

**PEMODELAN PENYEBARAN AIR LINDI UNTUK PENGELOLAAN TEMPAT PENIMBUNAN  
SAMPAH SEMENTARA DI TAMBAKBOYO, SLEMAN,  
D.I. YOGYAKARTA**

**Tedy Agung Cahyadi**

*Staf Pengajar, Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Email: tedyagungc@upnyk.ac.id*

**INTISARI**

Tempat Penimbunan Sampah (TPS) Sementara Tambakboyo terletak di Kelurahan Condongcatur, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Di sekitar lokasi penelitian jumlah penduduknya sangat banyak. Airtanah bebas di lokasi penelitian dimanfaatkan oleh penduduk sekitar untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk dikonsumsi. TPS tersebut menimbulkan resiko lingkungan berupa adanya penyebaran air lindi. Air lindi merupakan air yang dihasilkan dari pemaparan (*drains water*) air hujan pada tempat penimbunan sampah, sehingga rembesan air tersebut dapat mencemari lapisan akuifer yang ada di bawahnya. Akibat proses penyebaran tersebut, air lindi dapat menyebar dalam akuifer dan menjangkau daerah yang lebih luas. Jenis akuifer di lokasi penelitian adalah akuifer bebas. Pemodelan penyebaran air digunakan untuk memprediksi penyebaran air lindi di dalam air tanah bebas di sekitar lokasi penelitian. Hasil dari pemodelan air lindi ini selanjutnya dipakai sebagai dasar pengelolaan tempat penimbunan sampah sementara di daerah Tambakboyo

*Kata Kunci : TPS, Air Lindi, Pemodelan, Akuifer*

**PENDAHULUAN**

Lokasi penelitian adalah Tempat Penimbunan Sampah (TPS) di Tambakboyo, Kelurahan Condongcatur, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan tingkat kepadatan bangunan di daerah penelitian, jumlah penduduknya termasuk sangat tinggi. Airtanah di daerah penelitian merupakan sumber air untuk perumahan, kantor, sekolah dan kampus. Oleh karena itu ketersediaan sumber air tersebut untuk jangka panjang perlu dilestarikan. Airtanah dianggap sebagai salah satu sumber air yang relatif mudah dan murah cara mendapatkannya.

Ketersediaan airtanah yang merupakan sumber utama sebagian besar penduduk di Condongcatur semakin terbatas. Hal ini disebabkan oleh variasi kualitas akibat kondisi geologi dan proses pencemaran oleh berbagai macam sumber polutan. Terbatas ketersediaannya artinya dari segi jumlah airtanah mungkin masih banyak, akan tetapi dari segi kualitas hanya sebagian kecil yang dapat dimanfaatkan untuk air minum atau kebutuhan rumah tangga lainnya.

Masalah penting yang harus diperhatikan dalam pengoperasian TPS adalah resiko dampak lingkungan di sekitarnya. Dampak lingkungan tersebut meliputi : fisik (udara, airtanah, estetika bentang alam, dll) maupun sosial, ekonomi, kesehatan maupun budaya masyarakat di sekitarnya. Salah satu resiko lingkungan yang sering terjadi adalah penyebaran air lindi dari timbunan sampah ke dalam airtanah yang ada disekitar TPS. Air lindi merupakan air yang dihasilkan dari turunnya air hujan pada tempat penimbunan sampah. Rembesan air tersebut dapat mencemari lapisan akuifer yang ada di bawahnya. Air lindi dapat menyebar dalam akuifer dan menjangkau daerah yang lebih luas. Penduduk sendiri memanfaatkan air yang berasal dari akuifer bebas di sekitar lokasi untuk berbagai macam kebutuhan, terutama untuk dikonsumsi.

Fenomena yang menarik untuk penelitian ini adalah masalah kerentanan kualitas airtanah di sekitar TPS akibat penyebaran air lindi dan mekanisme penyebaran air lindi di dalam akuifer.

Penelitian difokuskan tentang penyebaran polutan untuk memprediksi penyebaran air lindi di dalam air tanah bebas. Hasil dari pemodelan air lindi ini selanjutnya dipakai sebagai dasar pengelolaan tempat penimbunan sampah sementara di daerah Tambakboyo.

Tujuan diadakannya penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui ada tidaknya polutan air lindi di sekitar Tempat Penimbunan Sampah Tambakboyo dan penyebab adanya air lindi.
2. Mengetahui karakteristik akuifer di daerah penelitian.
3. Mengetahui bentuk, sifat, arah, dan pola penyebaran air lindi dalam bentuk pemodelan.

Metodologi Penelitian meliputi :

1. Lingkup Daerah Penelitian :  
Daerah penelitian adalah Tempat Penimbunan Sampah (TPS) di Tambakboyo termasuk wilayah Desa Condongcatur, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Pengumpulan Data :  
Data primer yang dikumpulkan meliputi :

- a. Pengukuran Muka Air Tanah (MAT)
- b. Analisis conto air
- c. Data pemboran (litologi, tebal akuifer, sebaran akuifer)

Sedangkan data sekunder meliputi :

Peta topografi, peta geologi, peta hidrogeologi, tata guna lahan, klimatologi (curah hujan, suhu udara) , analisa kualitas air tanah, dll

3. Analisis Data :

Berdasarkan data yang dikumpulkan akan dilakukan analisis meliputi :

- 1) Penentuan karakteristik akuifer airtanah dari data pemboran yang telah dilakukan.
- 2) Pemodelan penyebaran air lindi yang ada di lokasi penelitian
- 3) Mendapatkan tinggi muka airtanah serta arah aliran airtanahnya

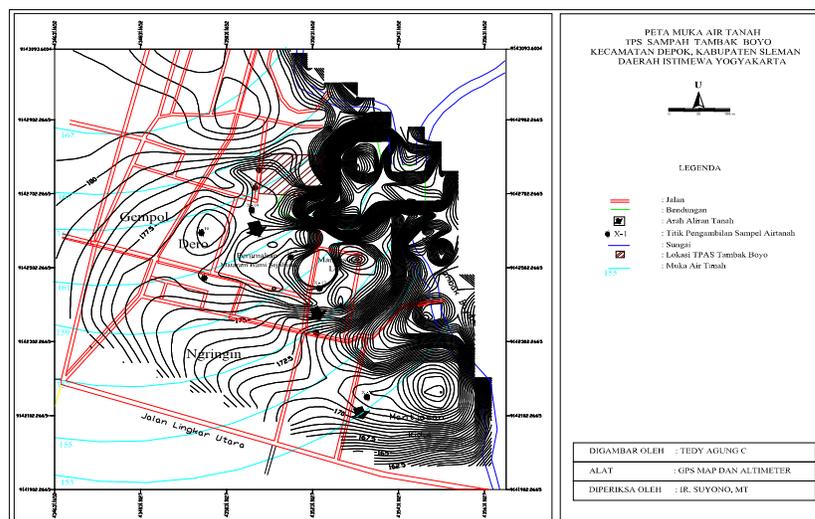
## PEMBAHASAN

Pada umumnya kondisi airtanah bebas sangat dipengaruhi oleh keadaan iklim di daerah tersebut. Identifikasi berdasarkan data meteorologi dari stasiun terdekat perlu dilakukan untuk memperoleh hasil yang baik. Kompilasi data meteorologi berasal dari Bandara Adisucipto selama 20 tahun (tahun 1985 s/d 2004). Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa daerah penelitian memiliki iklim tropis, yang dicirikan dengan musim penghujan dan kemarau. Musim kemarau terjadi pada bulan April s/d Oktober, dan musim penghujan bulan Nopember s/d Maret pada setiap tahunnya.

Curah hujan maksimum di daerah penelitian 3773 mm/tahun, curah hujan rata-rata 2125 mm/tahun dan curah hujan minimum 1097 mm/tahun. Sedangkan intensitas hujan 48,9 mm/jam. Temperatur udara rata-rata bulanan adalah 25,98°C

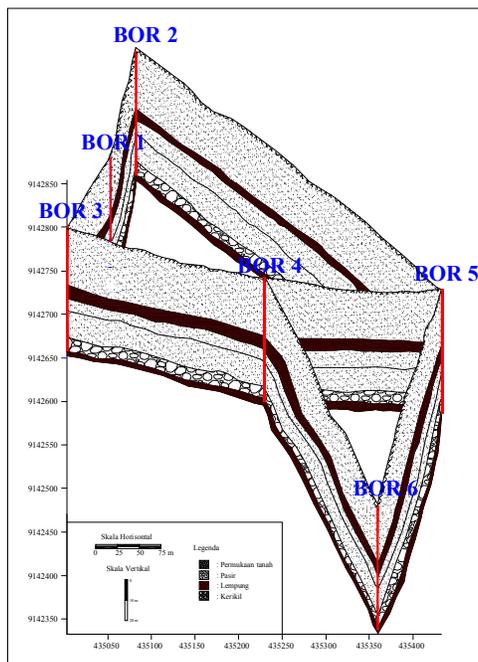
Berdasarkan tipe akuifernya, air tanah daerah penelitian merupakan airtanah bebas atau *uncounfined aquifer* atau airtanah tak tertekan yaitu airtanah yang terdapat di dalam akuifer dimana bagian atas akuifer tersebut tidak ditutupi oleh lapisan kedap air (*impermeable*). Nilai konduktivitas hidroulik dari akuifer yang tersusun oleh lapisan pasir halus, pasir kasar dan kerikil berkisar antara  $7,10 \cdot 10^{-5} - 1,1 \cdot 10^{-4}$  cm/detik. Dengan nilai koefisien penyimpanan (S) rata – rata  $4,256 \cdot 10^{-5}$ . Air tanah di daerah ini berasal dari air hujan yang jatuh di wilayah bagian selatan tubuh gunung Merapi yang merupakan daerah tadah hujannya (*catchment area*). Air hujan tersebut menguap ke udara dan sebagian lagi akan meresap ke bawah permukaan tanah untuk kemudian menjadi air tanah,

Airtanah daerah penelitian oleh sebagian besar penduduk dimanfaatkan untuk berbagai keperluan domestik melalui sumur-sumur gali. Kedalaman muka air tanah daerah penelitian berkisar antara 10 – 17 meter sedangkan kedalaman muka air tanah pada musim hujan berkisar antara 9 – 14 meter dengan fluktuasi sekitar 1,5 – 2 meter.

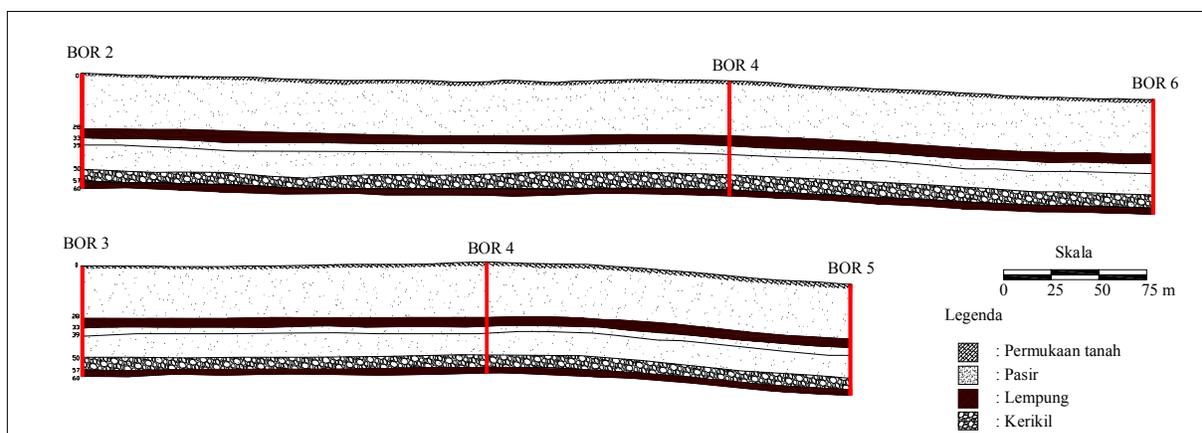


Gambar 1. Peta Muka Air Tanah

Pada umumnya penyebab adanya air lindi sangat dipengaruhi oleh keadaan iklim, litologi, jenis akuifer jenis sampah dan volume sampah. Dari data curah hujan yang ada (Stasiun Pengamat Bandara Adisucipto) di lokasi penelitian memiliki tipe hujan sangat basah dengan intensitas 48,95 mm/jam. Tidak adanya penutup untuk menutupi sampah pada musim penghujan mengakibatkan rembesan air dari sampah akan menimbulkan adanya air lindi. Air hujan yang turun di atas tempat sampah, dapat melarutkan unsur – unsur yang berasal dari sampah tersebut terutama logam berat seperti Fe, Cd, Pb.



Gambar 2. Diagram Fance Lapisan Akuifer dari Lubang Bor DH1, DH2, DH3, DH4, DH5, dan DH 6



Gambar 3. Model Lapisan Akuifer 2 Dimensi Melalui Lubang-, DH 2, DH 3, DH 4, DH 5 dan DH 6

Air hujan yang turun di lokasi penelitian mengalami infiltrasi yang cukup baik, karena dari data lubang bor yang ada menunjukkan pada ketebalan 28 m dari permukaan tanah memiliki litologi berupa lapisan pasir dengan ukuran sedang – kasar. Kondisi ini menyebabkan air hujan yang turun di tempat sampah tersebut dapat dengan mudah merembes ke dalam tanah. Jenis akuifer di lokasi penelitian berdasarkan Gambar 3 adalah akuifer bebas. Air rembesan dari tempat sampah tersebut dapat mengalir dengan mudah bersamaan dengan aliran airtanah bebas yang mengarah ke tenggara dan sebagian ke selatan.

Jumlah volume sampah yang masuk di TPS Tambakboyo setiap hari mencapai 12 m<sup>3</sup>. Sampah tersebut dipindahkan ke lokasi terakhir di TPA Piyungan pada waktu sore harinya. Pемindahan sampah dilakukan oleh Dinas PU pada hari Senin sampai Jumat. Pемindahan sampah terkendala jika pada saat hujan lebat. Proses terbentuknya air lindi akan meningkat jika sampah di TPS Tambakboyo mengalami penambahan jumlah volume. Air Lindi merupakan air hasil dari pemaparan air (*drain water*) hujan pada timbunan sampah. Tempat sampah tersebut berada di atas lokasi rencana bendungan air Embung Tambakboyo. Lokasi TPS Tambakboyo berada dekat dengan pemukiman padat penduduk. Sumber sampah yang ada di TPS Tambakboyo berasal dari lokasi sekitar tempat sampah dan daerah lainnya mencakup daerah Kaliurang, Seturan dan Wedomartani. Sampah yang ada dilokasi terdiri dari sampah organik dan non organik. Sampah organik tersebut oleh masyarakat setempat didaur ulang menjadi pupuk kompos, sedangkan sampah anorganik sebagian dibakar dan sisanya diangkut menuju ke tempat pembuangan akhir di daerah Piyungan. Volume sampah yang masuk ke lokasi TPS Tambakboyo sekitar 12 m<sup>3</sup>, tetapi sampah tersebut pada waktu sore harinya diangkut menuju ke Piyungan. Aktivitas pengangkutan dan pemisahan sampah terhambat pada jam kerja libur (Sabtu dan Minggu), serta berlangsungnya hujan deras.

Dari data penelitian terdahulu yang pernah dilaksanakan, di lokasi penelitian (TPS Tambakboyo dan sekitarnya) telah mengalami penurunan kualitas air tanah. Penyebab menurunnya kualitas air tanah tersebut dikarenakan berdirinya TPS Tambakboyo yang menimbulkan adanya air lindi. Hasil analisa air yang diambil di sumur penduduk membuktikan bahwa telah terjadi penurunan kualitas air, kondisi ini disebabkan oleh menyebarnya rembesan air dari tempat sampah ke lokasi yang memiliki gradient hidroulik yang lebih rendah.

Air sampel yang diambil dari sumur penduduk dianalisis mengenai tinggi rendahnya kandungan atau sifat fisik airtanah tersebut didasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor : 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Hasilnya analisa kualitas air yang diujikan di Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air, Fakultas Geografi UGM sebagai berikut :

1. Pengambilan Contoh Air, 13 September 2007
  - a.  $\text{NO}_3$  sebagai N dengan batas ambang : 10 mg/ltr  
Rentangan nilai pada 15 sample : 0,9 – 53,5 mg/ltr  
Nilai dibawah batas ambang, sampel no. : 1, 4, 5 dan 11
  - b. Fe (Besi) dengan batas ambang : 0,3 mg/ltr  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 0,00 – 3,97  
Nilai dibawah batas ambang, sampel no. : 7, 10, 11, 13 dan 14
  - c. Pb (timbal) dengan batas ambang : 0,03 mg/ltr  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 0,00 – 0,25 mg/ltr  
Nilai dibawah batas ambang, semua sampel kecuali sampel no. 3 (0,25 mg/ltr)
  - d. Kadmium (Cd) dengan batas ambang : 0,01 mg/ltr.  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 0,00 – 0,07 mg/ltr  
Nilai di bawah batas ambang, sampel no. : 3, 4, 8, 10, 11, 12, 14 dan 15 (0,00 mg/ltr)
  - e. Residu Terlarut dengan batas ambang 1000 mg/ltr)  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 40 – 732 mg/ltr  
Seluruh sampel di bawah batas ambang.
2. Pengambilan contoh air, 24 September 2007
  - a.  $\text{NO}_3$  sebagai N dengan batas ambang : 10 mg/ltr  
Rentangan nilai pada 15 sample : 1,15 – 51,7 mg/ltr  
Nilai dibawah batas ambang, sampel no. : 1, 4, 5 dan 12
  - b. Fe (Besi) dengan batas ambang : 0,3 mg/ltr  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 0,15 – 2,38  
Seluruh sampel di bawah batas ambang.
  - c. Pb (timbal) dengan batas ambang : 0,03 mg/ltr  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 0,00 – 0,07 mg/ltr  
Nilai dibawah batas ambang, semua sampel kecuali sampel no. 1 (0,07 mg/ltr), 2 (0,07 mg/ltr) dan 11 (0,12 mg/ltr).
  - d. Kadmium (Cd) dengan batas ambang : 0,01 mg/ltr.  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 0,00 – 0,05 mg/ltr  
Nilai di bawah batas ambang, sampel no. : 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12 dan 15 (0,00 mg/ltr)  
Sampel no. : 1, 4, 8, 9, 10, 13 dan 14 (0,01 – 0,05 mg/ltr)
  - e. Residu Terlarut dengan batas ambang 1000 mg/ltr)  
Rentangan nilai pada 15 sampel : 212 – 716 mg/ltr  
Seluruh sampel di bawah batas ambang.

Sesuai dengan kondisi topografi di daerah penelitian, arah aliran air tanah terlihat mengikuti kemiringan permukaan tanah. Pada penelitian – penelitian yang sebelumnya dan penelitian yang sekarang ini, aliran air tanah mengarah pada dua tempat yaitu :

- a. Aliran air tanah dari barat laut menuju tenggara, mencakup sebagian besar daerah penelitian.
- b. Aliran airtanah dari utara menuju ke selatan  
Kedua aliran airtanah tersebut memiliki pola aliran yang hampir sama, yaitu membentuk suatu garis lurus, dari arah utara ke selatan dan barat laut menuju tenggara. Disamping aliran air tanah, debit aliran airtanah merupakan faktor yang mempengaruhi penyebaran airlindi. Berdasarkan hasil perhitungan gradient hidrolik (i), jenis dan parameter akuifer diketahui potensi airtanah di daerah penelitian sebesar  $1.749 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

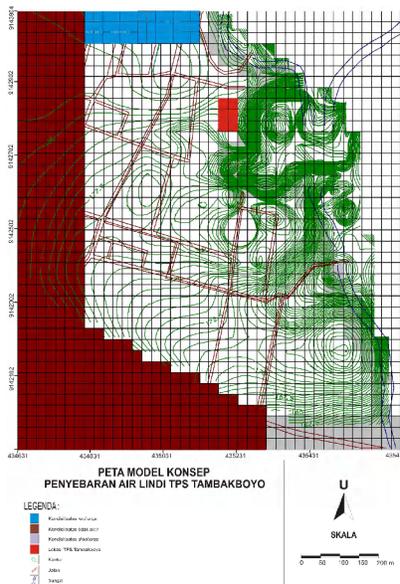
Berdasarkan hasil pemodelan penyebaran air lindi diketahui bahwa arah penyebaran air lindi pada air tanah bebas cenderung menuju arah selatan dan tenggara. Arah ini sesuai dengan penyebaran aliran tanah bebas di tempat penimbunan akhir sampah daerah Tambak Boyo. Sedangkan pola penyebaran polutan berdasarkan setiap jenis polutan berbeda – beda ada berbentuk belalai, lingkaran dan tidak beraturan. Pemodelan penyebaran air lindi dilakukan dengan menyesuaikan dengan data yang telah tersedia, terutama kualitas airtanah. Luasan hasil pemodelan sebagai berikut :

1. Pemodelan penyebaran air lindi pada tahun 1997, luas penyebaran air lindi mencapai =  $206.263 \text{ m}^2$ .

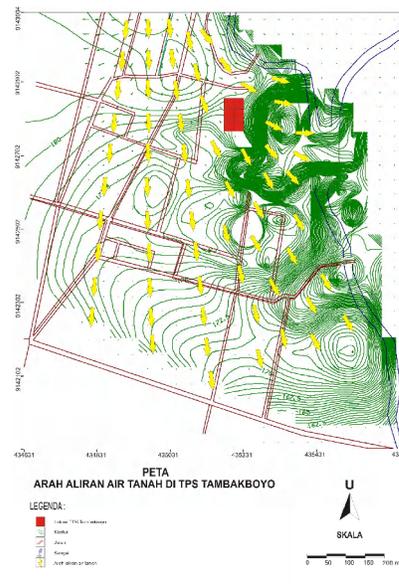
2. Pemodelan penyebaran air lindi berdasarkan pengambilan conto airtanah pada September 2006, luas penyebaran air lindi mencapai = 364.979 m<sup>2</sup>.
3. Pemodelan penyebaran air lindi berdasarkan pengambilan conto air tanah pada September 2007, luas penyebaran air lindi mencapai = 173.123 m<sup>2</sup>
4. Penyebaran air lindi berdasarkan kandungan setiap polutan, berdasarkan sampel yang diambil pada bulan September 2007 dan berdasar pada ambang batas baku mutu air sebagai berikut :
  - a) Polutan Fe dengan luasan penyebaran pada sampel 1 = 450.190 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 351.872 m<sup>2</sup>
  - b) Polutan NO<sub>3</sub> dengan luasan penyebaran pada sampel 1 = 1.099.041 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 1.163.735 m<sup>2</sup>
  - c) Polutan Pb dengan luasan penyebaran pada sampel 1 = 248.115 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 68.719 m<sup>2</sup>
  - d) Polutan Cd dengan luasan penyebaran sampel 1 = 942.287 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 808.573 m<sup>2</sup>
  - e) Polutan TDS tidak memiliki luasan penyebaran polutan, dikarenakan nilai sampel yang ada semuanya dibawah ambang batas.

Kecepatan penyebaran air lindi di dalam airtanah menjadi hal penting untuk diperhatikan kaitannya dengan prediksi penyebaran. Hasil pemodelan diketahui bahwa luas penyebaran air lindi untuk tahun 1997 = 206.263 m<sup>2</sup>, September 2006 = 364.979 m<sup>2</sup> dan September 2007 = 173.123 m<sup>2</sup>. Dari hasil pemodelan ini dapat diketahui penyebaran air lindi mengalami fenomena yang berbeda-beda. Jika dibandingkan luas penyebaran air lindi hasil pemodelan yang menggunakan data hasil analisis conto air tahun 1997 dengan tahun 2006 terdapat peningkatan luas haran air lindi sebesar = (364.979 - 206.263) m<sup>2</sup> = 158.716 m<sup>2</sup> dalam rentang waktu 9 tahun (9 x 365 hari = 3285 hari). Kecepatan penyebaran air lindi 48 m<sup>2</sup>/hari (dibulatkan). Jika membandingkan hasil pemodelan dengan data masukan 2006 dan tahun 2007 dalam rentang waktu 1 tahun (265 hari), terdapat penyusutan sebesar (364.979 - 173.123) m<sup>2</sup> = 191.856 m<sup>2</sup>. Kecepatan penyusutan penyebaran air lindi 525 m<sup>2</sup>/hari. Kecepatan penyebaran polutan berdasarkan kandungan per unsumya adalah sebagai berikut, kecepatan penyebaran polutan Fe berdasarkan ambang batasnya yaitu yang layak untuk dikonsumsi 0,3 mg/ltr adalah (450.190 - 351.872) / 11 hari = 8.938 m<sup>2</sup>/hari. Kecepatan penyebaran polutan NO<sub>3</sub> berdasarkan ambang batas yang layak untuk dikonsumsi 10 mg/ltr adalah (1.163.735 - 1.099.041)/11 = 5.881 m<sup>2</sup>/hari.

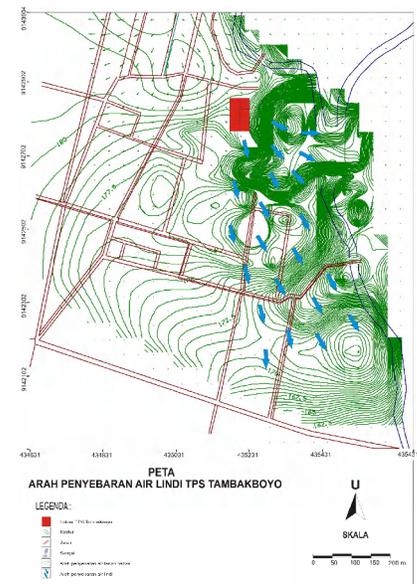
Kecepatan penyebaran polutan Pb berdasarkan ambang batasnya yaitu yang layak untuk dikonsumsi 0,03 mg/ltr adalah (248.115-68.719)/11 = 16.308 m<sup>2</sup>/hari. Sedangkan kecepatan penyebaran polutan Cd berdasarkan ambang batas yang layak untuk dikonsumsi 0,01 mg/ltr adalah (942.287 - 808.573)/11 = 12.155 m<sup>2</sup>/hari. Berikut ini adalah hasil pemodelan penyebaran air lindi yang berada TPS Tambakboyo dengan menggunakan Software Mudflow dan Surfer.



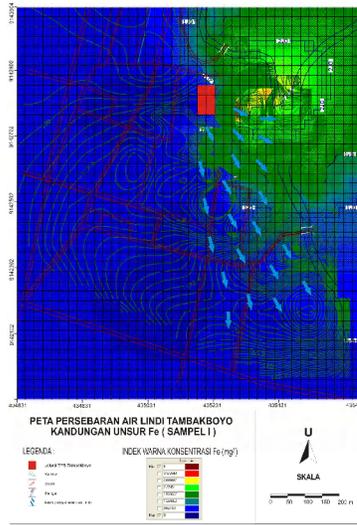
Gambar 4. Model Konsep



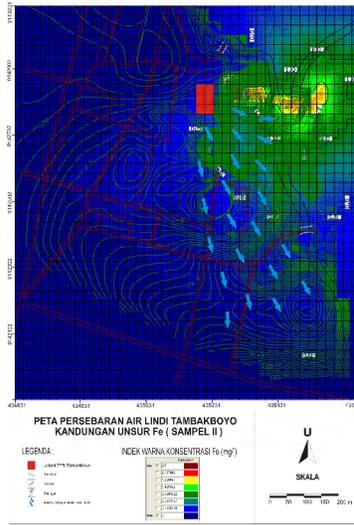
Gambar 5. Aliran Air Tanah



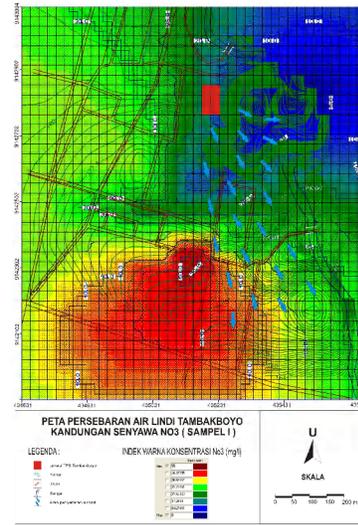
Gambar 6. Penyebaran Air Lindi



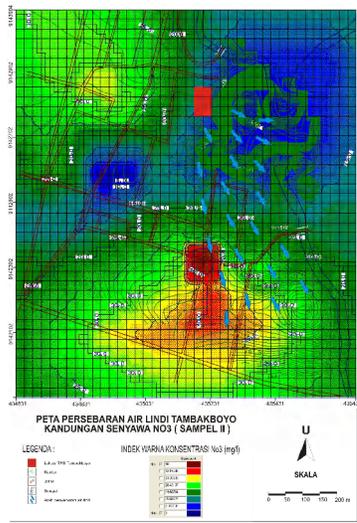
Gambar 7. Penyebaran Polutan Fe I



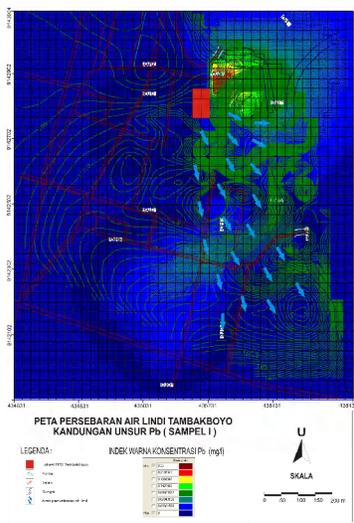
Gambar 8. Penyebaran Polutan Fe II



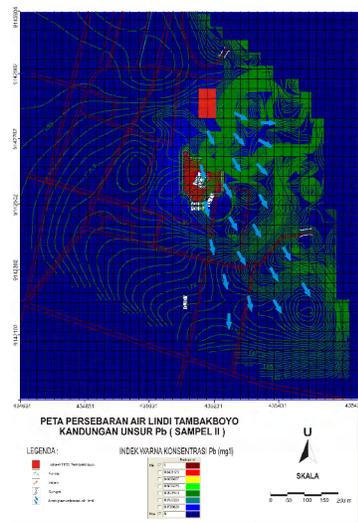
Gambar 9. Penyebaran Polutan NO3 I



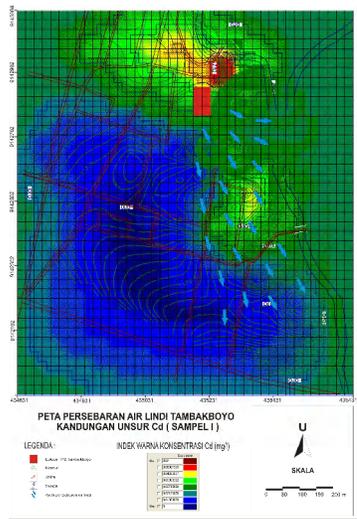
Gambar 10. Penyebaran Polutan NO3 II



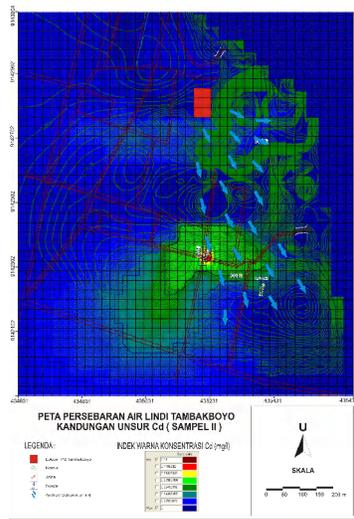
Gambar 11. Penyebaran Polutan Pb I



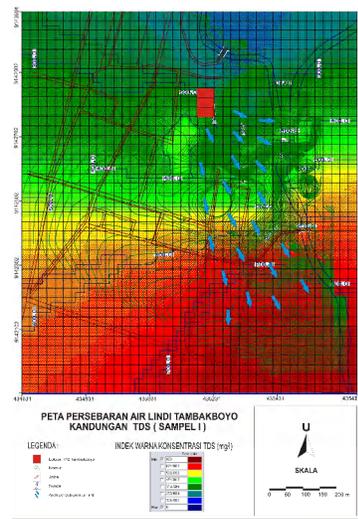
Gambar 12. Penyebaran Polutan Pb II



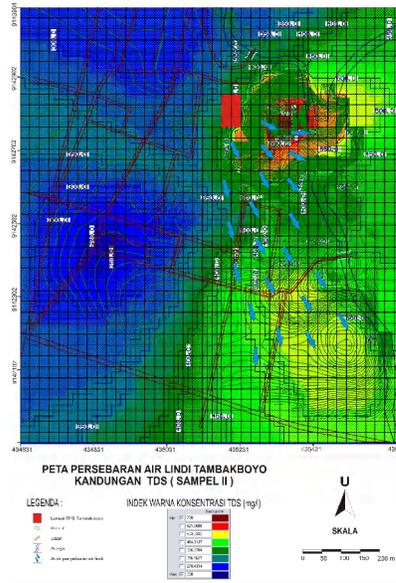
Gambar 13. Penyebaran Polutan Cd I



Gambar 14. Penyebaran Polutan Cd II



Gambar 15. Penyebaran Polutan TDS I



Gambar 16. Penyebaran Polutan TDS II

## KESIMPULAN

1. Sistem akuifer di lokasi penelitian adalah adalah akuifer bebas.
2. Berdasarkan permodelan dengan menggunakan Visual Mod Flow diketahui persebaran aliran tanah di daerah Tempat Penimbunan Sampah Tambakboyong dibedakan menjadi dua :
  - a. Aliran air tanah dari Barat Laut menuju ke Tenggara, yang mencakup sebagian besar TPS sampah Tambakboyong.
  - b. Aliran Airtanah dari arah utara menuju selatan dan barat daya adalah sebagian kecil saja dari daerah penelitian.
3. Identifikasi kualitas airtanah berdasarkan sifat fisik dan kimia, maka dapat diketahui bahwa :
  - a. Secara fisik kualitas tanah di lokasi penelitian cukup baik.
  - b. Dari segi fisik maupun kimia, terdapat beberapa contoh air tanah yang mempunyai kandungan melebihi ambang batas yang telah ditentukan (Peraturan Pemerintah Nomor : 82 Tahun 2001), yaitu :
    1. Unsur Besi (Fe), yaitu antara 0.32 mg/l - 3.97 mg/l
    2. Senyawa Nitrat (NO<sub>3</sub>), yaitu antara 13.3 mg/l - 53.5 mg/l
    3. Unsur Cadmium (Cd), yaitu antara 0.02 mg/l - 0.13 mg/l
    4. Unsur Timah Hitam (Pb), yaitu antara 0.07 mg/l - 0.12 mg/l
  - c. Penyebab adanya air lindi di lokasi TPS Tambakboyong dikarenakan oleh faktor curah hujan yang cukup tinggi, litologi, jenis akuifer, jenis sampah dan volume sampah. Air lindi di lokasi penelitian dipengaruhi oleh unsure logam Fe, Pb dan Cd.
4. Berdasarkan hasil pemodelan penyebaran air lindi pada air tanah bebas di TPA sampah Tambakboyong, diketahui :
  - a. Arah penyebaran air lindi menuju kearah tenggara, dengan pola penyebaran berbentuk elips ,lingkaran, serta tidak beraturan.
  - b. Luas penyebaran air lindi :
    1. Polutan Fe dengan luasan penyebaran pada sampel 1 = 450.190 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 351.872 m<sup>2</sup>
    2. Polutan NO<sub>3</sub> dengan luasan penyebaran pada sampel 1 = 1.099.041 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 1.163.735 m<sup>2</sup>
    3. Polutan Pb dengan luasan penyebaran pada sampel 1 = 248.115 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 68.719 m<sup>2</sup>
    4. Polutan Cd dengan luasan penyebaran sampel 1 = 942.287 m<sup>2</sup>, dan sampel 2 = 808.573 m<sup>2</sup>
    5. Polutan TDS tidak memiliki luasan penyebaran polutan, dikarenakan nilai sampel yang ada semuanya dibawah ambang batas.
  - c. Kecepatan penyebaran air lindi :
    1. Kecepatan penyebaran polutan Fe berdasarkan ambang batasnya yaitu yang layak untuk dikonsumsi 0,3 mg/ltr adalah  $(450.190 - 351.872) / 11 \text{ hari} = 8.938 \text{ m}^2/\text{hari}$ .
    2. Kecepatan penyebaran polutan NO<sub>3</sub> berdasaran ambang batas yang layak untuk dikonsumsi 10 mg/ltr adalah  $(1.163.735 - 1.099.041) / 11 = 5.881 \text{ m}^2/\text{hari}$ .
    3. Kecepatan penyebaran polutan Pb berdasarkan ambang batasnya yaitu yang layak untuk dikonsumsi 0,03 mg/ltr adalah  $(248.115 - 68.719) / 11 = 16.308 \text{ m}^2/\text{hari}$ .
    4. Kecepatan penyebaran polutan Cd berdasarkan ambang batas yang layak untuk dikonsumsi 0,01 mg/ltr adalah  $(942.287 - 808.573) / 11 = 12.155 \text{ m}^2/\text{hari}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Ating, S (2006). *Aplikasi Statistika dalam Penelitian*, Pustaka Setia, Bandung
- Anderson M.P. & Woessner W.W. (1992). *Applied Goundwater Modeling*, Academic Press, Inc. USA.
- Chay Asdak (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Darmawi, H (1999). *Manajemen Resiko*, Bumi Aksara, Jakarta
- Darmono (2008). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Effendi, H (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta
- Freeze, R.A. and Cherry, J.A. (1979). *Groundwater*, Pretince Hall, USA
- Fetter, C.W (1993). *Contaminat Hidrogeology*, Macmilan Publishing Company, Canada
- Herbert F.W and Anderson, M.P, (1982). *Introduction to Groundwater Modeling (Finite Difference and Finite Element Methods)*, W.H Freeman and Company, San Francisco.
- Koesnaryo, S, Suyono dan Peter Eka R (2006). *Laporan Akhir : Laporan Tahunan I, Analisis resiko Lingkungan Terhadap Penyebaran Air Lindi Dalam Rangka Pengelolaan Tempat Penimbunan Akhir Yang Berkelanjutan*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
- Koesnaryo, S, Suyono dan Peter Eka R (2007). *Laporan Akhir : Laporan Tahunan II, Analisis resiko Lingkungan Terhadap Penyebaran Air Lindi Dalam Rangka Pengelolaan Tempat Penimbunan Akhir Yang Berkelanjutan*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
- Macdonald, Sir.M and Partners (1984). *Greater Yogyakarta, Groundwater Resources Study Volume 13*, Overseas Development Administration, London
- Suprihanto (2005). *Pencemaran Air Tanah & Air Tanah* ITB, Bandung
- Subekti (1999). *Pengaruh Air Lindian Sampah Terhadap Kualitas Airtanah Dangkal dan Air Sungai*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta