

STUDI AIR TANAH DI SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH BANTAR GEBANG BEKASI JAWA BARAT

GROUNDWATER STUDY OF BANTAR GEBANG LANDFILL SITE IN BEKASI, WEST JAVA

Syafalni dan Satrio

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi – BATAN

Jl. Cinere Pasar Jumat-Jakarta 12440

email: trio_crb@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian air tanah di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Bantar Gebang Bekasi menggunakan metode isotop alam (^{18}O , ^2H dan ^3H) dan dilengkapi data hidrokimia. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sejumlah sampel air lindi, air permukaan dan air tanah di sekitar TPA dengan tujuan untuk melihat sejauh mana pengaruh *sanitary landfill* terhadap air tanah di sekitarnya. Hasil analisis isotop alam menunjukkan bahwa sebagian besar air tanah dangkal telah mengalami kontaminasi oleh zat pencemar yang berasal dari TPA yang sebarannya telah mencapai kira-kira 1 km dari lokasi TPA. Hasil ini didukung dengan data hidrokimia khususnya nitrat yang memperlihatkan kecenderungan yang hampir sama. Sedangkan air tanah akuifer dalam (>40 meter) tidak memperlihatkan adanya pengaruh dari zat pencemar yang berasal dari area TPA.

Kata kunci : air tanah, TPA, Bantar Gebang

Abstract

Groundwater study using environmental isotopes (^{18}O , ^2H and ^3H) and hydrochemical methods has been done in Bantar Gebang solid waste landfill site, Bekasi. The study was carried out by taking several samples of leachate, surface water and groundwater around the landfill area. The aim of this study was to identify how far the influence of the municipal solid waste landfill site to groundwater quality. The results of the environmental and also the hydrochemical data showed that the most of shallow groundwater had been influenced by pollutants from the landfill area. The pollution radius was about 1 km from the landfill center. Whereas, the deep groundwater was not influenced by pollutant coming from sanitary landfill area.

Key words : groundwater, sanitary landfill, Bantar Gebang

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap air semakin lama semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk dan tumbuhnya perindustrian. Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan, sehingga sumber daya air perlu dijaga kualitas, kuantitas dan kelestariannya.

Air bergerak dari sistem air permukaan ke sistem air tanah atau sebaliknya dan pada akhirnya menuju ke laut. Sistem air tanah tercemar dapat diakibatkan Bergeraknya air permukaan ke sistem air tanah atau sebaliknya. Salah satu masalah yang tak dapat dihindari adalah gerakan air yang berasal dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah ke dalam sistem air tanah di sekitarnya yang kemungkinan mengandung zat pencemar yang berbahaya bagi kesehatan. Pencemaran air tanah

dangkal oleh TPA sering terjadi terutama oleh nitrat, bahan organik berbahaya, Pb, Fe, Co dan logam berat lainnya yang tertimbun di TPA. Tanpa disadari hal ini akan mempengaruhi kesehatan masyarakat yang tinggal dan mengambil air tanah dangkal di sekitarnya.

Metode isotop alam (^{18}O , ^2H dan ^3H) yang dilengkapi dengan data hidrokimia untuk menjelaskan asal-usul, interaksi antara air tanah dengan air permukaan dan sebaran zat pencemar. Hasil studi diharapkan mendukung upaya perlindungan masyarakat dari dampak TPA tersebut.

2. METODOLOGI

Studi asal usul dan migrasi zat pencemar di sekitar TPA Bantar Gebang Bekasi terhadap air tanah dilakukan dengan pendekatan metode isotop alam

(analisis ^{18}O , ^2H dan ^3H) dan analisis hidrokimia air yang akan memberikan data dan informasi yang saling melengkapi.

Analisis ^{18}O dan ^2H . ^{18}O dan ^2H (deuterium) dianalisis dengan spektrometer massa model SIRA-9, VG Isogas. Analisis ^{18}O dilakukan dengan mereaksikan 2 ml sampel air dengan gas CO_2 pada botol gelas dan disetimbangkan pada suhu 30°C selama 8 jam dengan alat preparasi sampel Isoprep-18. Selanjutnya gas CO_2 dialirkan ke dalam spektrometer massa untuk penentuan kandungan isotop stabilnya. Pengukuran kandungan ^2H dilakukan dengan mereaksikan 10 μl sampel air dengan 300 mg Zn aktif dalam kondisi vakum dan dipanaskan pada suhu 450°C selama 30 menit hingga gas H_2 terbentuk dengan O tereduksi menjadi ZnO. Seterusnya gas H_2 dialirkan kedalam spektrometer massa.

Dengan berkembangnya peralatan spektrometer massa sekitar tahun 1950, penelitian dengan isotop stabil menjadi sangat mungkin untuk menentukan secara tepat rasio kelimpahan isotop. Dalam hal ini yang sangat menarik bagi peneliti adalah rasio isotop-isotop molekul air seperti $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dan $^2\text{H}/^1\text{H}$. Rasio yang ditimbulkan dikenal dengan delta (δ) dalam permill (‰) merupakan perbedaan relatif antara sampel dan standar yang dikenal dengan SMOW (Standard Mean Ocean Water).

$$\delta \text{ ‰} = [(R - R_{\text{standar}}) / R_{\text{standar}}] \times 1000$$

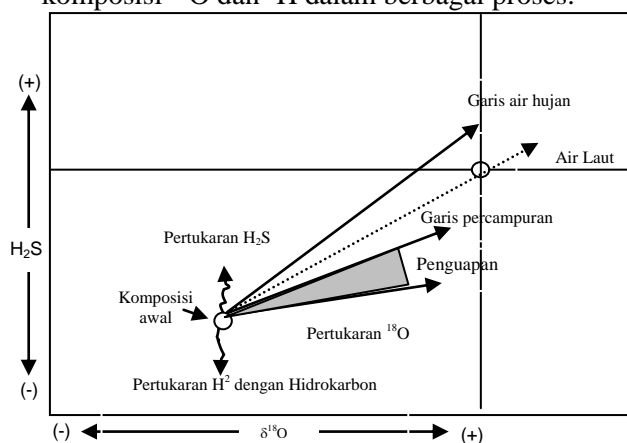
Nilai R dan R_{standar} adalah rasio isotop $^2\text{H}/^1\text{H}$ atau $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$.

Variasi isotop air mempunyai sedikit perbedaan dalam tekanan uap dan titik beku. Kedua sifat ini memberikan perbedaan konsentrasi ^{18}O dan ^2H dalam air untuk bermacam-macam tempat dalam siklus hidrologi. Kandungan isotop suatu senyawa berubah bila terjadi evaporasi, kondensasi, pembekuan, pencairan, reaksi kimia atau proses biologi yang umum dikenal dengan fraksinasi isotop (IAEA-TECDOC-713, 1993).

Pada prinsipnya analisis ^{18}O dan ^2H dalam penelitian dinamika air suatu daerah adalah berdasarkan perbedaan kandungan isotop stabil ^{18}O dan ^2H diantara sumber air yang terdapat di daerah penelitian seperti air sungai, air tanah, air danau, reservoir atau air laut. Kandungan isotop stabil ^{18}O dan ^2H pada daerah TPA akan terjadi pengkayaan yang disebabkan oleh proses penguapan. Di lain pihak air tanah dangkal dan air tanah dalam di daerah tersebut dapat berasal dari imbuh lokal

ataupun regional yang akan memperlihatkan perbedaan diantara sumber-sumber air yang dipelajari (Verhagen B. T, et. al., 1997).

Air tanah yang berasal dari infiltrasi air hujan ke dalam tanah, komposisi ^{18}O dan ^2H akan terletak pada garis meteorik (air hujan), kecuali air tanah tersebut mengalami perubahan misalnya mengalami pertukaran ^{18}O karena melewati magma, pencampuran atau telah mengalami proses penguapan. Grafik pada Gambar 1 memperlihatkan komposisi ^{18}O dan ^2H dalam berbagai proses.



Gambar 1. Perubahan Komposisi Isotop dalam Berbagai Proses

Analisis ^3H . Analisis ^3H (tritium) air di laboratorium dilakukan dengan cara pengkayaan tritium dari 600 ml sampel air melalui proses elektrolisis sehingga menjadi 20 ml dengan menggunakan elektrolit Na_2O_2 . Sebanyak 10 ml air sampel hasil elektrolisis dimasukkan ke dalam vial gelas berkapasitas 21 ml, dan ditambahkan 11 ml sintilator *ultima gold*. Selanjutnya sampel dicacah dengan pencacah sintilasi cair (LSC=liquid scintillation counter) Packard 1900TR.

Komposisi isotop tritium alam di Indonesia secara umum berada pada kisaran 0-6 TU (tritium unit), (Pellegrini M., et. al., 1999). Penyimpangan dari nilai normalnya dapat diakibatkan oleh adanya sumber radiasi tritium atau radiasi dari pemancar β lain, seperti ^{32}P atau ^{35}S .

Analisis Hidrokimia. Analisis hidrokimia air dilaksanakan dengan menentukan ion-ion utama yang terkandung di dalam air. Pengukuran dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM untuk teknik analisis kimia air. Kation Na, Ca, Mg dianalisis dengan spektrometer serapan atom, sedangkan anion Cl, SO_4 , dan NO_3 dianalisis dengan spektrometer UV-Vis, serta HCO_3 dengan volumetri.

Pengambilan Sampel Air

Sampel penelitian terdiri atas: 46 sampel air sumur bor dangkal dan dalam, 6 sampel air kali (air permukaan), serta 4 sampel air lindi yang dihasilkan dari instalasi pengolahan akhir sampah (IPAS). Sampel air untuk analisis isotop alam ^{18}O dan ^2H sebanyak 20 ml diambil langsung dari sumbernya dan dimasukkan ke dalam vial serta diusahakan tidak kontak langsung dengan udara luar. Untuk analisis ^3H diperlukan sampel air sebanyak 1 liter untuk proses elektrolisis. Sedangkan analisis hidrokimia diperlukan sampel air sebanyak 1 liter untuk analisis ion-ion utama dan 250 ml untuk analisis nitrat yang diperlakukan dengan penambahan kristal Hg_2Cl_2 .

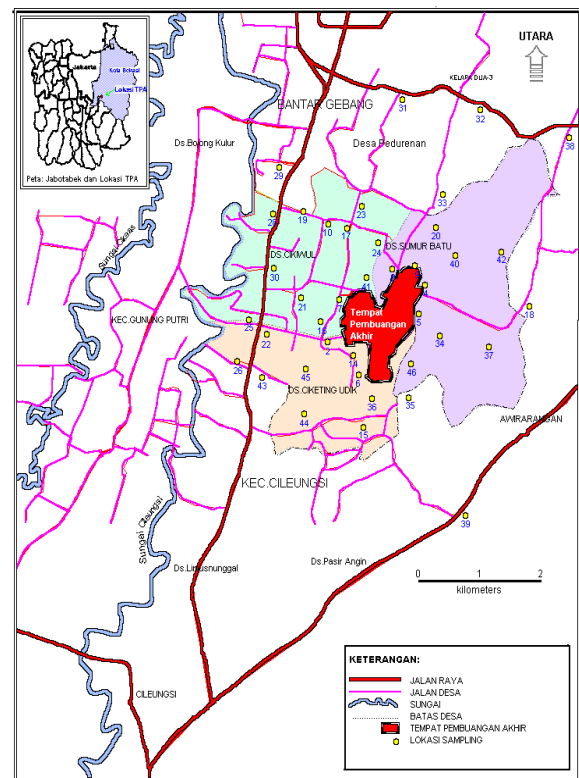
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) berlokasi di Kecamatan Bantar Gebang Bekasi telah digunakan sebagai tempat pembuangan sampah dari DKI Jakarta, Kabupaten Bekasi dan Kota Bekasi. Lokasi TPA terletak dalam tiga desa, yaitu Desa Sumur Batu, Desa Cikiwul dan Desa Ciketing Udik. Seiring dengan waktu, kondisi TPA ini semakin lama semakin mengkhawatirkan, terutama dampak migrasi zat pencemar terhadap air tanah penduduk sekitarnya. Kajian berikut ini merupakan hasil penelitian air tanah di sekitar TPA melalui pendekatan isotop alam yang dilengkapi dengan hidrokimia. Lokasi pengambilan sampel air tanah, baik sampel air tanah dangkal, air permukaan, air lindi maupun air tanah dalam, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.

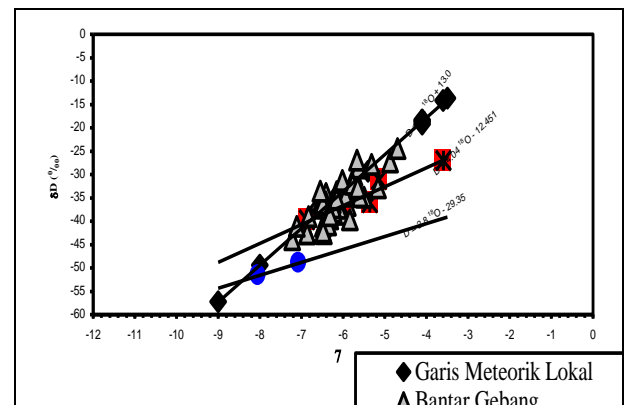
Hasil Analisis ^{18}O dan ^2H

Variasi isotop ^{18}O dan ^2H yang terjadi akibat evaporasi dan pertukaran dalam sistem hidrologi dapat dilihat berdasarkan perubahan komposisi yang terjadi dari komposisi asal akibat berbagai proses di alam. Hasil analisis ^{18}O dan ^2H dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian dibuat grafik hubungan $\delta^2\text{H}$ terhadap $\delta^{18}\text{O}$ (Gambar 3). Berdasarkan grafik tersebut dapat diterangkan bahwa air tanah dangkal dari lingkungan TPA terletak diantara garis air hujan lokal (garis meteorik lokal) dan garis air yang mengalami proses evaporasi yang diperlihatkan oleh titik-titik sampel yang berada di antara garis air hujan lokal (Wandowo 2000, dengan persamaan garis lurus $\delta^2\text{H} = 7,8\delta^{18}\text{O} + 13$) dan persamaan garis lurus air lindi TPA $\delta^2\text{H} = 4,04 \delta^{18}\text{O} - 12,45$. Dengan demikian air tanah dangkal daerah penelitian sebagian besar telah mengalami proses

percampuran antara air lindi dan air tanah dangkal setempat yang terdapat di sekitar TPA sampai dengan jarak lebih dari 2 km ke arah utara lokasi dan lebih dari 1 km ke arah lainnya (Selatan, Barat, dan Timur). Hasil analisis ^{18}O dan ^2H juga memperlihatkan bahwa air tanah dangkal yang terdapat di dalam daerah penelitian secara umum mempunyai kandungan isotop stabil ^{18}O dan ^2H yang relatif sama, yang menunjukkan asal-usul yang sama dengan nilai rata-rata $\delta^{18}\text{O} = -6,2 \pm 0,50$ dan $\delta^2\text{H} = -35,36 \pm 4,37$.



Gambar-2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air Tanah Daerah Bantar Gebang Bekasi



Gambar 3. Grafik Hubungan D vs ^{18}O Air Tanah di Sekitar TPA Bantar Gebang-Bekasi

Tabel 1. Hasil Analisis Isotop Alam Air Tanah di Sekitar TPA

Kode Sam-pel	Lokasi Sampling	Kedalaman (m)	Kandungan Isotop Alam			Kode Sam-pel	Lokasi Sampling	Kedalaman (m)	Kandungan Isotop Alam		
			¹⁸ O (‰)	² H (‰)	³ H (TU)				¹⁸ O (‰)	² H (‰)	³ H (TU)
IPAS-1	Area TPA	-	-3,59	-27,0	58,14	21	Ds.Cikiwul Rt 04/Rw 06	15	-6,36	-40,8	1,22
IPAS-2	Area TPA	-	-5,99	-37,2	-	22	Ds.Ciketing Udik No.17 Rt 002/Rw 01	12	-6,40	-37,2	1,38
IPAS-3	Area TPA	-	-5,14	-31,1	41,42	23	Pabrik Kertas Ds.Cikiwul	30	-5,87	-33,6	1,68
IPAS-4	Area TPA	-	-5,36	-36,0	-	24	PT.Rama (Ds.Cikiwul)	30	-5,60	-34,8	0,54
AK-1	Area TPA	-	-6,87	-39,7	2,70	25	PT.Buana Superior Feedmill	96	-5,94	-34,7	0
AK-2	KaliCiketing sebelah timur TPA (a)	-	-7,06	-49,0	1,01	26	PT.Plastikatama	120	-6,02	-31,3	0,60
AK-3	Kali Ciketing sebelah timur TPA (b)	-	-5,16	-32,9	1,08	27	Ds.Cikiwul No.25 Rt 02/Rw 06	16	-6,54	-36,0	0,94
AK-4	Kali Ciketing sebelah utara TPA	-	-8,03	-51,7	3,19	28a	PT.Kukdong, Cikiwul	35	-6,49	-36,2	0,89
AK-5	Sungai Cileungsi	-	-7,22	-44,0	1,27	28b	PT.Kuk Dong, Cikiwul	120	-6,54	-36,0	0
AK-6	Kali Ciketing sebelah utara TPA	-	-4,87	-27,3	12,14	29	PT.Gayane Garment	24	-5,67	-26,9	2,06
1	Kantor TPA-a	30	-7,57	-32,6	2,09	30	PT.Simplot Food Processing	70	-6,55	-33,6	0
2	Sebelah Kali Ciketing hulu	6	-7,07	-34,9	1,40	31	PT.Jaya Mandiri	12	-5,77	-32,1	1,07
3	Sebelah Gd. Adm. Barak TPA	4	-6,57	-28,4	0,91	32	Kantor Lurah Pedurenan	12	-6,25	-36,0	2,00
4	SebelahTanah Kuburan	3	-4,69	-24,5	4,11	33	Kp.Cibitung - Ds. Pedurenan 1	12	-6,24	-37,1	1,21
5	Sebelah Zone IIB	12	-6,41	-34,1	0	34	SDN Sumur Batu	16	-6,59	-36,2	0,72
6	Sebelah Zone IIIA	7	-5,50	-34,9	2,24	35	Ds.Tmn Rahayu Rt2/Rw 05	25	-6,42	-35,8	1,09
7	Sebelah Zone V	20	-6,21	-36,2	1,33	36a	Ds.Ciketing Udik Rt 02/Rw 05	12	-6,15	-33,7	1,57
8	Ds.Sumur Batu Rt 01/Rw 01	14	-6,31	-39,5	1,26	36b	Ds.Ciketing Udik Rt 02/Rw 05	150	-6,83	-39,0	0
9	Ds.Sumur Batu Rt 01/Rw 001	12	-5,92	-38,5	1,31	37	Koper PU-Ds.Sumur Batu	13	-7,11	-41,1	1,15
10	Ds.Cikiwul No.6 Rt 03/Rw 03	12	-5,63	-28,6	1,61	38	Masjid Ds.Cimuning-Kec.Setu	16	-5,32	-27,8	1,28
11	Rmh sebelah jembatan Ciketing-Pangkalan-V	6	-6,61	-37,2	1,10	39	Ds.Tmn Rahayu (Kec.Setu-Bogor)	10	-6,83	-39,0	1,21
12	Kantor TPA-b	30	-6,19	-29,2	1,84	40	Gg. Masid Ds.Sumur Batu	12	-6,46	-42,7	1,48
13	Ds.Ciketing Udik No25 Rt1/Rw 04	10	-6,86	-42,7	1,69	41a	Ds.Cikiwul Rt 04/Rw 04	12	-5,89	-36,6	1,38
14	Ds.Ckt Udik No. 4 Rt 002/Rw 04	15	-6,02	-32,0	1,47	41b	Ds.Cikiwul Rt 04/Rw 04	150	-5,69	-36,0	0
15	Rmh. Bpk Lurah Ckt Udik	30	-5,79	-33,1	1,50	42	Gg. Masjid - Ds.Sumur Batu	12	-5,65	-32,9	1,24
16	PT.Jin Jun Rama	20	-5,73	-30,2	1,44	43a	Ds.Ciketing Udik No.43 Rt 002/Rw 02	12	-6,15	-35,2	1,17
17	Ds.Cikiwul No.7 Rt 004/Rw 02	12	-6,49	-41,1	1,22	43b	CV. Karya Makmur	60	-6,69	-40,0	1,30
18	DsBurangkeng No 24 Rt2/Rw 04	12	-6,22	-41,5	1,16	44	Ds.Ciketing Udik No.3 Rt 003/Rw 06	12	-5,84	-39,7	0,48
19	Ds.Cikiwul No. 16 Rt 02/Rw 02	30	-6,10	-37,2	1,45	45	Ds.Ciketing Udik Rt 001/Rw 03	12	-6,48	-42,3	1,31
20	Ds.Sumur Batu Rt 04/Rw 01	12	-6,23	-38,0	1,82	46	Ds.Sumur Batu Rt 04/Rw 03	12	-6,32	-38,8	1,70

Hasil analisis ³H

Hasil analisis ³H (tritium) sampel air di daerah studi menggambarkan hampir seluruh sampel mengandung ³H yang mengindikasikan daerah tersebut berumur muda atau masih dalam siklus air yang berumur pendek (kurang dari 40 tahun). Hal tersebut berlaku untuk sampel air dari kedalaman 30 m (Syafalni, *et al.*, 1997). Secara umum dapat dijelaskan bahwa sampel air tanah dangkal masih mengandung ³H dari 0,6 TU (Tritium Unit) sampai 4,11 TU. Sedangkan sampel lindi mempunyai kandungan 41,42 TU dan 58,14 TU.

Nilai ³H tinggi yang berasal dari air lindi tidak mencerminkan nilai tritium sebenarnya, melainkan lebih banyak dipengaruhi oleh kontribusi isotop ³⁵S yang juga pemancar β sebagaimana ³H. Karena air lindi sangat pekat, maka proses pemurnian sampel ³H agak sulit, sehingga yang terdeteksi lebih dominan adalah ³⁵S. Sedangkan nilai ³H sampel air tanah akuifer dalam, memiliki nilai nol. Hal ini menunjukkan bahwa air tanah tersebut tidak berhubungan langsung dengan air tanah akuifer dangkal serta tidak dipengaruhi oleh zat pencemar dari TPA.

Tabel 2. Hasil Analisis Kimia

Kode Sampel	Kedalaman (m)	Konsentrasi (mg/L)								pH	DHL (ms)	Suhu (°C)
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻			
IPAS-1 (I)	-	894,10	1148,00	35,79	39,26	399,40	10,67	1751,00	704,20	7,51	41,21	29
IPAS-3 (I)	-	4349,00	4504,00	21,58	4,81	2253,00	9,55	9547,00	178,86	8,15	64,20	29
IPAS-1 (II)	-	260,38	210,00	19,18	36,61	380,00	80,95	346,80	139,88	7,84	-	28
IPAS-2 (II)	-	1226,42	953,85	1,41	78,13	1545,00	0,33	7912,00	693,81	7,84	-	29
IPAS-3 (II)	-	1555,56	1450,00	1,86	47,32	2701,00	0,49	8855,00	564,28	8,06	-	30
IPAS-4 (II)	-	1588,89	1066,67	1,32	83,33	1784,00	0,65	8372,00	530,68	7,80	-	30
AK-1	-	31,80	35,59	5,00	0,52	48,64	5,33	157,10	42,45	7,20	0,21	29
AK-2	-	1,69	8,09	2,68	0,94	8,67	2,22	50,33	6,97	7,05	0,20	30
AK-3	-	1,78	8,91	2,00	2,49	12,07	3,87	61,61	3,92	6,40	-	29
AK-4	-	40,85	29,17	6,92	5,42	52,11	6,79	218,10	29,79	7,36	-	30
AK-5	-	2,11	12,24	13,71	4,72	5,54	45,59	62,53	2,33	6,42	-	28
AK-6	-	89,02	68,33	10,85	10,89	131,26	6,48	480,4	110,33	7,08	-	29
1	30	1,08	9,94	1,35	0,69	15,14	0,89	3,68	19,71	5,13	0,19	30
2	6	0,76	9,32	0,47	0,04	4,59	3,11	87,84	Ttd	6,52	0,19	28
3	4	1,74	35,00	13,01	5,50	64,10	6,67	17,08	79,75	5,53	0,19	29
4	3	6,49	24,94	37,44	15,93	216,10	0,89	92,72	2,99	6,17	0,19	28
5	12	1,79	13,08	1,35	1,67	5,95	0,89	111,30	Ttd	6,80	0,19	29
6	7	0,43	3,71	0,18	0,40	7,48	0,00	22,88	0,50	5,89	0,20	29
7	20	1,28	10,71	4,91	5,34	26,56	1,78	14,64	40,17	6,01	0,20	29
8	14	0,36	4,13	1,24	1,69	12,76	0,00	28,67	17,44	5,89	0,19	30
9	12	0,82	6,41	1,47	1,26	7,65	3,11	57,34	3,66	7,26	0,19	28
10	12	0,16	1,78	1,76	1,33	11,74	0,00	15,25	16,03	5,91	0,19	29
11=2 (II)	6	0,80	7,71	2,34	4,28	7,09	8,64	87,23	10,51	6,26	-	29
12=1 (II)	30	1,41	7,81	0,87	1,71	5,26	1,77	91,50	3,03	6,73	-	30
13	15	0,26	7,81	3,01	3,91	30,94	1,61	30,50	12,79	5,60	-	28
14	15	0,60	4,70	0,65	0,48	7,48	1,05	28,37	3,18	5,74	164,10	29
15	30	0,26	8,73	0,29	0,36	10,19	1,86	5,19	7,61	4,95	0,20	28
16	20	1,25	8,03	0,94	0,29	2,46	2,58	73,81	0,96	6,34	157,00	29
17	12	0,36	16,04	7,12	6,50	21,58	0,57	9,15	90,43	5,44	164,10	29
18	12	0,08	3,24	0,35	0,52	3,93	2,02	14,64	1,19	5,57	-	28
19	30	0,53	3,10	0,48	0,59	4,31	2,02	32,64	1,77	5,80	-	28
20	12	0,40	7,06	1,24	1,02	10,10	1,61	44,84	7,93	5,97	167,00	29
22	12	1,32	43,46	2,79	3,29	72,48	0,97	4,58	18,96	4,52	-	29
23	30	1,80	7,14	0,84	0,88	3,31	1,13	96,38	0,94	6,16	-	30
24	30	0,06	3,76	0,29	0,10	4,46	1,61	10,07	6,25	5,83	0,16	29
25	96	4,15	90,48	0,10	0,07	2,30	7,97	244,60	0,35	6,97	-	30
26	120	3,23	24,17	1,23	3,16	25,94	2,58	122,60	1,48	6,84	-	30
27	16	0,16	4,60	0,90	0,73	7,82	0,40	6,10	6,71	5,29	-	30
28a	35	0,86	5,73	1,50	3,07	12,16	1,21	58,87	20,58	6,24	-	29
28b	120	5,09	91,67	1,23	2,98	23,12	3,79	295,90	0,83	7,08	-	29
29	24	2,44	8,91	1,32	1,17	11,96	6,95	53,38	15,38	6,03	-	30
30	70	2,52	7,24	1,09	2,73	0,81	1,53	112,20	0,53	7,11	-	30
31	12	0,71	7,43	0,94	1,17	12,17	0,57	50,63	4,32	5,94	-	29
32	12	0,90	5,33	0,39	0,32	1,79	1,79	46,67	0,49	7,29	-	28
33	12	0,22	1,57	0,39	0,64	4,62	0,19	6,71	4,90	7,13	-	29
34	16	1,29	18,86	2,26	0,96	20,66	2,45	8,54	38,58	6,82	0,99	29
35	25	0,04	4,07	0,59	0,40	4,72	0,75	3,05	17,07	4,83	0,14	29
36a	12	0,13	3,44	0,06	0,15	7,44	0,47	4,58	4,00	4,77	0,07	29
36b	150	4,38	57,14	0,90	2,04	1,73	1,98	203,70	0,47	7,28	-	30
37	13	0,59	8,09	0,84	2,31	14,02	2,64	9,15	16,36	6,77	-	30
38	16	0,96	5,20	0,32	0,43	4,25	1,89	46,67	1,41	6,49	-	29
39	10	0,53	12,00	1,82	2,20	19,34	0,00	1,53	8,19	4,15	-	28
40	12	0,18	2,82	0,18	0,23	4,97	1,23	8,54	3,88	5,11	1,22	28
41a	12	0,70	5,53	1,05	1,36	18,56	0,75	6,10	30,62	7,72	0,245	30
41b	150	5,40	60,71	0,68	1,81	1,95	0,75	217,80	0,20	8,03	-	28
42	12	0,14	2,14	0,26	0,52	4,15	1,23	8,54	2,97	7,37	-	29
43a	12	0,90	11,41	1,82	1,75	13,69	3,87	13,12	10,26	4,97	-	30
43b	60	0,20	6,00	1,09	1,69	14,58	0,28	9,15	6,88	5,06	-	30
44	12	1,34	8,55	0,77	1,06	2,50	1,32	99,13	0,16	6,29	-	29
45	12	0,16	2,86	1,27	3,53	12,21	0,28	7,63	15,55	4,60	-	28
46	12	0,10	7,14	1,36	3,16	22,30	0,38	8,54	11,10	4,67	-	28

Hasil Analisis Hidrokimia

Hasil analisis hidrokimia sampel-sampel air dari sumur pompa penduduk dan industri yang terdapat di sekitar TPA memperlihatkan kualitas air tergo-long air segar (*fresh water*) dan berumur

muda. Hal tersebut dikarenakan rendahnya kandungan zat terlarut dan kandungan HCO₃⁻ yang dominan dengan pengecualian terhadap terjadinya kontami-nasi nitrat dari TPA (Tandia A., *et al.*, 1998 dan Vasu K., *et al.*, 1998).

Sedangkan sampel lindi menunjukkan sifat yang tidak dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Selanjutnya hasil evaluasi data hidrokimia sumur penduduk, sumur perusahaan, dan air permukaan di daerah studi menunjukkan terjadinya migrasi pencemar NO_3^- dari TPA ke sumur penduduk sekitarnya. Hal ini diperlihatkan oleh sampel nomor 1, 3, 7, 8, 9, 10, 17, 20, 24, 34, 35 dan 41a yang penyebarannya melebihi 1 km dari lokasi TPA.

Konsentrasi nitrat tertinggi dijumpai pada sumur sebelah utara, barat, dan timur TPA. Konsentrasi nitrat di sumur sebelah selatan TPA juga mengalami peningkatan. Data nitrat menunjukkan sebagian besar air tanah di sekitar lokasi TPA melampaui nilai batas yang diizinkan untuk air minum (maksimum 10 mg/L). Data ini saling melengkapi dengan data isotop alam lainnya. Selanjutnya kandungan nitrat di air tanah akuifer dengan kedalaman di atas 40 m (No. 25, 26, 28b, 30, 36b, dan 41b) yang terdapat di sekitar TPA mengandung kadar nitrat rendah dan masih di bawah batas yang diizinkan. Dengan demikian air tersebut masih dapat digunakan untuk berbagai peruntukan.

4. KESIMPULAN

Air tanah dangkal di sekitar TPA telah terkontaminasi lindi yang berasal dari area TPA yang dibuktikan dengan hasil analisis ^{18}O , ^2H dan didukung oleh data kandungan nitrat. Sebaran pencemaran telah menjangkau sekitar 1 km dari lokasi TPA. Air tanah akuifer dalam di sekitar TPA, secara umum tidak mengalami pencemaran, baik berdasarkan data isotop alam maupun dari data hidrokimia.

Untuk itu dibutuhkan rekomendasi bagi pengambilan keputusan dalam memberikan bobot yang tinggi terhadap sistem geologi, geohidrologi dan pencemaran lingkungan dalam menentukan kriteria pemilihan lokasi TPA ataupun AMDAL. Selain itu disarankan membangun sumur pengamatan di sekitar TPA agar migrasi air lindi atau zat pencemar dari TPA dapat dipantau. Perlu pula dibangun sistem pengendalian muka air untuk air tanah dangkal guna mencegah migrasi air lindi

dari TPA ke dalam sistem air tanah, karena lokasi ini termasuk daerah imbuhan air tanah Bekasi.

DAFTAR PUSTAKA

- International Atomic Energy Agency. (1993), **Nuclear Techniques in The Study of Pollutant Transport in The Environment**, IAEA-TECDOC-713, Vienna.
- Pellegrini M., Tazioli G.S., Mussi M., Calestani G., Masserano M. dan Vannucchi M., (1999). **Chemical and Isotope Methods for The Identification of Unmonitored Old Landfills Polluting The Underground Environment**, International Symposium on Isotope Techniques in Water Resources Development and Management, IAEA, Vienna.
- Syafalni, Barokah A, Djijono, Paston S., dan Agus Martinus, (1997), **Studi Air Tanah Dangkal Daerah Bogor dan Jakarta Bagian Selatan dengan Hidroisotop**, APISORA, BATAN, Jakarta.
- Tandia A. A., Gaye A.B., and Faye, A., (1998), **Origin, Process and Migration Nitrate Compounds in the Aquifers of Dakar Region**, Sinegal, IAEA-TECDOC-1046, Vienna: 67-80.
- Vasu K., Shahul H., Velayadhan K.T., Jacob S. dan Mathew M., (1998), **Nitrate Pollution of Groundwater Around A Sewage Stabilization Pond**, Kerala India, IAEA-TECDOC-1046, Vienna : 57-65.
- Verhagen B. T. dan Butler M.J., (1997), **Environmental Isotope Studies of Urban and Waste Disposal Impact on Groundwater Resources in South Africa, Isotope Techniques in The Study of Environmental Change**, *Proceeding Symposium IAEA*, Vienna: 411-421.
- Wandowo, Zainal, dan Satrio, (2000), **Dinamika Aliran Air Tanah dalam di Cekungan Jakarta**, APISORA, BATAN.