

PENCEMARAN AIR PERMUKAAN DAN AIR TANAH DANGKAL DI HILIR KOTA CIANJUR

M. Rachman Djuwansah, Ade Suriadarma, Dadan Suherman, Anna Fadliyah Rusydi dan Wilda Nailly

ABSTRACT Surface water and shallow groundwater, along streams segments across Cianjur city, have been analyzed in order to determine their pollution levels. Surface water and shallow groundwater in the downstream of Cianjur city was polluted in different level. Pollution of surface water was characterized by high content of BOD that the water could not be used as a raw for potable water, but still usable for irrigation and fishery. Self Purification process in the study area seem would never reach the level of potable raw water quality, since the average amount of non point source pollutant was higher than the rate of self purification. The symptom of nitrogen pollution had been appeared in the shallow groundwater, but the water was still usable for the raw of potable water.

Naskah masuk: 10 Oktober 2009
Naskah diterima: 4 November 2009

M. Rachman Djuwansah
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : djuwansah@geotek.lipi.go.id

Ade Suriadarma
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : suriadarma@geotek.lipi.go.id

Dadan Suherman
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : dadan.suherman@geotek.lipi.go.id

Anna Fadliyah Rusydi
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : anna.fadliyah.rusydi@geotek.lipi.go.id

Wilda Nailly
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : wilda@geotek.lipi.go.id

For anticipating the worsening condition in the future, urban hydrology approach in managing water resource of the area. Should be attempted

Keywords : pollution, surface water, self purification, shallow groundwater, urban, nitrogen

ABSTRAK Air permukaan dan airtanah dangkal pada sumur-sumur gali di sepanjang ruas-ruas sungai yang melintasi kota Cianjur ke arah hilir telah dianalisis untuk mengetahui tingkat pencemarannya. Air Permukaan dan Airtanah dangkal di Hilir kota Cianjur telah mengalami pencemaran pada tingkat yang berbeda. Pada air permukaan pencemaran ditandai dengan kandungan BOD tinggi sehingga air tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum, tetapi masih dapat dimanfaatkan sebagai air irigasi dan perikanan. Proses pemurnian kembali air di daerah studi tampaknya tidak akan terjadi karena jumlah rata-rata limbah yang masuk secara acak lebih besar daripada daya pulih aliran di daerah tersebut. Gejala pencemaran Nitrogen telah tampak pada air tanah dangkal, tetapi air masih dapat digunakan sebagai sumber air minum. Untuk mengantisipasi memburuknya keadaan di masa mendatang, perlu mulai difikirkan untuk mengelola sumberdaya air daerah ini dengan pendekatan hidrologi urban.

Kata kunci : pencemaran, air permukaan, daya pulih, airtanah dangkal, perkotaan, nitrogen.

PENDAHULUAN

Kota-kota di Indonesia, khususnya di Jawa barat, kini sedang mengalami pertumbuhan yang pesat. Di beberapa kota besar, kesulitan air bersih sudah umum dirasakan oleh sebagian besar penduduknya, seperti misalnya Jakarta dan Bandung, yang secara iklim serta kerangka

lingkungan memiliki potensi sumberdaya air yang besar. Permasalahan air di daerah padat penduduk, disamping pengambilan berlebih (*overexploitation*), seringkali pemakaiannya menghasilkan limbah yang pekat yang dibuang langsung ke perairan. Sementara itu, masih banyak penduduk kota, terutama daerah pinggiran yang masih memanfaatkan air permukaan dan airtanah dangkal sebagai sumber air domestik karena belum terjangkau oleh jaringan perpipaan air bersih.

Di daerah urban, sumur gali masih merupakan sumber air penting untuk sebagian besar masyarakat, sedangkan di luar kota, air permukaan masih pula banyak dipakai, terutama untuk mandi dan mencuci. Oleh karena itu, distribusi kualitas air beserta laju pemulihan limbah di daerah pinggiran (*sub-urban*) sebelah hilir kota perlu diketahui untuk mengevaluasi pemakaian air pada suatu kota terhadap daya dukung sumberdaya air daerah tersebut dari sisi kualitas air. Pemakaian air dianggap dalam batas daya dukungnya apabila tidak menghasilkan limbah melampaui ambang batas bahaya (yang ditentukan peraturan) atau penyebarannya terkendali sehingga sebelum kualitasnya pulih, tidak mencemari sumber-sumber pemakaian air.

Studi ini dilakukan sebagai salah satu langkah untuk melakukan optimasi batas-batas kemampuan suatu wilayah dengan karakter lingkungan hidrologisnya dalam mendukung kehidupan penduduknya secara berkelanjutan dari sisi kualitas air. Sebagai contoh kasus diambil kota Cianjur karena dimensi (luas, jumlah penduduk, aktifitas) kota relatif sedang untuk ukuran kota-kota di Indonesia, dengan latar belakang lingkungan daerah vulkanik.

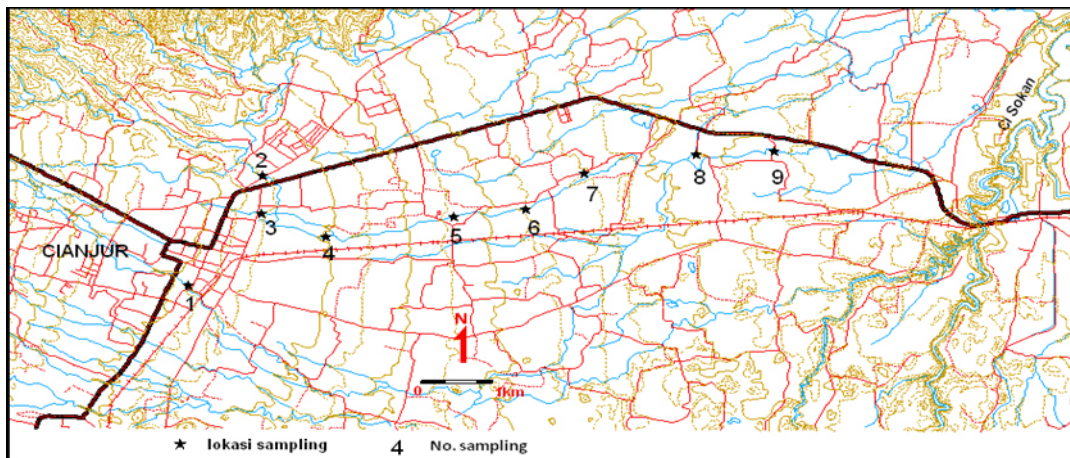
Penelitian ini dilakukan agar status daya dukung sumber daya air, khususnya dalam hal kualitas air di daerah studi diketahui. Sasaran penelitian adalah: (1) distribusi kualitas air di hilir, (2) daya pulih kembali di sepanjang ruas sungai, dan (3) pengaruh kedua hal tersebut pada distribusi kualitas airtanah dangkal, serta implikasinya terhadap kemungkinan pemanfaatan sebagai sumber air.

Penelitian dilakukan dengan cara analisis kimia sampel-sampel air yang diambil pada awal dan pertengahan musim kemarau (8 Mei dan 25 Agustus) tahun 2008. Evaluasi kualitas air, baik air permukaan maupun airtanah dangkal, dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisis terhadap baku mutu air yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Departemen Kesehatan. Hasil analisis kimia tersebut kemudian diuji kembali terhadap model baku untuk menilai tingkat daya pulih kembali air pada alirannya secara alami. Evaluasi pencemaran airtanah dangkal dilakukan dengan mengkaji kembali kandungan berbagai bentuk Nitrogen yang terdapat dalam airtanah dangkal terhadap proses daur nitrogen di alam khususnya di dalam tanah.

LOKASI PENELITIAN.

Kota Cianjur dipilih karena limbah yang dihasilkan kota ini masih dianggap berada pada tingkat yang mungkin dibersihkan kembali secara alami. Area di luar kota ini masih merupakan tanah-tanah terbuka hijau berupa lahan pertanian dan terutama di hilirnya, berupa pesawahan. Kota ini terletak pada dataran kipas vulkanik dengan ketinggian antara 450 – 750 m di atas permukaan laut. Bentuk wilayah datar sampai bergelombang. Temperatur udara harian berkisar antara 19 sampai 24°C, dengan curah hujan rata-rata tahunan yang jatuh di atas kota berfluktuasi antara 2000 – 3000 mm. Kota Cianjur meliputi area seluas 23.44 km² dan dihuni oleh sekitar 141,343 jiwa.

Pegukuran dilakukan pada ruas sungai Cianjur Leutik yang melintasi kota ini, dimulai pada ujung kota timur kota, yang merupakan daerah hilir kota dilihat dari sistem pola aliran (gambar 1) Secara fisik alur aliran kedua sungai ini telah mendapatkan banyak mendapat sentuhan manusia, misalnya berupa pemasangan pintu-pintu air serta tembok dan tanggul pada kedua tepiannya, karena sungai ini difungsikan pula sebagai sarana *drainase* dan penggelontor kota.



Gambar 1. Lokasi sampling pada ruas sungai penelitian di Cianjur

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran di lapangan dan analisa kimia parameter-parameter kualitas air. Conto diambil dari ruas anak sungai perwakilan di hilir kota Cianjur dengan kerapatan pengambilan 1 km/conton. Pengambilan conto dilakukan pada akhir musim penghujan di bulan Mei 2008 dan pada pertengahan musim kemarau (Agustus 2008). Air sumur gali yang terletak berdekatan dengan lokasi pengambilan conto air permukaan juga diambil.

Analisis kimia dilakukan untuk mengetahui parameter penduga kualitas seperti derajat kemasaman (pH), daya hantar listrik (DHL), kebutuhan oksigen biologi (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dan oksigen terlarut (DO), kandungan kation dan anion utama (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻), kandungan pencemar yang umum seperti senyawa nitrogen (N-total, nitrat dan nitrit), dan fosfor. Analisis serupa dilakukan untuk air tanah dangkal, kecuali nilai-nilai BOD, COD dan DO. Pendugaan daya pulih kembali dilakukan dengan menghitung waktu kritis (tc) dan jarak kritis (xc) dengan model *sag curve* (Streeter and Phelps, 1925) dengan menggunakan program QUAL2K (Chapra et al., 2008) sesuai dengan yang disarankan Kementerian Lingkungan Hidup

(Keputusan MENLH No 110 Tahun 2003). Persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu kritis (tc), jarak kritis (Xc), defisit DO saat tc (Dc), dan beban BOD maksimum yang diijinkan adalah sebagai berikut:

Perhitungan tc dan Xc

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K'} \ln \left[\frac{K_2'}{K'} \left(1 - \frac{D_0(K_2 - K')}{K'L_0} \right) \right]$$

$$X_c = t_c v$$

Perhitungan Dc

$$D_c = \frac{K'}{K_2'} L_0 e^{-K't_c}$$

dimana:

tc = waktu kritis (hari)

Xc = Jarak kritis (km)

V = kecepatan aliran sungai (km/hari)

Dc = Defisit oksigen terlarut pada tc (mg/L)

Sebelum menghitung harga BOD maksimum yang diijinkan, dilakukan perhitungan untuk menghitung BOD ultimat untuk kondisi beban BOD maksimum (La). Persamaan yang digunakan untuk menghitung La adalah:

$$\log L_a = \log D_{\text{all}} + \left[1 + \frac{K'}{K'_2 - K'} \left(1 - \frac{D_0}{D_{\text{all}}} \right)^{0,418} \right] \log \frac{K'_2}{K'}$$

Setelah harga L_a diperoleh, dihitung beban BOD maksimum yang diijinkan dengan persamaan

$$BOD_5^{20} \text{ maksimum} = L_a (1 - e^{-5K})$$

Evaluasi tingkat pencemaran di daerah studi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis kandungan kimia air terhadap standar kualitas air menurut Peraturan Pemerintah No. 82, Tahun 2001 (PP-82) Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peraturan ini mendefinisikan Kriteria Mutu Air berdasarkan kelayakan penggunaan yang dibagi menjadi empat kelas, masing-masing secara berurutan adalah sbb: Kelas I untuk bahan baku Air minum, kelas II untuk rekreasi Air, Kelas III untuk budidaya ikan air tawar dan Kelas IV untuk mengairi pertanian. Khusus untuk keperluan air minum PP ini dilengkapi dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 (KEPMENKES-907).

Pemulihan sungai yang dimaksud adalah mekanisme alami yang memelihara atau memperbaiki kualitas air aliran yang tercemar untuk tetap atau kembali menjadi bersih. Mekanismenya berkaitan dengan proses-proses kimia, fisik dan biologis yang terjadi pada suatu aliran air. Sedangkan daya pulih adalah tingkat kemampuan suatu aliran sungai untuk membersihkan kembali aliran airnya, yang diekspresikan dengan waktu (t) atau jarak (x) tempuh alir yang diperlukan oleh sejumlah luah air dengan konsentrasi pencemar tertentu sampai dengan suatu titik lokasi dimana air sudah dianggap bersih kembali. Indikator tingkat kebersihan yang dipakai adalah: Kemasaman (pH), Oksigen Terlarut (DO = *Dissolved Oxygen*), Kebutuhan Oksigen Biologis ($BOD = \text{Biochemical Oxygen Demand}$) dan Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD = *Chemical Oxygen Demand*). Sedangkan untuk badan air tergenang (kolam, waduk, situ, dsb.) disamping parameter-parameter di atas biasanya ditambahkan dengan kandungan NH_3 , NO_3 , dan P_2O_5 . Metoda pendugaan laju proses daya pulih pada suatu

aliran telah dikembangkan sejak lama (Streeter dan Phelps, 1925), kini dikenal dengan dengan model *sag curve*, dan pengujiannya di lapangan telah pula banyak dilakukan (Emselem et.al., 1981; Ohsumi et. Al., 2006).

Pencemaran airtanah diketahui dengan mendeteksi zat-zat pencemar di dalam airtanah. Perbandingan komposisi kimia airtanah dengan komposisi kimia air permukaan serta susunan kimia batuan lapisan pembawa airnya dapat dipakai untuk menentukan sumber pencemar. Sumber pencemar airtanah yang paling banyak dijumpai sampai saat ini berasal dari bahan limbah yang dibuang manusia di permukaan tanah dan tidak dapat tersaring oleh lapisan tanah (Freeze et.al., 1979; Mathes et. Al., 1982). Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk nitrogen yang paling umum dijumpai di dalam tanah (Hem, 1989). Bentuk nitrogen lainnya yang mungkin dijumpai terlarut dalam air tanah adalah amonium (NH_4^+), amoniak (NH_3), nitrit (NO_2^-), nitrogen (N), Nitrogen Oksida (N_2O), dan nitrogen organik. Kandungan nitrat di dalam air tanah umumnya berasal dari permukaan, oleh karena itu di dalam airtanah nitrat dianggap sebagai sebagai kontaminan (Freeze, 1979).

HASIL PEGUKURAN DAN ANALISIS

Kebanyakan angka-angka yang dihasilkan pengukuran dan analisis berada dalam kisaran yang tidak berbahaya sebagai limbah. Kajian pada tulisan ini difokuskan pada parameter-parameter yang besarnya dapat dikategorikan bersifat sebagai pencemar atau distribusinya memberikan indikasi terhadap pola penyebaran limbah.

Pada ruas pewakil, aliran air sungai ke hilir mengalami kenaikan dan penurunan luah yang berulang. Fluktuasi seperti ini jarang dijumpai pada sungai alami yang umumnya terus meningkat semakin ke hilir. Melihat besarnya lonjakan luah di ruas anak sungai di kedua waktu pengambilan conto, tampak bahwa air tidak hanya mengalir di saluran sungai tetapi bersirkulasi (keluar-masuk) pula ke dataran sekitar alur sungai pada kedua sisinya. Sirkulasi terjadi karena sungai tersebut difungsikan

sebagai pemasok dan pengumpul saluran-saluran penggelontor dan irigasi.

Tingkat Pencemaran

Parameter-parameter kimia fisik penduga kualitas air yang dianalisis di kedua ruas sungai memperlihatkan kualitas yang cukup baik berdasarkan (KEPMENKES-907). Tingkat kemasaman umumnya netral sampai basa, tetapi masih pada kisaran nilai pH yang diizinkan untuk pemanfaatan air kelas I sampai III (pH =6-9) maupun IV (pH = 5 – 9). Demikian pula nilai DHL yang semuanya masih jauh berada di bawah di bawah 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ yang menunjukkan nilai DHL air tawar ideal.

Kenaikan nilai DHL di daerah studi hampir selalu disertai dengan kenaikan nilai pH. Karena pada umumnya air hujan memiliki derajat yang sedikit masam (pH sekitar 5.5 s/d 6.5) dan pelarutan hasil lapukan batuan di daerah tropis jarang menghasilkan pH air di atas 7 (Hem, 1985), maka hubungan kenaikan nilai pH dan DHL ini disebabkan oleh limbah yang masuk ke dalam badan air tersebut. Limbah domestik di perkotaan umumnya bersifat basa. Pada pemakaian sehari-hari Na banyak terdapat dalam bahan kimia rumah tangga, antara lain sebagai sabun dan pemutih. K tidak banyak dipakai dalam bahan kimia rumah tangga, tetapi banyak dipakai sebagai pupuk dan merupakan salah satu pupuk terpenting. Nilai Na dan K tidak dipersyaratkan dalam Peraturan Pemerintah No. 82, Tahun 2001. Padahal Kandungan Na yang tinggi akan menimbulkan masalah apabila perbandingannya dengan ketiga kation yang lain (K, Ca, dan Mg) terlalu tinggi. Kandungan Na pada air permukaan di daerah studi umumnya lebih rendah daripada kandungan Ca, sehingga kandungan Na dan K tidak membahayakan lingkungan. Untuk air minum (KEPMENKES 907) konsentrasi maksimum Na dipersyaratkan sebesar 200 mg/l. Untuk persyaratan ini, Kandungan Na di daerah studi masih berada pada batas yang aman.

Unsur lainnya yang biasa didapati pada limbah rumah tangga adalah fosfat (PO_4^{3-}) dan nitrogen (N). Disamping dipakai dalam bahan kimia rumah tangga, P dan N biasa ditemukan pada

sisia makanan. Oleh karena itu limbah P dan N banyak dijumpai dalam bentuk organik (Mahida, 1981). P dan N juga merupakan pupuk utama dalam pertanian. Di dalam syarat air minum (KEPMENKES-907), Total-P tidak termasuk ke dalam parameter kimia yang disyaratkan, namun dalam PP-82 fosfat termasuk ke dalam parameter kimia anorganik yakni Total-P sebagai Fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) yang kandungannya dibatasi 0,2 mg/L untuk kelas I dan II, 1 mg/L untuk kelas III, dan 5 mg/L untuk kelas IV. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk total fosfat, sehingga harus dikonversi dijadikan total-P sebagai fosfor. Hasil konversi sebagai memperlihatkan bahwa kandungan total-P dalam air, baik di sumur-sumur gali maupun di ruas sungai yang dipelajari, seluruhnya berada di bawah ambang batas kelas I, II, III, dan IV.

Pada PP-82, kandungan nitrat air disyaratkan tidak melebihi 10 mg/L untuk Kelas I dan II dan tidak melebihi 20 mg/L untuk Kelas III dan IV. Di samping itu Nitrogen amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) disyaratkan tidak melebihi 0,5 mg/L untuk air Kelas I. Parameter lainnya yang disyaratkan adalah nitrit yang tidak boleh melebihi 0.6 mg/L untuk air Kelas I, II dan III. Sedangkan KEPMENKES-907, dinyatakan bahwa kandungan amoniak melebihi 1,5 mg/L dapat mengakibatkan keluhan pada konsumen.

Untuk kandungan nitrat, baik mengacu kepada syarat air minum (No. 907/MENKES/SK/VII/2002) ataupun Peraturan Pemerintah No. 82, Tahun 2001, ruas sungai dan sumur gali yang dipelajari di Cianjur memperlihatkan nilai di bawah ambang batas ($\text{NO}_3\text{-N} < 10 \text{ mg/L}$). Meski demikian apabila kita perhatikan kandungan nitrogen total yang sangat tinggi, air permukaan di daerah studi memiliki kandungan Nitrogen tereduksi (amonium dan amoniak) atau nitrogen molekuler (protein, lemak) yang tinggi. Senyawa-senyawa tersebut di atas akan membutuhkan oksigen yang cukup banyak untuk proses mineralisasinya baik untuk oksidasi langsung (COD) maupun melalui aktifitas bakteri (BOD). Sumber utama nitrogen pada limbah perkotaan adalah sisa makanan dan

kotoran manusia maupun hewan. Di dalam perairan, nitrogen dijumpai dalam keadaan Oksidasi, tereduksi, maupun organik.

Kandungan oksigen terlarut di umumnya rendah baik pada musim hujan maupun musim kemarau, kecuali pada satu-dua titik yang terletak di daerah pesawahan, sehingga tidak memenuhi persyaratan sebagai air kelas I sampai III, bahkan pada beberapa titik tidak memenuhi persyaratan sebagai air kelas IV. Menurut pola sebarannya, sumber defisit oksigen serta tingginya nilai BOD dan COD adalah limbah perkotaan dan domestik. Meski demikian, peran limbah pemanfaatan pupuk dan bahan pertanian lainnya tidak kecil, terbukti dengan adanya hambatan pemulihan serta pengurangan kandungan oksigen selama pengalirannya di daerah pertanian.

Daya Pulih Aliran Permukaan

Hasil analisis dan perhitungan Daya Pulih kembali dan Besarnya BOD₅ untuk ruas sungai yang dipelajari disajikan dalam tabel 1 dan 2. Menurut PP-82, Nilai DO minimum untuk air Kelas I adalah 2 mg/L, sedangkan nilai BOD₅ maksimum adalah 6 mg/L. Dari Tabel 1 dan 2 terlihat bahwa baik nilai DO maupun BOD₅ berada di atas baku mutu kelas I yang mengindikasikan bahwa meskipun jumlah DO mencukupi tetapi air tersebut mengandung pula banyak pencemar yang membutuhkan oksigen untuk pemurniannya, sehingga air permukaan di daerah penelitian tidak memenuhi syarat sebagai air kelas I. Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa nilai BOD₅ yang terbesar dijumpai pada lokasi tengah kota (SC 1) Cianjur, baik di musim hujan maupun musim kemarau.

Tabel 1. Analisis parameter Daya Pulih pada Bulan Mei 2008

Conto	DO jenuh (mg/L)	BOD ₅ ²⁰ (mg/L)	K' (hari ⁻¹)	K' ₂ (hari ⁻¹)	t _c (hari)	X _c (km)	DO pd t _c (mg/L)	D _c (mg/L)	BOD ₅ ²⁰ _{mak} (mg/L)
SC 1	7.88834	55.7	0.0594	1.0843	2.2797	76.5026	-8.79573	16.68407	21.6993
SC 2	7.85526	27.46	0.0600	1.0878	2.4338	158.8204	-0.50677	8.362026	20.9018
SC 3	7.55696	17.16	0.0654	1.1211	1.7804	10.0194	2.184881	5.372079	18.2222
SC 4	8.09354	22.31	0.0562	1.0639	0.9027	30.8897	2.170999	5.922541	21.6429
SC 5	7.97244	29.06	0.0581	1.0757	2.4563	47.6485	-0.66397	8.636413	19.1110
SC 6	8.05854	25.94	0.0567	1.0672	1.5805	10.4884	0.855856	7.202684	21.3578
SC 7									
SC 8	7.54206	29.32	0.0657	1.1229	2.4924	40.1882	-2.11067	9.652733	15.3929
SC 9	7.905	18.22	0.0591	1.0826	2.2572	106.2800	2.474471	5.430529	20.5898

Tabel 2. Analisis parameter Daya Pulih pada Bulan Agustus 2008

Conto	DO jenuh (mg/L)	BOD ₅ ²⁰ (mg/L)	K' (hari ⁻¹)	K' ₂ (hari ⁻¹)	t _c (hari)	X _c (km)	DO pd t _c (mg/L)	D _c (mg/L)	BOD ₅ ²⁰ _{mak} (mg/L)
SC 1	7.79006	45.8	0.1585	1.0947	1.7497	71.5387	-11.37433	19.16439	18.2950
SC 2	7.75794	34.27	0.1600	1.0982	1.7709	127.0133	-6.754477	14.51242	18.5442
SC 3	7.93856	15.01	0.1521	1.0792	1.8552	64.0144	1.7959255	6.142635	21.3380
SC 4	7.46876	6.88	0.1746	1.1318	1.8208	73.4939	4.2756694	3.193091	13.7442
SC 5	7.63266	12.94	0.1660	1.1122	1.5671	5.6671	2.1483968	5.484263	12.9128
SC 6	8.27334	22.81	0.1394	1.0471	0.5530	2.4168	1.0915724	7.181768	21.5543
SC 7	7.67904	13.62	0.1637	1.1069	0.5913	2.7214	2.8202623	4.858778	15.3346
SC 8	7.9895	7.53	0.1500	1.0740	-	-	-	-	17.7292
SC 9	8.11116	10.59	0.1453	1.0622	0.5262	2.2323	4.6876543	3.423506	19.6079

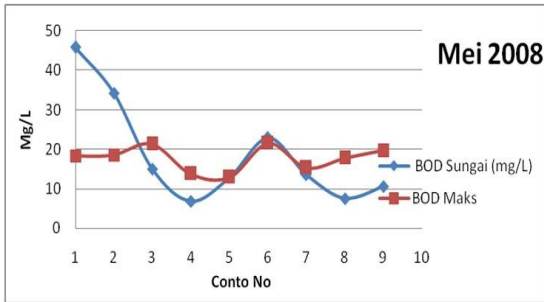
Nilai tersebut memperlihatkan bahwa limbah kota merupakan penyumbang terbesar BOD₅ di dalam air aliran sungai.

Di sepanjang ruas sungai, nilai BOD₅ mengalami fluktuasi dari hulu ke hilir baik pada bulan Mei maupun Agustus. Secara teoritis, Nilai BOD₅ akan terus berkurang ke arah hilir menurut bentuk kurva eksponensial. Dari awal sampai akhir ruas yang dipelajari, kecenderungan penurunan BOD₅ tampak secara umum, tetapi kenaikan-kenaikan setempat kandungan BOD₅ didapati pula selama pengaliran. Apabila kita perhatikan bahwa debit sungai berfluktuasi di sepanjang ruas sungai, maka variasi nilai BOD₅ ini dapat berasal dari penambahan aliran yang membawa beban BOD₅ baru di sepanjang aliran. Pada kasus bulan Mei (Tabel 1), berdasarkan nilai BOD₅ terbesar (SC 1) diperoleh hasil perhitungan bahwa sungai dapat pulih kembali selama 1,75 hari atau pada jarak 71,5 km, dengan asumsi kecepatan aliran sungai tetap seperti saat pengambilan sampel. Pada waktu t_c defisit oksigen (D_c) adalah sebesar 19,16 mg/L, sedangkan nilai DO jenuh yang terukur adalah 7,89 mg/L. Hal ini akan mengakibatkan Oksigen terlarut (DO) pada waktu t_c menjadi negatif (-11,37), yang berarti aliran tidak lagi mengandung oksigen terlarut saat waktu kritis tercapai, sehingga proses pemulihan sungai tidak terjadi karena organisme dalam sungai tidak memiliki oksigen yang cukup untuk menguraikan pencemar. Tidak berlangsungnya proses pemulihan kualitas air pada kasus conto SC 1 dapat pula dilihat dari besaran BOD₅ awal (55,7 mg/L) yang lebih besar dari beban BOD₅ maksimum (21,7 mg/L) yang masih memungkinkan terjadinya proses pemulihan.

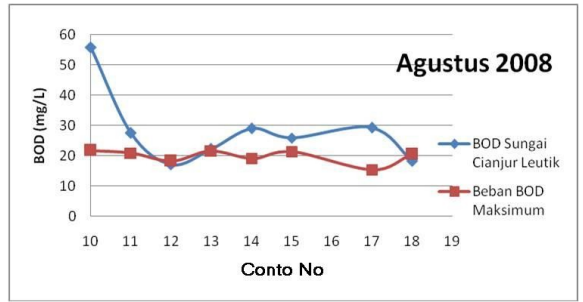
Untuk kasus SC 3 di bulan Mei, perhitungan menunjukkan bahwa sungai dapat pulih kembali selama 1,85 hari atau pada jarak 64 km. Defisit oksigen (D_c) pada t_c hanya sebesar 6,14 mg/L, lebih kecil dari nilai DO jenuh terukur (7,93 mg/L). Ini berarti Oksigen terlarut (DO) pada waktu t_c positif (2,18), yang memungkinkan terjadinya proses pemulihan berlangsung. Terjadinya proses pemulihan kualitas air pada SC 3 terlihat pula pada angka BOD₅ awal (15,01 mg/L) yang lebih kecil dari beban BOD₅ maksimum (21,33 mg/L) untuk terjadinya proses pemulihan.

Kualitas air di sepanjang ruas sungai perwakilan pada bulan Mei 2009 memperlihatkan fluktuasi yang demikian besar. Berdasarkan perbandingan nilai BOD₅ dan BOD₅ maksimum (gambar 5a), air yang tidak mungkin mengalami pemulihan di titik SC1 dan SC2 menjadi mungkin di SC3, kemudian menjadi tidak mungkin lagi di SC 5 dan mungkin kembali di titik-titik selanjutnya. Fenomena serupa dijumpai pula pada bulan Agustus 2009, dimana peningkatan nilai BOD yang dijumpai di titik SC 6 di bulan Mei, memanjang ke titik SC 5 dan SC 7 di bulan Agustus (gambar 2a dan 2b).

Penurunan nilai BOD₅ yang demikian besar sehingga menimbulkan Daya Pulih, mungkin terjadi karena adanya pengenceran oleh air dengan kualitas yang baik, misalnya dari mata-mata air yang terdapat di sepanjang aliran. Kemungkinan penyebab lainnya adalah bertambahnya kekasaran dasar sungai atau banyaknya terjunan air sehingga meningkatkan aerasi. Sedangkan kenaikan yang menyebabkan hilangnya Daya Pulih disebabkan oleh masuknya Limbah Baru ke dalam aliran dengan kecepatan yang tinggi.



a



b

Gambar 2. BOD₅ Sungai Cianjur Leutik dibandingkan dengan nilai BOD air sungai yang diizinkan, Pada bulan Mei (a) dan Agustus (b)

Dari variasi besaran-besaran yang didapat pada perhitungan di atas tampak bahwa meskipun limbah perkotaan demikian tinggi sehingga ketika meninggalkan daerah perkotaan, air tidak memiliki daya pulih. Aliran air kemudian mengalami pengenceran di daerah pertanian sampai mencapai tingkat yang memungkinkan terjadinya pemulihan. Tetapi selanjutnya pada lokasi-lokasi di daerah pesawahan terjadi lagi penambahan-penambahan limbah organik (BOD₅) ke dalam badan air, yang meskipun tidak sepekat limbah perkotaan, dapat menyebabkan hilangnya Daya pulih. Sumber pencemar di daerah pertanian adalah limbah tambahan yang berasal dari kampung-kampung di sekitar sungai, atau limbah pertanian dari tanah yang dilaluinya. Sedangkan pengenceran terjadi, disamping adanya mekanisme pemulihan aliran, mata-mata air, terjadi pula karena adanya air buangan irigasi yang berasal dari sungai lain dengan beban limbah yang sedikit.

Kualitas Airtanah Dangkal

Hasil analisis kimia air tanah dangkal tidak menunjukkan adanya parameter yang mempunyai nilai kandungan di atas batas baku mutu (PP-82 maupun KEPMENKES-907). Bahkan tidak pula untuk nitrat yang biasanya merupakan bahan yang paling mudah mencemari airtanah di daerah-daerah yang telah dimanfaatkan secara intensif, terutama di daerah

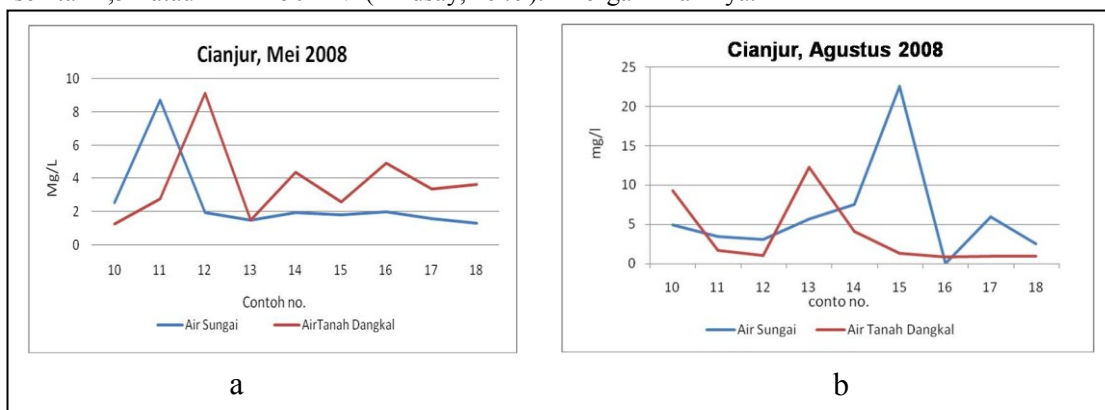
hunian atau maupun di daerah pertanian. Meski demikian, seringkali didapat kandungan N total jauh di atas total Nitrat dan Nitrit. Pada lokasi-lokasi yang air permukaannya tercemar seringkali Nitrat dan Nitritnya sangat kecil atau bahkan tidak terdeteksi, tetapi nilai N totalnya setara dengan Nilai Nitrat yang melampaui batas yang diizinkan.

Nitrat adalah bentuk oksida Nitrogen yang paling stabil di dalam air (Tan, 1982). Pembentukan Nitrat dikenal dengan proses nitrifikasi (atau deamonifikasi), yaitu oksidasi senyawa-senyawa amoniak, amonium yang berasal dari hasil penguraian bahan organik, pupuk atau sumber lainnya (Mathes, 1982). Nitrit adalah hasil antara pada proses nitrifikasi, dan biasanya dijumpai dalam jumlah kecil pada lingkungan alami (pH≈7, Eh≈ 4,25, t ≈ 25oC). Pada lingkungan yang lebih tereduksi akan terjadi proses denitrifikasi Nitrat secara kimiawi akan membentuk Nitrogen elementer (N₂) atau Nitrogen Oksida (N₂O, N₂O₅, NO) yang berbentuk gas sehingga mudah menguap. Pada lingkungan tereduksi dapat pula terjadi proses amonifikasi, yaitu pembentukan amonium dengan syarat terdapatnya bakteri pereduksi. Keterdapatn bahan organik yang melapuk adalah persyaratan lain untuk terdapatnya bakteri pereduksi. Oleh karena itu pada lingkungan airtanah jarang terjadi proses amonifikasi karena lingkungan airtanah umumnya merupakan

lingkungan oksidasi karena adanya pergerakan air. Bahan organik jarang atau sedikit sekali terdapat pada lingkungan ini. Seandainya terdapat, maka sebagian besar hasil proses amonifikasi akan berupa hasil antara amonium (NH_3) yang tidak berbahaya. Sedangkan amoniak (NH_4^+) jumlahnya akan lebih sedikit dan akan langsung diserap oleh partikel liat atau debu sebagai kation yang dipertukarkan.

Pada diagram stabilitas, lingkungan airtanah adalah lingkungan oksidasi yang idealnya terletak pada kisaran pH antara 5 s/d 8 dan pE sekitar 4,52 atau Eh = 250 mV (Lindsay, 1979).

Penghanyutan dan pengenceran limbah oleh aliran dari hulu dan air hujan akan berlangsung jauh lebih cepat. Selain itu mekanisme pemulihan secara biologis pada air permukaan dapat berjalan lebih cepat karena banyaknya jumlah bakteri yang terdapat, sedangkan pada airtanah walaupun ada akan berlangsung lambat. Pada sumur gali yang dianalisis pada bulan Agustus, sebagian besar nitrogen terlarut yang mencemari tidak atau belum berbentuk nitrat, melainkan dalam bentuk-bentuk lainnya seperti amonium, amoniak, lemak, protein dan nitrogen organik lainnya.



Gambar 3. Hubungan antara kandungan Nitrogen air permukaan dan airtanah dangkal di Cianjur, Mei 2008 (a) dan Agustus 2008 (b)

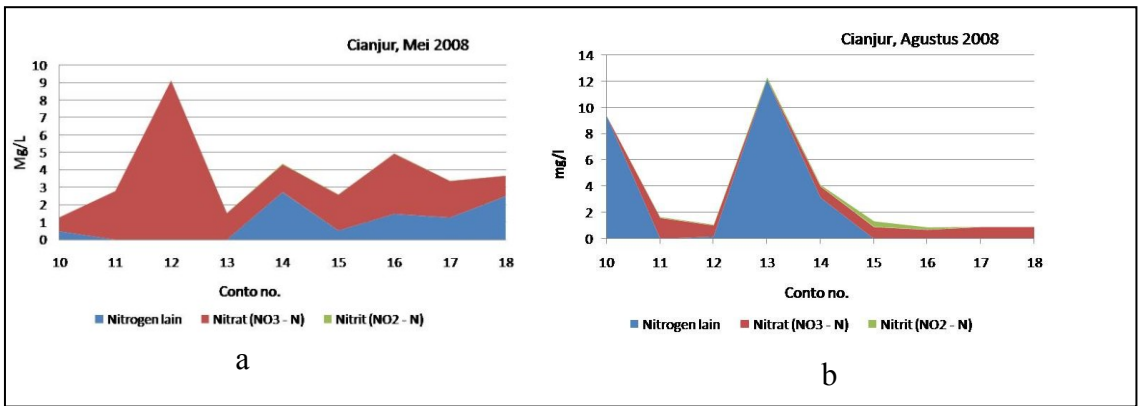
Pada kondisi ini semua nitrogen akan berpotensi menjadi nitrat pada suatu saat. Berdasarkan angka-angka kandungan nitrogen yang didapat dari daerah penelitian menunjukkan bahwa proses pencemaran nitrogen terhadap airtanah dangkal sudah mulai terjadi dan pada beberapa tempat telah menunjukkan keadaan yang mengawatirkan.

Perbandingan antara kandungan nitrogen air tanah dangkal dan air sungai di permukaan (Gambar 3a dan 3b) memperlihatkan kandungan nitrat tinggi pada airtanah dangkal dan air permukaan yang terletak berdekatan, meskipun tidak terletak pada lokasi yang sama. Hal yang berpengaruh terhadap perbedaan lokasi akumulasi antara airtanah dan air permukaan diantaranya adalah kecepatan aliran pada airtanah lebih lambat daripada di permukaan.

Lokasi pencemaran nitrogen airtanah dangkal dijumpai pada lokasi dimana air permukaannya pun tercemar. Di awal ruas, kandungan Nitrogen total airtanah dangkal sudah tinggi, tetapi belum melampaui batas kandungan Nitrat yang diizinkan (9,33 mg/L), padahal kandungan nitrat dan nitrit tidak terdeteksi. Air permukaan pada lokasi ini pun tidak menunjukkan kandungan nitrogen yang tinggi (4,96 mg/L) tetapi kandungan bahan organiknya amat tinggi (21,38). Semakin ke hilir, kandungan nitrogen airtanah dangkal di Cianjur mengalami penurunan. Tetapi di tengah-tengah ruas (titik 13) kandungan nitrogen total melonjak mencapai angka 12,29 mg/L). Lonjakan kandungan Nitrogen ini hanya terjadi pada airtanah, tidak terjadi pada air permukaan (5,63 mg/L). Sumber penyebab lonjakan kandungan Nitrogen di

tengah ruas ini, kemungkinan terbesar, adalah limbah pertanian berupa kelebihan pupuk atau hasil lapukan sisa panen. Sebagian limbah nitrogen ini tercuci ke lapisan airtanah dangkal dan terakumulasi di sana dalam waktu yang cukup lama karena proses aliran dan penguraian yang cukup lambat. Sedangkan di dalam aliran permukaan, limbah dapat terangkut lebih jauh, dengan disertai proses penguraian yang berlangsung lebih cepat. Perbandingan komposisi dan jumlah Nitrogen antara bulan Mei dan Agustus untuk kasus ruas Cianjur dapat dilihat pada gambar 4.

berlawanan dengan proses daur Nitrogen. Pada kondisi aliran air tanah yang bersuasana oksidasi, yang seharusnya terjadi adalah pembentukan nitrat sebagai hasil nitrifikasi bentuk nitrogen lainnya (amonia, nitrit dsb.). Berkurangnya Nitrogen pada titik 11 dan 12 pada bulan Agustus dapat terjadi karena: pertama, adanya proses difusi ke arah hilir yang disertai dengan pengenceran dari arah hulu, dan kedua, karena adanya proses denitrifikasi yang merubah Nitrat menjadi Gas N_2 yang kemudian menguap. Sedangkan peyerapan Nitrat oleh akar tumbuhan meskipun mungkin terjadi, tidak akan menjadi



Gambar 4. Kandungan dan komposisi Nitrogen total dalam sampel Air Sumur Gali di sepanjang Ruas Sungai studi di Cianjur, Mei 2008 (a) dan Agustus 2008 (b) .

Jumlah total nitrogen pada kedua waktu tersebut secara umum tidak jauh berbeda. Tetapi lokasi jumlah nitrogen yang melimpah bergeser dari titik 10 dan 13 pada bulan Mei ke titik 12 pada bulan Agustus. Meskipun titik 12 letaknya lebih hilir daripada titik 10, sulit untuk membuktikan bahwa pergeseran ini terjadi semata mata karena terbawa aliran airtanah. Jumlah kandungan nitrogen pada kedua titik tersebut relatif sama (bertambah), sedangkan setelah bergerak ke hilir seyogyanya kandungan Nitrogen seharusnya berkurang karena bersamaan dengan pergerakan tersebut akan terjadi pula proses difusi atau pengenceran. Komposisi nitrogen yang pada bulan Mei didominasi oleh Nitrat, sedangkan pada bulan Agustus didominasi oleh nitrogen lainnya. Apabila keduanya berasal dari sumber yang sama maka hal ini tidak akan terjadi karena

proses dominan karena pada umumnya di bawah muka airtanah bukan daerah yang optimum untuk penyerapan nitrat oleh tanaman (Tan, 1982). Keadaan di atas memperlihatkan bahwa sumber pencemar nitrogen dapat berubah dari waktu ke waktu dalam hal kandungan, maupun mekanisme penyebarannya. Jumlah nitrogen yang masuk ke dalam airtanah dangkal masih mungkin dibersihkan/diencerkan oleh mekanisme alami. Pencemaran Nitrogen air tanah dangkal tampaknya lebih banyak terjadi melalui pencucian langsung air limbah/lindi dari permukaan tanah tanpa melalui aliran air sungai. Dengan lokasi-lokasi pengambilan conto yang relatif jauh dari pemukiman padat penduduk, maka untuk kasus ini, tampak sumber pencemar berasal dari limbah pertanian.

Dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka permintaan akan hasil pertanian akan meningkat pula. Umumnya, upaya peningkatan produksi pertanian selalu disertai dengan penambahan pemakaian pupuk kimia, yang biasanya diberikan dalam dosis berlebih, sehingga peningkatan produksi pertanian pada akhirnya identik dengan pertambahan limbah pupuk. Upaya untuk mencegah memburuknya keadaan dimasa mendatang bisa dilakukan dengan mengurangi pencemar.

KEBERLANJUTAN KUALITAS SUMBERDAYA AIR

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis di atas, air permukaan dan airtanah dangkal di daerah studi telah mengalami pencemaran, yang menyebabkan air tidak dapat dimanfaatkan sebagai air minum. Pencemaran terberat terjadi di perkotaan, dimana limbah rumah tangga dan industri yang kaya akan Na, K dan P masuk ke perairan. Limbah organik merupakan jenis pencemar dominan di perkotaan yang dicirikan dengan menurunnya kadar oksigen terlarut, tingginya kandungan BOD₅ di dalam air permukaan dan tingginya kandungan N total di dalam airtanah dangkal. Melintasi daerah pertanian, sisa-sisa pemupukan, pakan ikan dan hasil penguraian sisa tanaman tertambahkan ke dalam aliran. Seperti halnya di daerah perkotaan, di daerah pertanian pun ciri pencemaran paling dominan adalah pada rendahnya Oksigen Terlarut serta tingginya BOD dan COD, yang menunjukkan jenis pencemar terpenting adalah senyawa-senyawa organik.

Ciri penurunan kualitas air yang tampak adalah terjadinya eutrofikasi pada genangan-genangan air seperti di kolam-kolam dan sawah. Genangan air yang berwarna hijau atau oranye banyak didapati yang menunjukkan bahwa ganggang (algae) telah tumbuh di lokasi-lokasi genangan sebagai akibat tingginya kandungan N dan P. Kandungan Total Posfor perairan di daerah penelitian (0.01-0.14 mg/l) tidak melampaui batas yang ditetapkan dalam persyaratan untuk air baku air minum, tetapi angka tersebut sudah memungkinkan terjadinya ledakan pertumbuhan (*blooming*) algae. Umumnya hanya dengan kandungan fosfor 10

µg/L, *blue-green* algae sudah bisa tumbuh. Perairan dikatakan eutrofik apabila air mengandung total fosfor antara 35 µg/L hingga 100 µg/L, kondisi ini sangat memungkinkan algae, tumbuhan air berukuran mikro, tumbuh berkembang biak dengan pesat. Jika terjadi *blooming*, warna air akan menjadi kehijauan, berbau tak sedap, dan nilai kekeruhan meningkat. Kondisi pencemaran seperti ini dijumpai untuk seluruh daerah penelitian, paling tidak pada radius 10 km di sebelah hilir kota. Tipe pencemarannya adalah khas daerah pemukiman atau daerah pertanian, dimana sumber pencemar tersebar secara acak (*non point source*) sehingga sulit dilacak asalnya. Pengaliran air melalui daerah pertanian ternyata tidak membawa perbaikan terhadap kualitas air, karena laju penambahan limbah secara rata-rata sama atau lebih tinggi daripada daya pulih aliran. Di sepanjang daerah penelitian, proses pemulihan air permukaan sulit akan mencapai tingkat kualitas dimana air dapat digunakan sebagai sumber air minum secara langsung. Meski demikian, air masih dapat dimanfaatkan sebagai air irigasi dan perikanan. Untuk dimanfaatkan sebagai air MCK air memerlukan pengolahan terlebih dahulu, terutama menyangkut proses proses penyaringan dan aerasi sehingga kualitas air mencapai standar baku mutu yang ditetapkan. Tetapi untuk dimanfaatkan sebagai air minum, perlu dilakukan upaya yang sangat berat, dan tidak akan ekonomis.

Sampai saat ini, ketersediaan air bagi pemakaian domestik setempat masih tertolong oleh kualitas airtanah dangkal. Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa pencemaran telah terjadi pula terhadap air tanah dangkal yang ditandai dengan tingginya kandungan N total. Meski demikian, karena parameter kualitas air lainnya masih baik, airtanah dangkal ini masih layak untuk digunakan sebagai air minum. Dengan dimasak, Nitrogen yang terkandung didalamnya akan teroksidasi dan menguap sebagai NO atau N₂. Proses pencemaran airtanah umumnya berjalan lebih lambat daripada air permukaan, tetapi proses pemulihannya pun akan jauh lebih lambat pula.

Sebagai langkah antisipasi perkembangan keadaan ke depan, kecenderungan penting yang

perlu dicatat adalah, seperti halnya di Pulau Jawa pada umumnya, pertumbuhan penduduk relatif tinggi. Kecenderungan ini akan menyebabkan meningkatkan permintaan akan air bersih dengan disertai peningkatan produksi limbah.

Di samping itu perluasan kawasan pemukiman akan segera merambah lahan-lahan pertanian, sehingga ruang untuk pemulihan kembali aliran-aliran air akan berkurang.

Melihat keadaan ini maka sebaiknya perlu mulai difikirkan penerapan pengelolaan sumberdaya air dengan pendekatan hidrologi daerah urban. Ciri khas pengelolaan sumberdaya air di daerah urban adalah pemanfaatan secara komunal sumber pemakaian air dan penanganan limbah, sehingga akan tumbuh rasa tanggung jawab bersama dalam hal pemeliharaan sarana-sarana pemakaian air dan pemeliharaan lingkungan. Penanganan limbah perkotaan akan memerlukan instalasi pengolahan air kotor untuk melokalisasi penyebaran limbah serta mengurangi konsentrasinya di dalam air, sehingga air yang dilepaskan ke perairan bebas telah memenuhi kriteria baku mutu. Sedangkan untuk mengurangi limbah pertanian dapat dilakukan dengan cara memberikan pupuk kimia dengan dosis yang tepat atau dengan penggunaan pupuk organik.

KESIMPULAN

Air Permukaan dan Airtanah dangkal di Hilir kota Cianjur telah mengalami pencemaran pada tingkat yang berbeda. Pada air permukaan pencemaran ditandai dengan kandungan BOD tinggi sehingga air tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai air minum, tetapi masih dapat dimanfaatkan sebagai air irigasi dan perikanan. Sedangkan pada airtanah dangkal, meskipun tidak ditemukan adanya parameter yang mempunyai nilai kandungan di atas batas baku mutu berdasarkan PP-82 maupun KEPMENKES-907, indikasi pencemaran tampak mulai terjadi di beberapa tempat, ditandai dengan tingginya kandungan total Nitrogen yang berpotensi menjadi nitrat.

Proses pemurnian kembali air di daerah studi tampaknya tidak akan terjadi karena jumlah rata-rata limbah yang masuk secara acak lebih besar daripada daya pulih aliran di daerah tersebut. Gejala pencemaran Nitrogen telah tampak pada

air tanah dangkal, tetapi air masih dapat digunakan sebagai sumber air minum. Untuk mengantisipasi memburuknya keadaan di masa mendatang, perlu mulai difikirkan untuk mengelola sumberdaya air dengan pendekatan hidrologi daerah urban.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Dewi Nurbaeti, Nining Karningsih, Sari Asmanah dan Aep Sofyan yang telah melaksanakan analisis kimia sampel-sampel air. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Puslit Geoteknologi LIPI tahun anggaran 2008.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2003. Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 110 tahun 2003.
- , 2001, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, No. 82, Tahun 2001, Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- , 2002, Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No. 907/MENKES/SK/VII/2002, Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- Anonim, Eutrofikasi, <http://id.wikipedia.org/wiki/eutrofikasi>.
- Chapra S., G. Pelletier and Hua Tao, 2008. A modeling Framework for simulating River and Stream Water Quality. Version 2.11: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Depts. Tufts University, Medford M.A.
- Emselem Y., and J.P. Bourdet 1981. Model for the Seine-Normandy Basin – France. Mc Graw Hill.
- Freeze A., and J.A. Chery, 1979. Groundwater. Prentice Hall Inc.
- Hem J.D., 1989. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. USGS water Supply, paper no. 2254

- Lindsay W.L., 1979. Chemical Equilibria in Soils. John Willey and Son. New York.
- Mahida U.N., 1981. Pencemaran air dan Pemanfaatan Limbah Industri. CV. Rajawali Jakarta.
- Mathes G., and J.C. Harvey, 1982. The properties of Groundwater. John Willey and Son.
- Ohsumi A., M. Kashiwagi, M. Watanabe, 2006. Estimation of Self urification of Polluted Rivers based on the stable water quality equations. International Journal of Innovative Computing, Information and Control. Vol2., No. 5.
- Streeter, H.W. and E.B. Phelps, 1925. A study of pollution and Natural Purification of the Ohio River. Public Health Bulletin, no. 146, USPHS, Washington D.C.
- Tan K.H., 1982. Principles of Soil Chemistry. Marcell Drekker Inc.