

**PEMETAAN ISOPHREATIC KONTUR UNTUK MENDUGA ARAH  
ALIRAN CEMARAN LINDI DI BAWAH PERMUKAAN TANAH  
(STUDI KASUS PADA TPA SAMPAH GALUGA)**

*Application of Hydrogeology Method To Predict Seepage Flow Pattern of Leachate*

Teti Syahrulyati<sup>1</sup>, Surjono H Sutjahjo<sup>2</sup>, Soedodo Hardjoamidjojo<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

*This research proposed to asses seepage flow pattern at TPA Galuga. Hydrogeology isophreatic contour could be used to asses seepage flow pattern. Mapping was based on water table elevation measurements in the areas. Isophreatic contour was made by inter polating several points measurements. Seepage flow pattern could be defined from isophreatic map. From isophreatic map there were 2 flow patterns at TPA Galuga: seepage flow pattern to North and sinked seepage flow pattern caused by it. The area was permanently polluted by means of leachate sinked seepage flow pattern.*

**Keywords :** seepage, leachate, isophreatic map

*Diterima: 27 April 2007; Disetujui: 19 Agustus 2007*

**PENDAHULUAN**

Sesuai dengan fungsinya maka di TPA Galuga terdapat akumulasi sampah yang cukup besar. Ibe dan Njoku (1999) menyebutkan bahwa resiko pencemaran air bawah permukaan adalah dampak penting yang selalu terkait dengan penimbunan sampah di suatu lahan. Gunung sampah ini menghasilkan cairan bersifat toksik yang disebut lindi (*leachate*). Jumlah dan macam sampah dari masyarakat dipengaruhi beberapa faktor antara lain perilaku dan standar hidup serta sistem pengelolaan sampah yang dilakukan (Ibe dan Njemanze, 1998). Pada saat hujan yang mengakibatkan terjadinya limpasan permukaan, maka lindi ini akan terbawa

dan mencemari air permukaan di sekitarnya. Selain itu melalui proses infiltrasi sebagian lindi akan masuk ke dalam tanah dan mempengaruhi kualitas air bawah permukaan. Bouwer (1978) menambahkan, jarak aman dari bidang resapan adalah 30 meter untuk daerah di atas muka air tanah dan 60 m untuk daerah di bawah muka air tanah. Diasumsikan penyebarannya di bawah permukaan tanah dipengaruhi oleh pola arah aliran air bawah permukaan. Oleh sebab itu untuk dapat mengatasi pencemaran air bawah permukaan ini perlu adanya pengkajian pola arah aliran air bawah permukaan di wilayah TPA Galuga untuk mempermudah pendugaan arah penyebaran resapan lindi. Faktor yang mempengaruhi kualitas air tanah

<sup>1</sup> Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Jl. Pakuan, PO Box 452, Bogor

<sup>2</sup> Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>3</sup> Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

(Ahmed et al, 2000) adalah material, macam pengaliran dan proses perubahannya yang merupakan akibat proses fisik, kimia, biologi maupun segala proses yang mengakibatkan perubahan kualitas.

Untuk itu dilakukan penelitian lapangan mengenai kondisi air bawah permukaan yang ada di sekitar TPA Galuga, seperti sebaran ketinggian muka air bawah permukaan, juga pola dan arah alirannya. Keberadaan air tanah dapat dideteksi baik melalui sumur ataupun mata air. Mengingat keberadaan TPA Galuga cukup dekat dengan wilayah pemukiman, maka observasi air bawah permukaan relatif cukup mudah, karena banyak penduduk yang telah memiliki sumur guna memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola dan arah aliran air bawah permukaan di wilayah TPA Galuga dan sekitarnya sehingga dapat diduga wilayah yang mungkin akan tercemar oleh lindi.

## BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Galuga yang secara administratif terletak di Kabupaten Bogor, Kecamatan Cibungbulang pada ketinggian 300 m dpl, dengan luas area 9.65 ha. Desa Galuga berbatasan langsung dengan Desa Cijunjung kecamatan Cibungbulang di sebelah Utara, Desa Dukuh Kecamatan Cibungbulang di sebelah Timur dan Desa Cemplang Kecamatan Cibungbulang di sebelah Selatan sedangkan di sebelah Barat berbatasan langsung dengan Kecamatan Leuwiliang. TPA Galuga berdasarkan peta tataguna lahan yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal (1999) terletak di antara pemukiman penduduk, areal pertanian, daerah berlereng dan perbukitan. Sungai utama yang mengalir adalah Sungai Cianten yang terletak di

sebelah Barat batas wilayah penelitian. Sistem pengelolaan sampah yang diterapkan adalah *Open Dumping*, sehingga memungkinkan lingkungan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti adanya lindi. Kondisi air lindi dapat bervariasi tergantung faktor hidrogeologi, iklim, jenis limbah dan jumlah serta sistem pembuangan sampah (Fatta et al, 2000)

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25,000 (lembar Leuwiliang), kompas dan palu geologi, GPS-tipe Garmin 45, pita ukur (meteran) dan bandul pemberat meteran.

Metoda penelitian yang digunakan adalah salah satu metoda dalam hidrogeologi yaitu pemetaan untuk mengetahui sebaran kesamaan tinggi muka air tanah pada setiap sumur uji, dengan cara melakukan pengukuran secara langsung di lapangan. Hasil yang diperoleh dari pemetaan ini ditampilkan dalam bentuk Peta Isopreatik (peta kesamaan tinggi muka air tanah terhadap elevasi topografi). Peta ini memberikan informasi mengenai sebaran perbedaan elevasi muka air tanah di seluruh wilayah penelitian. Peta ini dibuat dalam bentuk gambar kontur isopreatik, sehingga dari peta ini dapat diduga arah aliran air bawah permukaan. Dengan demikian gambaran awal wilayah yang mungkin terpengaruh oleh sebaran rembasan lindi dapat diperkirakan. Secara regional lokasi TPA Galuga merupakan bagian dari sistem batuan endapan volkanik hasil letusan Gunung Salak, yang secara umum memiliki porositas dan permeabilitas yang baik berfungsi sebagai lapisan akuifer. Akuifer merupakan sistem batuan yang mampu menyimpan dan melepaskan air dalam jumlah tertentu (Harto, 1993 dan Shaw 1994).

Hasil analisa pola lapisan batuan yang di rekonstruksi dalam penampang geologi, daerah Galuga dan sekitarnya terdapat 2 (dua) sistem akuifer yaitu sistem akuifer tertekan dan sistem akuifer

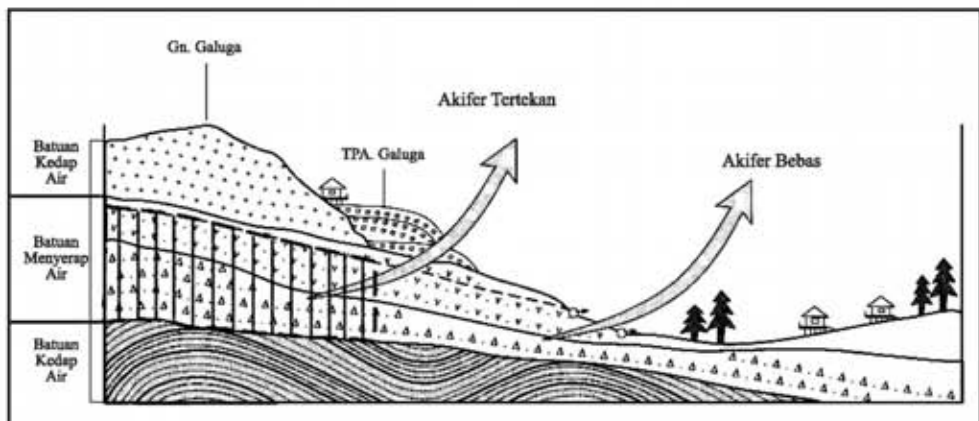


tidak tertekan / akuifer bebas. Sistem akuifer memiliki pola pengaliran tersendiri yang berbeda dengan pola pengaliran di atas permukaan (Kim, et al, 1999). Sistem akuifer tidak tertekan cukup luas menempati hampir 80% luas daerah penelitian. Kedalaman akuifer bebas dilapangan dibuktikan dengan sumber air, dengan muka air tanah bervariasi mulai 60 cm sampai 12 meter dari permukaan tanah.

Untuk mencapai hasil yang optimum, dalam penelitian ini dilakukan tiga tahapan penyelidikan lapangan, yaitu : Tahap 1 berupa penelitian awal, dilakukan berdasarkan hasil survei lapangan dari rencana 28 titik sumur yang akan diukur ternyata hanya 25 titik yang berhasil dilakukan karena pada beberapa lokasi yang direncanakan diukur ternyata tidak dijumpai sumur ataupun mata air. Dari hasil survei ini lalu disusun Peta Isopreatik I; Tahap 2 berupa penelitian semi detail yang merupakan tahap penyelidikan lapangan dengan maksud untuk mempersempit wilayah penelitian. Penyempitan wilayah ini didasarkan kepada Peta Isopreatik hasil tahapan survai awal. Yang dimaksud dengan mempersempit wilayah penelitian adalah, melakukan konsentrasi penelitian hanya pada wilayah tertentu yang dianggap

paling berpotensi terjadinya cemaran lindi, yaitu dengan cara menambah data-data pengukuran baru. Daerah yang dianggap aman dari kemungkinan pencemaran lindi tidak diamati lagi, sehingga dengan demikian tahapan penyelidikan ini adalah berupa semi detail. Pekerjaan penyelidikan hidrogeologi pada Tahap 2 kurang lebih persis sama dengan apa yang dilakukan pada pekerjaan Tahap 1. Pengambilan data dilakukan pada sumur-sumur penduduk atau mata air yang pada penyelidikan Tahap 1 belum pernah dilakukan. Hasil yang diperoleh dari tahapan pekerjaan ini berupa Peta Isopreatik II dengan informasi yang lebih detail. Peta Isopreatik ini sudah memberikan informasi berupa "Batas Wilayah yang Berpotensi Tercemar"; Tahap 3 berupa penelitian detail yang merupakan tahapan pekerjaan yang sifatnya detail, yaitu dengan menambah data-data pengukuran informasi hidrogeologi melengkapi data yang sudah diperoleh. Hasil dari pekerjaan Tahap 3 berupa Peta Isopreatik III, yang dapat memberikan gambaran secara detail pola arah aliran yang terjadi di wilayah tersebut.

Pengukuran kedalaman muka air tanah idealnya dilakukan sepagi mungkin sebelum sumur dimanfaatkan airnya,

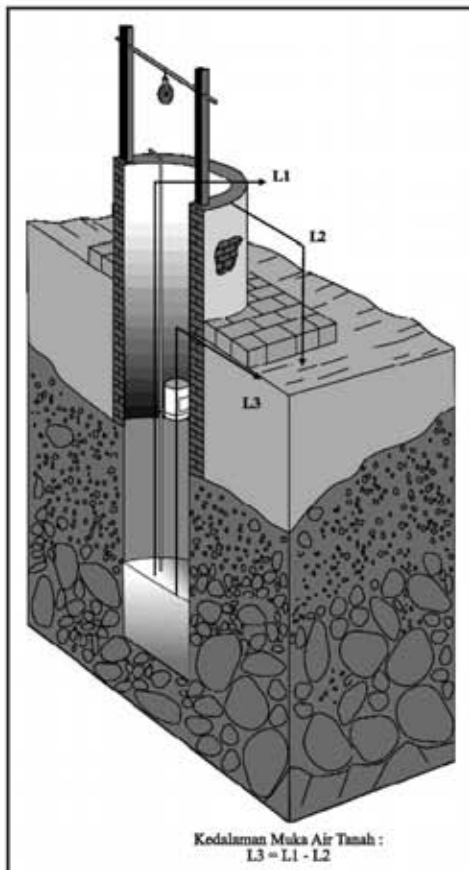


Gambar 1. Ilustrasi sistem akuifer air bawah permukaan daerah penelitian.

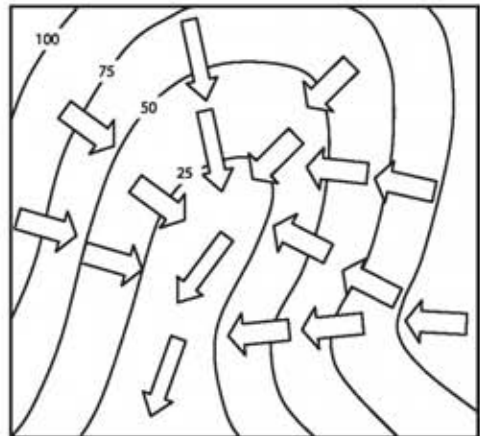
karena pada waktu itu muka air bawah permukaan masih berada dalam posisi muka air tanah rata-rata, dan belum mengalami fluktuasi. Kenyataannya hal tersebut sulit dilakukan sehingga pengukuran baru dapat dilakukan pada jam-jam dimana penduduk jarang atau tidak memanfaatkan sumur, yaitu antara pukul 10.00 hingga pukul 15.00 WIB. Langkah pertama didalam melakukan observasi satu titik sumur uji, adalah menentukan titik posisi koordinat dan elevasi sumur dengan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*). Setelah diketahui posisi koordinat dan elevasi sumur kemudian digambarkan ke dalam

peta, dan selanjutnya dilakukan pengukuran kedalaman muka air tanah, dengan cara mengukur kedalaman muka air tanah dari bibir sumur (= L1). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran. Setelah itu diukur jarak bibir sumur dari permukaan tanah (= L2). Dengan demikian jarak muka air tanah dari permukaan tanah (=L3) adalah  $L3 = L1 - L2$ . Data pengukuran L3 inilah yang dipakai untuk pembuatan peta isopreatik. Pada Gambar 2 disajikan cara pengukuran tinggi muka air tanah :

Berdasarkan data observasi lapangan yang diperoleh dari setiap sumur uji, dapat diketahui sebaran kedalaman muka air tanah, debit dan kecepatan aliran maupun *drawdown* pada setiap titiknya. Titik pengukuran yang mempunyai nilai yang sama dihubungkan, sehingga menghasilkan garis kontur kesamaan elevasi muka air tanah atau disebut sebagai kontur-kontur isopreatik. Secara teoritis air akan mengalir tegak lurus terhadap garis kontur (Todd, 1980), dengan tergambarnya peta kontur isopreatik maka arah aliran air bawah permukaan dapat diketahui, juga dugaan



Gambar 2 : Ilustrasi Pengukuran Kedalaman Muka Air Tanah Dangkal (Shallow Water)



Gambar 3. Contoh kontur isopreatik yang berbentuk melengkung, dengan interval kontur 25 m dan arah pola aliran (tanda panah) yang mengalir tegak lurus terhadap garis kontur



arah pencemaran aliran lindi ke wilayah sekitarnya di bawah permukaan, seperti contoh pada Gambar 3. .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola Aliran Air Bawah Permukaan Dangkal (*Shallow Water*).

Untuk memperoleh data yang terarah dan bersifat mempersempit wilayah pengamatan, maka dilakukan 3 tahapan pengukuran muka air tanah (sumur dan mata air). Ke tiga tahapan pekerjaan ini diklasifikasikan sebagai penelitian awal (*reconnaissance*), penelitian semi detil dan penelitian detil. Setiap tahapan penelitian tersebut menghasilkan peta isopreatik yang berbeda-beda karena informasi data yang diperoleh semakin lengkap dan memperjelas arah sebaran dampak lindi mengalir dan mencemari mata air atau sumur-sumur penduduk disekitarnya. Uraian hasil penelitian air tanah pada setiap tahapannya adalah sebagai berikut :

#### Tahap 1 : Penelitian Awal

Hasil penelitian didasarkan pada data observasi di 25 titik sumur uji menghasilkan peta isopreatik I (Gambar 4.), dengan pola arah aliran secara umum menyebar ke berbagai arah. Pada peta terlihat bahwa umumnya di bagian Selatan, arah aliran menuju ke Utara. Dengan demikian pemukiman-pemukiman yang berada di Selatan TPA Galuga diduga tidak akan tercemari oleh lindi TPA Galuga, sedangkan pemukiman yang berada di arah Timur TPA diduga besar kemungkinan akan tercemar.

Perkiraan ini didasarkan pada pergerakan air bawah permukaan yang memotong TPA Galuga umumnya berarah hampir Timur – Barat. Dengan demikian diduga wilayah yang berpotensi tercemar pada tahapan penelitian awal ini adalah sekitar Desa Dukuh / Cimanggir Ilir, karena arah aliran bawah permukaan

memperlihatkan pola pergerakan air tanah yang bergerak dari lokasi TPA Galuga menuju ke Kampung Cimanggir Ilir (pada Gambar 4 diberi tanda batas garis putus-putus).

#### Tahap 2 : Penelitian Semi Detil

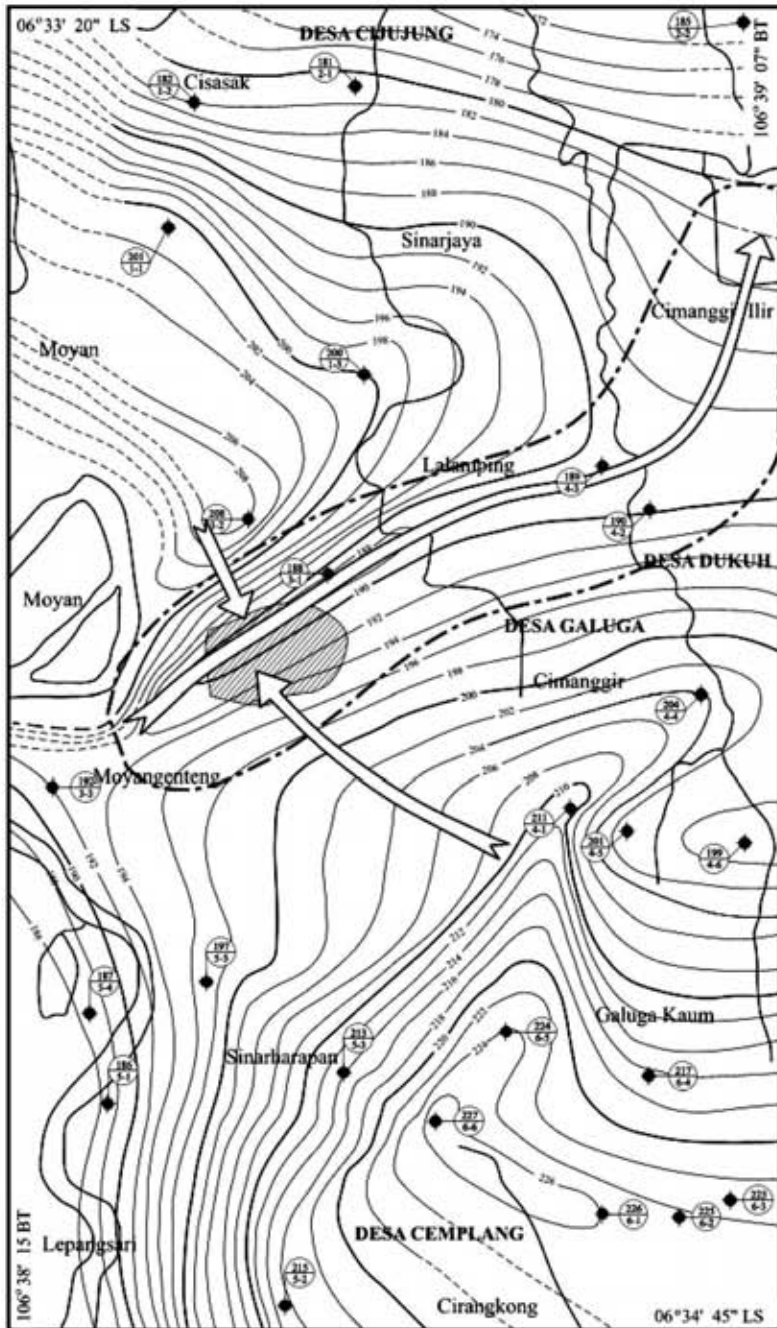
Pada tahapan ini dilakukan penambahan data observasi baru sebanyak 9 titik sumur pengamatan, penambahan titik pengamatan didasarkan hasil tahapan penelitian awal. Pengambilan data dilakukan di sekitar wilayah yang telah dilokalisasi, yaitu antara TPA Galuga hingga ke Desa Dukuh. Tahapan penelitian ini menghasilkan peta isopreatik semi detil (Gambar 5).

Dari hasil analisis peta isopreatik semi detil diperoleh gambaran adanya wilayah yang berpotensi sebagai wilayah tercemar. Dugaan ini didasarkan kepada arah pola aliran air bawah tanahnya, yang dimulai dari batas tengah peta (lokasi TPA) hingga ke arah Utara menuju Desa Cijujung. Wilayah potensi tercemar dibatasi oleh garis putus-putus .

Arah pergerakan air bawah permukaan di lokasi penelitian selain dipengaruhi oleh kondisi sifat fisik batuan, juga besar kemungkinan dipengaruhi oleh adanya sesar / patahan mendatar (Kadarisman, 1992) yang berarah Barat laut – Tenggara sepanjang Desa Galuga hingga Desa Cisasak. Pola arah aliran yang mengarah ke Timur Laut secara umum tidak terlalu menimbulkan masalah mengingat wilayah tersebut didominasi oleh lokasi pertanian, sedangkan yang mengarah ke Utara dapat dikategorikan wilayah bahaya karena merupakan wilayah pemukiman penduduk, sehingga dampak pencemaran air yang terjadi pengaruhnya secara langsung akan dirasakan manusia.

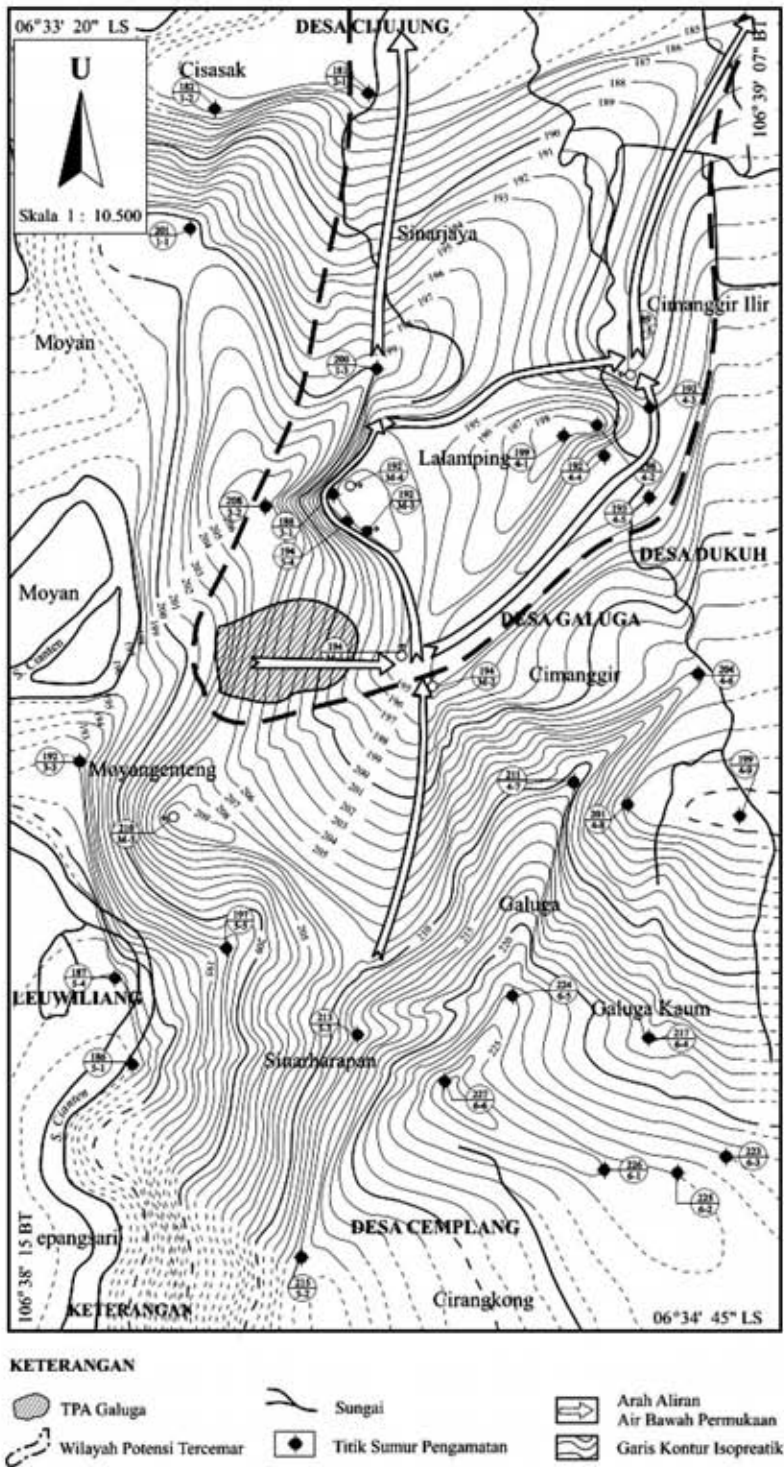
#### Tahap 3 : Penelitian Detil

Pada tahap penelitian detil, dilakukan penambahan 7 titik sumur pengamatan yang tersebar di dalam wilayah yang

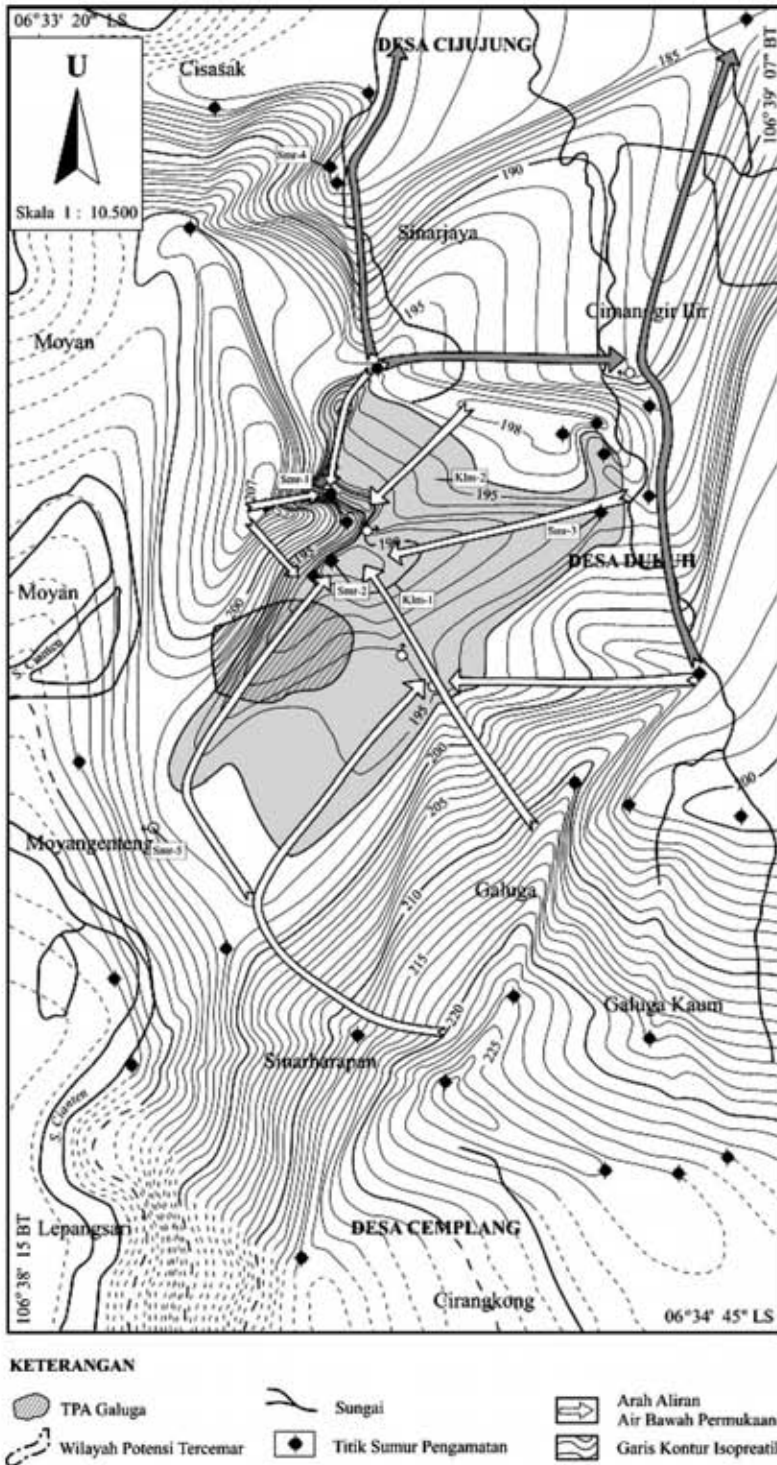


- KETERANGAN**
- |                          |                        |                                 |
|--------------------------|------------------------|---------------------------------|
| TPA Galuga               | Sungai                 | Arah Aliran Air Bawah Permukaan |
| Wilayah Potensi Tercemar | Titik Sumur Pengamatan | Garis Kontur Isopreatik         |

Gambar 4 : Peta Isopreatik Penelitian Awal (Reconaisance)



Gambar 5 : Peta Isopreatik Semi Detil



Gambar 6 : Peta Isopreatik Detail dan Cekungan Air Bawah Permukaan Galuga



diduga berpotensi tercemar. Hasil pengukuran elevasi muka air pada sumur ini, menghasilkan peta isopreatik baru yang memberikan gambaran wilayah dugaan paling berpotensi terkontaminasi lindi. Dari pola aliran yang terbentuk terdapat dua pola arah aliran yaitu pola aliran mengarah ke Utara, dan pola aliran yang terpusat pada suatu titik yang menggambarkan adanya suatu cekungan bawah permukaan. Pola ini dinamakan sebagai 'Cekungan Air Bawah Permukaan Galuga' yang menjadi pusat terkumpulnya air bawah permukaan dari segala arah. Dari peta isopreatik ini terlihat bahwa batas wilayah cekungan pada level 196 m dpl. Artinya apabila ketinggian air bawah permukaan melebihi batas ketinggian level 196 m dpl, maka air akan mengalir ke luar dari cekungan air bawah permukaan Galuga. (Gambar 6.).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Ada dua sistem pola arah aliran air bawah permukaan yaitu; pola arah aliran air bawah permukaan terpusat dan pola arah aliran air bawah permukaan yang mengarah ke Utara.
2. Wilayah dengan sistem pola arah aliran terpusat dan membentuk cekungan diduga secara permanen telah tercemar oleh lindi.

### Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kecepatan aliran dan debit air bawah permukaan.
2. Perlu dilakukan analisa kimiawi air bawah tanah untuk membuktikan adanya akumulasi pencemaran yang terjadi serta untuk menentukan kualitas air dan tingkat pencemaran yang terjadi.
3. Penentuan titik sampel air ditetapkan sesuai pola cekungan yang terbentuk, yaitu sebelum pola aliran yang

melewati wilayah cekungan, pada wilayah cekungan, dan sesudah pola aliran melewati wilayah cekungan.

## DAFTAR PUSTAKA / BACAAN

- Ahmed, A.L.M., W.N. Sulaiman, M.D. Osman, E.M. Saeed, and Y.A. Mohamed. 2000. Groundwater quality in Khartoum State, Sudan. *J Environmental Hydrology* 8 (12) : 1-7.
- Bouwer, H. 1978. *Groundwater Hydrology*. Mc.Graw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokyo.
- Fletcher, CH, and C.Gil Wiswall. 1990. *Investigating The Earth-Groundwater Systems*. Wm., C. Brown Publishers. P 95-103. Brisbane, Toronto.
- Fatta, D, C. Naoum, P. Karlis, and M. Loizidon. 2000. Numerical simulation of flow and contaminant migration at municipal landfill. *J Environmental Hydrology* 8 (16) : 9-11.
- Harto, S. Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ibe, K.M. and G.N. Njemanze, 1998. The impact of urbanization and protection of water resources, Owerri, Nigeria. *J Environmental Hydrology* 6 (9) : 1 - 9.
- Ibe, K. M. and J.C.Njoku. 1999. Migration of Contaminants in Groundwater at A Landfill Site, Nigeria. *J Environmental Hydrology*. 7 (8) : 1-9.
- Kim, G, J. Koo, J. Shim, J. Shon, and S. Lee. 1999. A study of methods to reduce groundwater contamination around a landfill in Korea. *J Environmental Hydrology* 7 (10) : 1-9
- Kadarisman, D.S. 1992. *Geologi dan Evaluasi Tataguna Lahan Daerah Leuwiliang dan Sekitarnya Kabupaten Bogor*. UNPAK. Bogor.
- Shaw, E.M. 1994. *Hydrology in Practice*. Chapman & Hall. London.

