dari tinja manusia dan hewan berdarah panas yang terdapat dalam tangki septik dan saluran air terbuka yang digunakan sebagai toilet. Dengan demikian pergerakan kontaminan dari sumber ke airtanah sumur penduduk dipengaruhi oleh arah aliran atau pola aliran airtanah di lokasi penelitian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian airtanah di Kabupaten Bandung. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian “Teknologi Perbaikan Kualitas Airtanah Dangkal di Wilayah Tercemar Limbah Domestik”, dengan pendanaan DIPA TA 2013-2014. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Ir. Sudaryanto, MT atas bimbingan dan masukannya dalam penyusunan tulisan ini. Tidak lupa kami ucapkan terimakasih kepada rekan-rekan peneliti dan litkayasa yang tergabung dalam tim penelitian dan semua pihak yang telah membantu dalam proses perolehan dan pengolahan data tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alhajjar, B.J., Harkin, J.M., Cliver, D.O dan Stramer, S.L., 1987. Biological Tracers of Pollution Plumes from Septic

Systems. Proceedings of The Fourth Annual Eastern Regional Groundwater Conference, Burlington, VT, July 14-16 (1987). P 247-277. National Water Well Association. Dublin, Ireland.

Bitton, G., 2005. Wastewater Microbiology. 3rd Edition. John Wiley and Sons, New Jersey, USA. 768 pp.

BLH Kabupaten Bandung., 2011. Status Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung. Kabupaten Bandung. Indonesia.

BPS Kab. Bandung, 2013. Penduduk dan Tenaga Kerja KBDA 2013. Kabupaten Bandung, Indonesia. Diunduh di <http://bandungkab.bps.go.id/subyek/penduduk-dan-tenaga-kerja-kbda-2013>. Diakses: Juni 2015.

BPS Provinsi Jawa Barat, 2014. Jawa Barat dalam Angka. Indonesia. Diunduh di <http://jabar.bps.go.id/publikasi/jawa-barat-dalam-angka-2014>. Diakses Januari 2015.

Burkart, M.R., dan Jeffrey D.S., 2001. Nitrogen in The Environment: Sources, Problems and Management. Chapter 6 Nitrogen in Groundwater Associated with Agricultural Systems. Elsevier. 123 – 145 pp. doi:10.1016/B978-044450486-9/50000-5

Coleman, B.L., Louie, M., Salvadori, M.I., McEwen, S.A., Neumann, N., Sibley, K., Irwini, R.J., Jamieson, FB., Daignault, D., Majury, A., Braithwaite, S., Crago, B., dan McGeer.A.J., 2013. Contamination of Canadian Private Drinking Water Sources with Antimicrobial Resistant Escherichia Coli. Scieverse Science Direct. Water Research, 47, 3026 – 3036 pp. doi: 10.1016/j.watres.2013.03.008

Delinom, R. M., 2011. The proposed groundwater management for Greater Jakarta Area, Indonesia., Grounwater and Subsurface Environments. Springer Tokyo Dordrecht Heidelberg London New York. p. 113-125. doi:10.1007/978-4-431-53904-9_6

Effendi, H., 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.

Harvey, R.W., 1997. Microorganism as Tracers in Groundwater Injection and Recovery

- Experiments: A Review. Elsevier. FEMS Microbiology Reviews, 20, 461-472 pp.
- Kirchmann, H. dan Petterson, S., 1995. Human Urine – Chemical Composition and Fertilizer Use Efficiency. *Journal Fertilizer Research*, 40(2), 149-154 pp. doi: 10.1007/BF00750100
- Lindenbaum, J., 2012. Identification of Sources of Ammonium in Groundwater using Stable Nitrogen and Boron Isotopes in Nam Du, Hanoi. Dissertation. Departement of Geology. Lund University. Scandinavia. 40 pp.
- Megha, P. U., Kavya, P., Murugan, S., Harikumar, P. S., 2015, Sanitation Mapping of Groundwater Contamination in a Rural Village of India, *Journal of Environmental Protection*, 34-44 pp, doi: 10.4236/jep.2015.61005.
- Menteri Kesehatan.,1990. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416 Tahun 1990 tentang Syarat- syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Lampiran II. Jakarta, Indonesia.
- Murphy, S.. 2007. General Information on Solids. USGS Water Monitoring. Ada di <http://bcn.boulder.co.us/basin/data/BACT/info/TSS.html>. Diakses: November 2013.
- Narulita, I., Rachmat, A., dan Maria, R., 2008. Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi di Cekungan Bandung. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 18(1), 23-35 pp. doi:10.14203/risetgeotam2008.v18.9
- New York State Department of Health., 2011. Coliform Bacteria in Drinking Water Supplies. Diunduh di http://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform_bacteria.html. Diakses: Desember 2012.
- Onodera, S., 2011, Subsurface pollution in Asean Megacities, Grounwater and Subsurface Environments. Springer Tokyo Dordrecht Heidelberg London New York. 159-184 pp. doi: 10.1007/978-4-431-53904-9_9
- Onodera, S., Saito, M., Sawano, M., Hosono, T., Taniguchi, M., Shimada, J., Umezawa, Y., Lubis, R. F., Buapeng, S., dan Delinom, R., 2009, Erratum to “Effects of intensive urbanization on the intrusion of shallow groundwater into deep groundwater: Examples from Bangkok and Jakarta”, *Science of the Total Environment* 407, 3209–3217PP. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.01.049
- Peavy, H.S., Rowe, D., dan Tchobanoglous, G.,1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill International Editions Civil Engineering Series, Singapore. 719 pp.
- Pemerintah Kab. Bandung, 2012. Peta dan Topografi. Kabupaten Bandung, Indonesia. Diunduh di <http://www.bandungkab.go.id/arsip/19/peta-dan-topografi>. Diakses: Juni 2015.
- Pemerintah Republik Indonesia., 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air danPengendalian Pencemar Air. Jakarta, Indonesia.
- PERPAMSI, 2012. PDAM Kabupaten Bandung. Kabupaten Bandung, Indonesia. Diunduh di <http://perpamsi.or.id/pdam-members/read/117/pdam-kabbandung-tirta-raharja.html>. Diakses Desember 2012.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F.,1994. *Chemistry for Enviromental Engineering*. McGraw-Hill International Editions Civil Engineering Series, Singapore. 658 pp.
- Stumm, W. dan Morgan, J.J.,1981. *Aquatic Chemistry an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters second edition*, John Wiley and Sons, Canada. 780 pp.
- Sudaryanto, dan Suherman, D., 2008. Degradasi Kualitas Airtanah Berdasarkan Kandungan Nitrat di Cekungan Jakarta, *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, Vol 18 (2), 61-68. doi: 10.14203/risetgeotam2008.v18.17
- Tang, C., Azuma, K., Iwami, Y., 2004. Nitrate Behaviour in the Groundwater of Headwater Wetland, Chiba, Japan. *Hidrological Processes*, Published online Wiley InterScience. doi: 10.1002/hyp.5755
- Undang-undang Presiden Republik Indonesia., 1960. Undang-undang Nomor 56 PRP Tahun 1960 tentang Penetapan Luas Tanah Pertanian. Jakarta, Indonesia
- WHO., 1996. *Guidelines for Drinking – Water Quality: Health Criteria and Other Supportin Information*. 2nd ed. Vol. 2.World Health Organization, Geneva.