PEMODELAN REMBESAN TANGKI SEPTIK DEKAT SUMUR GALI DI DAERAH MARGAHAYU, KABUPATEN BANDUNG

MODELING OF SEPTIC TANKS SEEPAGE NEAR DUG WELLS IN MARGAHAYU VILLAGE, BANDUNG REGENCY

Dedi Mulyadi^{1,*}, Rizka Maria¹, Khoris Sugianti¹, dan Arifan Jaya Syahbana¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang, Gedung 7, Bandung, 40135, Indonesia

*E-mail: dedi.mulyadi@lipi.go.id

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

8 September 2017

Received in revised form date:

30 November 2017

Accepted date:

6 December 2017

Available online date:

31 May 2018

Abstract

Dense settlements have an impact on pollution, one of which is domestic pollution which results in groundwater and soil water pollution at ground level. Identification of pollution that occurs below the soil surface (groundwater contamination) is more difficult to detect, so modeling is needed to find out how the rate of groundwater pollution rate. Modeling is done by using water sampling method at dug well at a location adjacent to the septic tank. Sampling ground water and infiltration modeling are done by using Geostudio SEEP/W software. The research area is in Margahayu village, Bandung regency. The results of laboratory analysis and physical observation in the field show that the Margahayu region has ammonium (NH₄-N) content which is above the standard quality threshold. This condition is reinforced by modeling simulation results that there has been domestic sewage from septic tanks to dug wells. Pollution has reached groundwater level with depth ranged between 4-5 meters. The distance of wells adjacent to the septic tanks affects the quality of groundwater. In the KB area 17 it is indicated that the contamination in the resident's wells on the 31 days, KB new on the 32-40 day time frame, and KB new 2 on the 24th day. Distance sources of contaminants and soil permeability play an important role in determining the travel time of contaminants

Keywords: Seepage, Domestic sewage, Ammonium, Infiltration, Modelling

Kata kunci:

Rembesan
Limbah domestik
Amonium
Infiltrasi
Pemodelan

Abstrak

Pemukiman yang padat mempunyai dampak pada pencemaran, salah satunya adalah pencemaran domestik yang berakibat pada pencemaran air tanah dan saluran air di permukaan tanah. Identifikasi pencemaran yang terjadi di bawah permukaan tanah (pencemaran air tanah) lebih sulit dideteksi, sehingga perlu dilakukan pemodelan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kecepatan pencemaran air tanah tersebut. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan contoh air pada sumur gali pada lokasi yang berdekatan dengan tangki septik. Pengambilan contoh air tanah dan infiltrasi pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Geostudio SEEP/W*. Daerah penelitian berada di desa Margahayu, kabupaten Bandung. Hasil analisis laboratorium dan pengamatan fisik di lapangan memperlihatkan bahwa daerah Margahayu memiliki kadar amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) yang berada diatas ambang batas baku mutu. Kondisi ini diperkuat dengan hasil simulasi pemodelan bahwa telah terjadi rembesan limbah domestik dari tangki septik menuju sumur gali. Pencemaran telah mencapai muka air tanah dengan kedalaman berkisar antara 4-5 meter. Jarak sumur yang sangat berdekatan dengan tangki septik akan memengaruhi kualitas air tanah. Pada daerah KB 17 terindikasi adanya pencemaran di sumur penduduk pada hari ke-31, KB *new* pada rentang waktu hari ke-32-40, dan KB *new* 2 pada hari ke-24. Jarak sumber kontaminan dan permeabilitas tanah berperan penting dalam menentukan waktu perjalanan kontaminan.

©2018Widyariset. All rights reserved

PENDAHULUAN

Salah satu masalah utama yang dihadapi oleh pemukiman penduduk terutama di daerah perkotaan adalah masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pembuangan air limbah domestik yang belum tertangani dengan baik (Supriyatno 2011). Limbah domestik merupakan hasil buangan rumah tangga maupun industri berupa padat dan cair. Limbah domestik cair diketahui ada dua macam, yaitu limbah buangan dari tangki septik yang disebut sebagai *black water* dan buangan dari air cucian dan kamar mandi atau disebut *grey water*. Pada umumnya limbah domestik mencemari air permukaan terutama pada kawasan padat penduduk.

Limbah domestik adalah semua bahan limbah yang berasal dari kamar mandi,

kakus, dapur, tempat cuci pakaian, dan tempat cuci peralatan rumah tangga. Sekitar 60 s.d. 80% dari total air yang digunakan dalam rumah tangga dibuang sebagai limbah cair. Limbah tersebut secara langsung maupun tidak, akan mencapai badan air (air tanah, sungai, dan danau) sehingga memengaruhi kualitas air. Kualitas air khususnya untuk air minum dan keperluan rumah tangga lainnya (mandi, cuci, dan kakus), secara ideal harus memenuhi standar, baik sifat fisik, kimia maupun mikrobiologinya.

Keterkaitan antara limbah rumah tangga dengan aktivitas manusia adalah rata-rata tiap orang dalam sehari akan membuang air sebanyak 200 liter (berasal dari mandi, air untuk mencuci, buang air, dan lain-lain) dengan kandungan nitrogen 40-80 mg/l. Permasalahan di daerah padat penduduk adalah kurang tersedianya sarana

mandi, cuci, dan kakus (MCK), sempitnya lahan, dan kurangnya pengetahuan penduduk mengenai dampak akibat air sumur yang tercemar oleh limbah domestik yang semakin memperburuk kualitas air tanah.

Salah satu polutan yang dihasilkan dari kondisi sanitasi yang kurang baik adalah amonium. Daerah penelitian diketahui mempunyai kandungan amonium yang cukup tinggi. Amonium dalam air cenderung mengikat oksigen dan membentuk ion nitrat dan nitrit (Sastrawijaya 2010). Nitrat merupakan salah satu parameter pencemar yang berasal dari limbah domestik (rumah tangga). Amoniak (NH_3) yang dihasilkan dari limbah tersebut melalui bakteri diubah menjadi nitrat dengan reaksi nitrifikasi. Konsentrasi nitrat yang tinggi bagi kesehatan terutama bagi bayi dapat menyebabkan apa yang disebut *blue baby*, yaitu terjadinya warna kebiru-biruan pada bayi karena kekurangan oksigen. Selain itu, kandungan nitrat yang tinggi juga mempunyai peran penting dalam pembentukan senyawa yang dapat menyebabkan penyakit kanker (Sudaryanto dan Suherman 2008). Kecenderungan berubahnya amonia menjadi nitrit dan nitrat di alam, maka perlu dilakukan pemantauan kadar amonium dalam air.

Untuk pemodelan pola aliran dalam tanah digunakan perangkat Geostudio SEEP/W, yang digunakan untuk mengetahui pola rembesan amonium dan perjalanan saat limbah mencapai permukaan air tanah/sumur.

Penggunaan Geostudio SEEP/W telah dilakukan oleh beberapa peneliti terutama di kalangan akademis teknik sipil, di antaranya oleh (Ardiansyah, Sobriyah, dan Wahyudi 2014) yang menggunakan SEEP/W dalam menganalisis rembesan pada bendungan Benel di Bali. Pada penelitian tersebut, piranti ini memroses permukaan air waduk terhadap rembesan. Hasil penelitian menunjukkan fluktuasi air

sangat sedikit pengaruhnya terhadap debit rembesan dan durasi rembesan.

Siracusa et al. (2007) melakukan penelitian kontaminan kimia di dalam tanah. Karya ilmiah ini melaporkan sebuah aplikasi model untuk menyelidiki migrasi nitrat melalui tanah. Kalibrasi model dilakukan dengan menggunakan data eksperimen yang diperoleh dari dua sampel tanah yang berbeda yang dikumpulkan di pedesaan Catania (Italia). Perangkat yang digunakan untuk studi skala laboratorium adalah parameter yang sarat dengan sampel tanah. Larutan berair yang mengandung persentase nitrat yang berbeda digunakan sebagai kontaminan kimia. Dua produk perangkat lunak, SEEP/W dan CTRAN/W, digunakan bersamaan untuk menganalisis transportasi kontaminan untuk kondisi tak jenuh: SEEP/W menghitung kecepatan aliran air, kadar air volumetrik, dan fluks air, sedangkan CTRAN/W menggunakan parameter ini untuk menghitung migrasi kontaminan.

Oliaei dan Heidarpour (2015) menyatakan bahwa dalam beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap penyebaran kontaminasi ke tanah dan air bawah tanah telah meningkat, yang telah menyebabkan peningkatan dalam studi tentang masalah kontaminasi tanah dan metode remediasi in-situ. Hasilnya menunjukkan ada pola propagasi yang berbeda pada tanah giling kasar dan halus dan efisiensi pendekatan pemompaan simetris ganda untuk remediasi in-situ.

Hulagabali, Solanki, dan Dodagoudar (2014) menyajikan metode numerik alternatif untuk memodelkan transportasi kontaminan dua dimensi melalui media berpori jenuh dengan menggunakan metode beda hingga/*finite difference methods* (FDM) dan metode elemen hingga/*finite element method* (FEM), Model beda-beda dibangun dengan membagi domain model menjadi persegi dan persegi panjang

yang disebut blok atau sel. Konsentrasi dihitung pada titik diskrit dalam model yang disebut node. Jaringan sel dan simpul disebut *grid* atau *mesh*. Untuk analisis, persamaan dispersi-dispersi dua dimensi dengan penyerapan dipertimbangkan. Kode *Matrix Laboratory* (MATLAB) dikembangkan untuk mendapatkan solusi numerik. CTRAN/W juga digunakan untuk pemodelan transportasi kontaminan yang didasarkan pada metode elemen hingga. Maksud dari pemodelan ini adalah untuk mendapatkan: (1) gambaran yang lebih jelas mengenai waktu dan kecepatan dari sumber pencemar hingga sumur penduduk, dan (2) simulasi pemecahan masalah. Diharapkan penelitian ini dapat memberi wawasan yang lebih rinci mengenai kecepatan waktu tempuh antara pencemar ke sumber air (sumur) sehingga dapat memberikan gambaran yang utuh mengenai jarak ideal antara kakus dengan sumur.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola pergerakan kontaminan dari tangki septik menuju sumur dengan menggunakan CTRAN/W. Dalam analisis ini perlu diketahui konsentrasi sumber polutan (dapat mutlak atau pemodelan). Program ini dapat menyimulasikan peruntukan partikel sederhana, penambahan proses difusi, dispersi, adsorpsi, peluruhan radio aktif, dan pergerakan kontaminan dengan beda berat jenis. CTRAN/W ini tidak dapat dioperasikan sendiri tanpa ada dukungan dari program lainnya (SEEP/W atau VADOSE/W). Dalam penelitian ini akan digunakan kombinasi dengan SEEP/W untuk mengetahui aliran air yang membawa kontaminan.

Model transport dan distribusi kontaminan pada air tanah yang memiliki sifat aliran tetap, dimana sistem massa kontaminan pada aliran ini mengikuti hukum kekekalan massa (*law of conservation of mass*) yang menyatakan bahwa massa di dalam suatu sistem aliran akan

tetap menurut waktu (Welty and Guarino 2001). Terdapat beberapa pendekatan untuk meninjau kualitas air. Pendekatan dalam makalah ini menganggap bahwa pada setiap titik di suatu ruang berhubungan dengan nilai unsur yang ditinjau.

Terdapat beberapa tipe transportasi kontaminan yang ada, dalam karya ilmiah ini akan digunakan tipe adveksi dan dispersi. Adveksi merupakan suatu mekanisme transportasi massa suatu materi dari suatu titik ke titik lain yang terjadi pada aliran fluida (Veronis dan Mellor 1982). Secara matematis gerakan fluida dalam fenomena adveksi dinyatakan sebagai medan vektor dan bahan yang diangkut dinyatakan sebagai suatu skalar konsentrasi materi yang terkandung dalam cairan. Transpor secara adveksi besarnya adalah hasil kali antara besarnya debit aliran dengan konsentrasi masa suatu materi. Difusi dapat diartikan sebagai perpindahan partikel-partikel suatu materi dari daerah yang konsentrasinya tinggi menuju daerah yang konsentrasinya rendah sebagai akibat adanya gaya pendorong (Veronis dan Mellor 1982). Secara ringkas, proses adveksi berarti kontaminan bergerak dikontrol oleh gradien hidrolika, sedangkan dispersi berarti kontaminan mengalami perubahan konsentrasi sebagaimana tampak pada Gambar 1. Berdasarkan hukum Fick kedua besaran perubahan konsentrasi dirumuskan dengan $\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = E \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2}$ dengan E adalah koefisien difusi-dispersi (L^2T^{-1}) (Veronis dan Mellor 1982).

Keseimbangan massa polutan menurut hukum kekekalan massa (*law of conservation of mass*) pada aliran satu dimensi [2] diformulasikan sebagai berikut. Akumulasi dalam tiap segmen = transpor input adveksi + transpor input dispersi – transpor output adveksi – transpor output dispersi ± reaksi kimia. Model matematika untuk transpor dan distribusi amoniak adalah (Veronis dan Mellor 1982):

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = -v \frac{\partial C(x,t)}{\partial x} + E \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} - kC(x,t) \quad (1)$$

dengan

v : kecepatan aliran (LT^{-1})

k : tetapan laju reaksi polutan (T^{-1})

Gambar 1. Penjelasan konsep adveksi disperse (Anonim 2004)

Matriks yang digunakan dalam program ini untuk menghitung proses dispersi dan adveksi sebagaimana yang ada pada Persamaan 2 dan 3.

$$\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{dx1} \\ Q_{dx2} \\ Q_{dx3} \\ Q_{dx4} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{dx1} \\ Q_{dx2} \\ Q_{dx3} \\ Q_{dx4} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Keterangan:

d = faktor dispersi material

a = faktor adveksi material

C = konsenstrasi (g/m^3)

Q = *mass flux* (g/s)

Lokasi Daerah Penelitian

Penelitian berlokasi di kecamatan Margahayu dan kecamatan Margaasih, kabupaten Bandung (Gambar 2). Lokasi ini dipilih berdasarkan kondisi sanitasinya dan jarak antara sumur penduduk dan tangki septik yang terlalu dekat (< 10 m). Pada wilayah Margahayu dan Margaasih tersebut banyak yang belum terjangkau layanan PDAM, sehingga mereka memanfaatkan air sumur gali untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari.

Berdasarkan hasil survei di lokasi pengamatan, dapat diperlihatkan bahwa sumur berdekatan dengan tangki septik yang juga berfungsi sebagai WC dengan jarak kurang lebih dua meter (Gambar 3), padahal idealnya jarak sumur dengan tangki septik adalah sepuluh meter. Oleh karena itu dikuatirkan telah terjadi rembesan limbah domestik ke dalam sumur penduduk.

Gambar 2. Lokasi penelitian dan pengambilan per contoh air dan titik infiltrasi

Gambar 3. Salah satu lokasi penelitian di desa Margahayu kabupaten Bandung

Geologi Bandung dan Sekitarnya

Menurut Dam (1994), geologi Bandung merupakan endapan klastik gunung api dan endapan danau. Bronto, Koswara, dan Lumbanbatu (2006) menyatakan Cekungan Bandung terdiri atas Formasi Cikapundung yang berumur Pliostosen Bawah.

Menurut Silitonga (1973) bagian dasar cekungan Bandung merupakan endapan gunung api tua, yang terdiri atas batu pasir tufaan, batu lempung, dan konglomerat. Di atas endapan-endapan tersebut merupakan endapan lava dan breksi, dan di atas lava (Qvl) dan breksi (Qvb) merupakan endapan tufa batu lempung (Qyt). Bagian atas merupakan endapan hasil gunungapi tak teruraikan (Qyu), dimana satuan ini ditutupi dengan Koluvium dan endapan Aluvium. Pada masa Plistosen terjadi endapan Formasi Cibeurem dan Formasi Kosambi berumur Plistosen Atas. Pada masa Holosen terjadi proses pengendapan Formasi Cikidang yang ditutupi oleh bidang erosi dan di atasnya terdapat endapan sungai.

METODE

Desa Margahayu merupakan daerah padat penduduk dengan sanitasi kurang baik. Titik pengamatan merupakan perkampungan yang pada umumnya menggunakan MCK bersama. Amonia (NH_3) merupakan senyawa nitrogen. Pada bentuk cairan, amonia terdapat dalam dua bentuk, yaitu

amonia bebas/tidak terionisasi (NH_3) dan dalam bentuk ion amonia (NH_4^+). Menurut Schwab, Grubbs, dan Ziller (1996), amonia merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4 pada pH rendah yang disebut amonium. Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja serta oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari industri dan penduduk. Amonia berada pada setiap tempat dalam jumlah yang kecil beberapa mg/liter sampai dengan 30 mg/l pada air buangan. Kadar amonia yang tinggi pada air menunjukkan adanya pencemaran. Metodologi pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, yaitu pekerjaan lapangan, pengambilan contoh di lapangan, analisis lab diskusi dan penulisan karya tulis ilmiah.

Perjalanan limbah cair yang masuk kedalam sumur/permukaan badan air dapat diketahui dengan menganalisis sumber pencemaran dan air yang tercemar di samping tanah yang dilaluinya. Untuk mengetahui gambaran secara grafis perjalanan kontaminan, penggunaan perangkat lunak *Geostudio*, yaitu SEEP/W dan CTRAN/W dapat dilakukan melalui proses: pengambilan data lapangan air, tanah, dan geologi; pengukuran air untuk data infiltrasi; analisis air dan tanah; serta membuat model dengan perangkat lunak *Geostudio*, yaitu SEEP/W dan CTRAN/W untuk mengetahui pola rembesan air hujan dan limbah domestik pada tangki septik di sekitar sumur.

Gambar 4. Diagram alir pemodelan dengan menggunakan SEEP/W (Anonim 2004)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis laboratorium dari lima sumur gali dan pemodelan dari tiga sumur gali diketahui pergerakan kontaminan amonium dari sumber pencemaran menuju sumur penduduk. Parameter

pemodelan yang dipakai adalah parameter konduktivitas hidraulik (K), volume *water content*, batas cair, dan *grain size* dari uji laboratorium (Tabel 1). Selanjutnya dilakukan simulasi dengan pemodelan SEEP/W untuk mengetahui pergerakan kontaminan.

Tabel 1. Parameter pemodelan

Parameter	KB 17	KB New	KB New 2
Konduktivitas hidraulik (K) m/dtk.	2.8850E-05	9,0917E-06	1,33345E-05
Volume <i>water content</i> %	5.53e-01	5.53e-01	5.53e-01
Batas cair (LL) %	-	-	-
<i>Unit flux</i> (hujan) m/dtk.	5.3×10^{-5}	5.3×10^{-5}	5.3×10^{-5}
<i>Unit flux</i> (limbah) m/dtk.	1.15×10^{-5}	3.2×10^{-5}	3.2×10^{-5}
<i>Total flux</i>	0	0	0

Legenda Konsentrasi Relatif

Gambar 5. Proses penyebaran polutan dengan menggunakan *coupling* SEEP/W dan CTRAN/W di daerah KB 17

Legenda Konsentrasi Relatif

Gambar 6. Proses penyebaran polutan dengan menggunakan *coupling* SEEP/W dan CTRAN/W di daerah KB new

Legenda Konsentrasi Relatif

Gambar 7. Proses penyebaran polutan dengan menggunakan *coupling* SEEP/W dan CTRAN/W di daerah KB new 2

Dari gambar simulasi model polutan dapat dilihat bahwa pergerakan kontaminan amonium mengalami pergerakan dari segmen satu s.d. delapan dengan rentang waktu 24 jam. Urea dalam tanah akan dihidrolisis dengan cepat oleh enzim urease menjadi amonium karbonat, yang dengan sendirinya akan menaikkan kadar amonium dalam sumur.

Berdasarkan hasil pemodelan Geostudio 2004 SEEP/W dan CTRAN/W yang disajikan pada Gambar 4, 5, dan 6 menunjukkan bahwa terdapat indikasi rembesan limbah domestik dari tangki septik ke arah sumur warga. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa limbah domestik sangat memengaruhi kondisi air sumur khususnya pada saat musim hujan karena adanya fluks air hujan yang mempermudah kontaminan bergerak.

Analisis menggunakan program CTRAN/W dengan pendekatan tipe transportasi kontaminan secara adveksi-dispersi (Anonim 2004). Tipe ini sering digunakan dalam analisis awal dengan tetap mempertimbangkan efek hidrodinamika dalam tanah, yang meliputi dispersi arah longitudinal (searah aliran air) dan transversal (tegak lurus aliran air).

Konsentrasi awal yang digunakan menggunakan pemodelan sebesar sepuluh (satuan) dan untuk mengetahui sampai tidaknya kontaminan dengan menganggap kontaminan yang sampai ke sumur penduduk adalah sebesar satu satuan. Pada Gambar 4 terlihat pergerakan kontaminan tepat sampai ke sumur penduduk pada jam ke-72 (tiga hari). Di sisi lain, Gambar 5 dan 6 memperlihatkan kontaminan bergerak

sampai ke sumur penduduk pada rentang waktu ke 768-960 jam (32-40 hari) dan 576 jam (24 hari). Dari hal tersebut tampak bahwa perbedaan jarak sumber kontaminan (tangki septik) dan sumur warga sangat berpengaruh terhadap pergerakan kontaminan amonium. Dalam hal ini ditunjukkan pada Gambar 4, jarak kedua lokasi tersebut adalah 3 meter dan pada Gambar 5 dan 6 adalah 5 meter.

Perbedaan Konduktivitas Hidraulik dalam tanah juga memengaruhi lamanya perjalanan, untuk ini diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6, dimana pada lokasi KB *new* mempunyai konduktivitas hidraulik yang lebih rendah menghasilkan waktu tempuh yang lebih lama dibandingkan pada lokasi KB *new* 2 pada Gambar 6.

Validasi Pemodelan

Validasi permodelan dilakukan dengan membandingkan hasil konsentrasi amonium di lapangan dan hasil pemodelan yang diperkuat dengan hasil wawancara penduduk. Berdasarkan hasil survei lapangan diketahui bahwa pada saat musim hujan, air sumur akan menjadi lebih keruh, berbau, dan berwarna hitam. Hal ini didukung oleh hasil analisis laboratorium tentang kadar konsentrasi amonium yang melebihi ambang batas baku mutu (Anonim 2002, 2010), kelas I, yaitu amonium (Tabel 2).

Berdasarkan hasil pantauan kualitas air di sekitar lokasi pemodelan, diketahui bahwa hampir semua sumur memiliki konsentrasi amonium melebihi ambang baku mutu (Tabel 2). Kontaminasi air sumur gali diperkirakan karena jarak sumur gali

Tabel 2. Hasil analisis laboratorium contoh air tanah

Parameter	Hasil Analisis						Permenkes 492/2010	PP 82/2001, kelas I
	KB-17	KB-18	KB-19	KB-20	KB-New1	KB-New2	Kualitas air minum	Kualitas air + pencemar
Amonium	16.2	3.92	8.46	4.22	5.05	5.92	1.5	0.5

terlalu dekat dengan tangki septik. Selain itu konstruksi sumur gali yang masih buruk mempermudah masuknya polutan ke dalam sumur gali. Lokasi ini sering dilanda banjir saat musim hujan, kondisi ini memperparah kualitas air sumur gali dan sangat rentan terhadap pencemaran.

Pengaruh batuan dasar terhadap pergerakan polutan juga sangat tinggi. Wilayah ini termasuk dalam endapan Danau Bandung Formasi Cikidang dengan material penyusun pada akuifer bebas/zona tidak jenuh berupa batu pasir. Karakteristik batu pasir yang memungkinkan proses meresapnya bahan pencemar ke dalam air tanah dengan mudah sehingga kerentanan air tanah di daerah ini tinggi.

Kalibrasi hasil pemodelan ini dapat diterima setelah dilakukan uji validitas dengan hasil lapangan. Berdasarkan validasi model dapat diketahui bahwa simulasi pemodelan penyebaran polutan dengan menggunakan *coupling* SEEP/W dan CTRAN/W dapat diterapkan di daerah padat penduduk di kecamatan Margahayu dan Margaasih.

KESIMPULAN

Hasil analisis laboratorium maupun pengamatan fisik di lapangan memperlihatkan bahwa daerah Margahayu telah tercemar oleh ammonium, hal ini diperkuat dengan simulasi model dengan menggunakan perangkat lunak *Geostudio* dan analisis menggunakan program SEEP/W dan CTRAN/W. Pencemaran telah mencapai muka air tanah dengan kedalaman berkisar 4-5 meter. Jarak sumur yang sangat berdekatan dengan tangki septik akan mempengaruhi kualitas air tanah disekitarnya. Berdasarkan hasil analisis dan pengamatan lapangan telah terjadi, rembesan limbah domestik dari tangki septik terhadap sumur gali penduduk di desa Margahayu. Rembesan pergerakan polutan terjadi karena

curah hujan yang berperan sebagai fluks yang membawa kontaminan. Pada daerah KB 17 terindikasi adanya pencemaran di sumur penduduk pada hari ke-31, KB *new* pada rentang waktu 32-40 hari dan KB *new* 2 pada hari ke-24. Jarak sumber kontaminan dan permeabilitas tanah berperan penting dalam menentukan waktu perjalanan kontaminan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. Sudaryanto, M.T., Prof. Dr. Robert M. Delinom, dan Dadi Sukmayadi atas bantuannya selama penelitian dan penyusunan tulisan ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada seluruh rekan-rekan yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian di kabupaten Bandung. Kegiatan penelitian ini dibiayai dari dana DIPA Tematik tahun 2013 dan 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Presiden Republik Indonesia."
- . 2004. "User Manual Geostudio 2004." Alberta, Calgary.
- . 2010. "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492." MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta, Indonesia.
- Ardiansyah, Rahman Hakim, Sobriyah Sobriyah, and Agus Hari Wahyudi. 2014. "Pengaruh Fluktuasi Muka Air Waduk terhadap Debit Rembesan menggunakan Model Seep/W (Studi Kasus di Bendungan Benel, Kabupaten Jembrana, Bali)." *Matriks Teknik Sipil* 2 (3).
- Bronto, Sutikno, Achnan Koswara,

- and Kaspar Lumbanbatu. 2006. "Stratigrafi Gunung Api Daerah Bandung Selatan, Jawa Barat." *Indonesian Journal on Geoscience* 1 (2): 89–101.
- Dam, M A C. 1994. "The Late Quaternary Evolution of the Bandung Basin, West-Java, Indonesia." *Thesis Vrije Universiteit, Amsterdam*, 252.
- Hulagabali, Anand M, C H Solanki, and G R Dodagoudar. 2014. "Contaminant Transport Modeling through Saturated Porous Media using Finite Difference and Finite Element Methods." *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1684–2278.
- Oliaei, M, and M Heidarpour. 2015. "Oil Contamination Propagation Patterns in Soils and Efficiency Evaluation of Pumping in-Situ Remediation Method." *Iranian Journal of Science and Technology. Transactions of Civil Engineering* 39 (C2). Springer Science & Business Media: 379.
- Sastrawijaya, Tresna. 2010. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Schwab, Peter, Robert H Grubbs, and Joseph W Ziller. 1996. "Synthesis and Applications of RuCl₂ (CHR⁺)(PR₃)₂: The Influence of the Alkylidene Moiety on Metathesis Activity." *Journal of the American Chemical Society* 118 (1). ACS Publications: 100–110.
- Silitonga, P H. 1973. "Peta Geologi Lembar Bandung." *Jawa Skala* 1 (100.000).
- Siracusa, G, A D La Rosa, L Musumeci, and G Maiolino. 2007. "Modelling of Contaminant Migration in Unsaturated Soils." *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 102. WIT Press.
- Sudaryanto, S, and Dadan Suherman. 2008. "Degradasi Kualitas Airtanah Berdasarkan Kandungan Nitrat di Cekungan Air Tanah Jakarta." *RISSET Geologi dan Pertambangan* 18 (2): 61–68.
- Supriyatno, Budi. 2011. "Pengelolaan Air Limbah yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi dan Langkah Penanganannya." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 1 (1).
- Veronis, George, and Florence K Mellor. 1982. "1982 Summer Study Program in Geophysical Fluid Dynamics: Particle Motions in Fluids." Woods Hole Oceanographic Institution.
- Welty, Christopher, and Nicola Guarino. 2001. "Supporting Ontological Analysis of Taxonomic Relationships." *Data and Knowledge Engineering* 39 (1). Elsevier: 51–74.