

**STUDI POLA SEBARAN DAN KEDALAMAN POLUSI AIR TANAH
BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS DISEKITAR SALURAN
PEMBUANGAN AIR LIMBAH INDUSTRI RANCAEKEK
KABUPATEN BANDUNG**

Bambang Wijatmoko dan Hariadi
Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Jatinangor km. 21 Sumedang Jawa Barat
e-mail : b_wijatmoko@unpad.ac.id

ABSTRAK

Pencitraan bawah permukaan di sekitar saluran pembuangan limbah industri Rancaekek telah dilakukan menggunakan metode resistivitas 2D dengan konfigurasi Schlumberger dan Wenner. Penelitian ini bertujuan untuk menduga pola sebaran dan kedalaman air tanah yang sudah tercemar. Pengukuran dilakukan pada tiga lintasan yang dekat saluran pembuangan, dan satu lintasan yang jauh dari saluran. Untuk mengetahui kandungan magnetik air limbah, dilakukan kajian kemagnetan batuan melalui pengukuran suseptibilitas magnet sampel endapan sedimen sungai. Sampel diambil dari endapan sedimen saluran pembuangan. Data hasil pengukuran metode resistivitas selanjutnya diolah menggunakan program Res2DInv untuk menghasilkan penampang resistivitas. Interpretasi terhadap penampang resistivitas tersebut menunjukkan bahwa struktur perlapisan batuan daerah penelitian terdiri atas lapisan penutup, lapisan kedap air, dan lapisan akuifer. Keberadaan air tanah tercemar diindikasikan oleh lapisan konduktif dengan resistivitas kurang dari 8 ohm.meter. Pada daerah yang dekat dengan saluran, penyebarannya diduga merata ke seluruh lapisan air tanah permukaan hingga kedalaman lapisan kedap. Sedangkan pada daerah yang jauh dari saluran penyebarannya tidak terlalu merata, melainkan setempat-setempat dan tidak terlalu dalam. Pencitraan resistivitas dengan konfigurasi Schlumberger berhasil melokalisir zona rembesan air tanah dangkal yang tercemar. Zona rembesan banyak dijumpai pada daerah dekat saluran pembuangan, sehingga diduga pencemaran air tanah sudah menembus lapisan akuifer tengah (kedalaman 30 - 60 meter). Pada daerah yang jauh dari saluran tidak ditemukan adanya zona rembesan. Suseptibilitas magnetik dalam endapan sedimen menunjukkan variasi yang signifikan dari satu lokasi ke lokasi yang lain, namun belum dapat memberikan gambaran tentang kondisi dan tingkat pencemarannya.

Kata kunci : Daerah rembesan, lapisan konduktif, resistivitas, suseptibilitas magnet

**STUDY OF SPREADING MODEL AND THE DEPTH OF GROUND WATER
RESISTIVITY VALUE BASED ON SURROUNDING WASTE LIQUID
DISPOSAL CANAL IN RANCAEKEK INDUSTRIAL AREA,
BANDUNG WEST JAVA**

ABSTRACT

Resistivity subsurface imaging surrounding waste liquid disposal canal in Rancaekek industrial area, Bandung–West Java had been conducted using Resistivity 2D method with configuration of Schlumberger and Wenner. The aim of the research is to identify spreading model and the depth of ground water which had been polluted by industrial waste. Measurement was carried out in three lines that cut crossed disposal canal. Another line, which was 600 meters from disposal, was used as comparison data. Magnetic content in liquid waste was analyzed through susceptibility measurement of sample magnet from sediment's deposit on the bottom of canal. Subsequently resistivity data was processed using Res2DInv software to produce contour 2D resistivity. Result of the measurement revealed that rock layering structures in research area were consisted of cover layer, impermeable layer and aquifer layer. The existence of polluted ground water was indicated by conductive layer with resistivity less than eight ohm.meter. In the area that closed to canal, it was assumed that the pollutant was spread throughout to all surface ground water layers to the depth of impermeable layer. Whereas in area that is far from the canal, its spread was inequitable, it is only occurred in some places and not too deep. Resistivity imaging with Schlumberger configuration was succeed localizing the seepage zone of the polluted shallow ground water. The seepage zones were frequently found in area that closed to disposal canal, polluted ground water seeped into middle aquifer layer (30-60 meter depth). In Area that is far from disposal canal was not found the existence of seepage zone. Magnetic susceptibility of river's deposit illustrated the significant variation from one location to another, yet it could have not given an illustration regarding the condition and the pollution level.

Keywords : Conductive layer, magnetic susceptibility, resistivity, seepage zone

PENDAHULUAN

Rancaekek merupakan kota kecamatan yang sudah berkembang menjadi salah satu kawasan industri di wilayah kabupaten Bandung bagian timur. Kehadiran industrialisasi, khususnya sektor TPT (tekstil dan produk tekstil), telah mempengaruhi kualitas lingkungan setempat. Indikasi pencemaran dapat dirasakan secara langsung melalui bau menyengat dan warna hitam pekat air limbah yang dibuang melalui Sungai Cikijing. Ratusan hektar sawah di empat desa, yakni Desa Linggar, Babakan Jawa, Bojong Loa, dan Jelegong, terindikasi mengandung bahan-bahan kimia beracun dan logam berat, sehingga menurunkan

produksi dan kualitas padi. Pencemaran terjadi karena para petani menggunakan Sungai Cikijing yang telah tercemar limbah industri sebagai sumber pengairan bagi pertanian mereka (Anonim, 2005). Hasil analisis beberapa sifat kimia dan fisika tanah di areal sawah Rancaekek menunjukkan bahwa tanah di kawasan tersebut sudah banyak terkontaminasi oleh zat-zat pencemar, terutama logam-logam berat seperti Fe, Al, Cu, Zn, Pb, Co, Cr, dan B. Sementara itu, berdasarkan hasil analisis kualitas air buangan yang berasal dari industri tekstil di Sungai Cikijing, menunjukkan bahwa air tersebut memiliki pH (9,8) dan salinitas tergolong sangat tinggi, hal ini dapat dilihat dari nilai Daya Hantar Listrik (DHL) air sebesar 5.400 mhos/cm. Air irigasi dengan kisaran DHL di atas 2100 mhos/cm termasuk klasifikasi kualitas buruk sekali, dan tidak disarankan untuk keperluan pertanian (Sudirja, 2006).

Pencemaran air tanah di sekitar kawasan industri Rancaekek sudah menjadi permasalahan serius pemerintah Propinsi Jawa Barat, bahkan menjadi isu lingkungan yang berskala nasional. Hal ini banyak menarik peneliti baik dari instansi pemerintah terkait, perguruan tinggi, maupun lembaga riset yang lain untuk mengkaji tingkat pencemaran maupun dampak yang ditimbulkannya. Namun penelitian tersebut masih berorientasi pada pencemaran air tanah di permukaan saja. Padahal air limbah ini kemungkinan dapat meresap dan melakukan penetrasi ke dalam struktur batuan bawah permukaan, sehingga dapat mencemari air tanah yang berada dalam lapisan akuifer. Untuk itu, sangatlah diperlukan penelitian kondisi bawah permukaan di sekitar saluran pembuangan air limbah industri ini untuk mendeteksi pola penyebaran dan kedalaman pencemaran air tanah.

Banyak metode geofisika yang dapat diterapkan untuk mendeteksi polutan dalam tanah, namun karena sifat limbah yang berupa zat cair dan merembes ke dalam tanah sehingga mampu mencemari air tanah, maka metode geolistrik yang biasa digunakan untuk mencari air tanah dapat digunakan untuk mendeteksi polutan ini (Reynolds, 1998). Limbah industri seringkali mengandung logam yang terlarut, sehingga polutan ini ketika merembes ke dalam tanah memiliki konduktivitas yang cukup tinggi. Air tanah yang tercemar oleh polutan ini pada umumnya mempunyai daya hantar listrik yang tinggi, sehingga resistivitasnya rendah (Vogelsang, 1995). Oleh sebab itu, metoda pengukuran resistivitas sangat memungkinkan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pencitraan resistivitas bawah permukaan di sekitar saluran pembuangan air limbah industri. Metode yang digunakan adalah metode resistivitas 2D dengan konfigurasi Schlumberger dan Wenner. Dari hasil citra ini selanjutnya dapat diduga pola sebaran dan kedalaman air tanah yang sudah tercemar. Dengan diketahuinya pola penyebaran dan kedalaman air tanah yang tercemar, diharapkan hal ini akan mempermudah penanggulangan dampak-dampak pencemaran, mulai dari mendeteksi daerah yang tercemar, mengetahui transport perembesannya di dalam tanah, dan mengetahui apakah lapisan akuifer sudah tercemar atau belum. Hasil penelitian ini dapat

digunakan sebagai referensi dalam mengambil kebijakan untuk penanganan pencemaran oleh pihak yang terkait.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mendapatkan data primer, sedangkan untuk memperoleh data sekunder dilakukan melalui studi literatur. Data primer meliputi distribusi nilai resistivitas batuan secara lateral maupun vertikal yang dihasilkan dari pengukuran resistivitas 2D di sekitar saluran pembuangan limbah industri. Di samping itu, juga dilakukan pengukuran kemagnetan batuan untuk mendapatkan nilai suseptibilitas endapan sedimen dalam saluran pembuangan. Data sekunder meliputi geologi, hidrogeologi, dan hasil penelitian terkait. Penafsiran pola sebaran dan penetrasi pencemaran air tanah dilakukan berdasarkan penampang resistivitas 2D didukung data sekunder (Reynolds, 1998; Grandis, H. dan Yudistira, K., 2003). Data suseptibilitas magnet lebih ditekankan untuk kajian distribusi kandungan magnetik di sepanjang saluran pembuangan (Dini, F. dan Satria, B., 2003).

Peralatan yang digunakan meliputi satu set resistivimeter *multichannel* Super Sting R8 Ip yang digunakan untuk pengukuran resistivitas 2D dan beberapa peralatan penunjang, antara lain GPS, *lap top*, dan HT. Pengukuran suseptibilitas magnet sampel sedimen menggunakan peralatan susceptibilitymeter.

Untuk mendapatkan penampang resistivitas dilakukan pengukuran secara 2D dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger dan Wenner. Tiga lintasan pengukuran dirancang memotong secara tegak lurus terhadap saluran pembuangan limbah (lintasan RCK1, RCK2, dan RCK3), sedangkan untuk pembandingan dilakukan pengukuran pada satu lintasan yang jauh dari saluran pembuangan (lintasan TLN). Empat lintasan yang dipilih dapat mewakili daerah penelitian, karena kondisi perlapisan geologisnya cukup homogen. Sedangkan sampel endapan diambil pada tujuh posisi di sepanjang aliran Sungai Cikijing, mulai dari sebelum kawasan industri sampai posisi yang jauh dari kawasan industri.

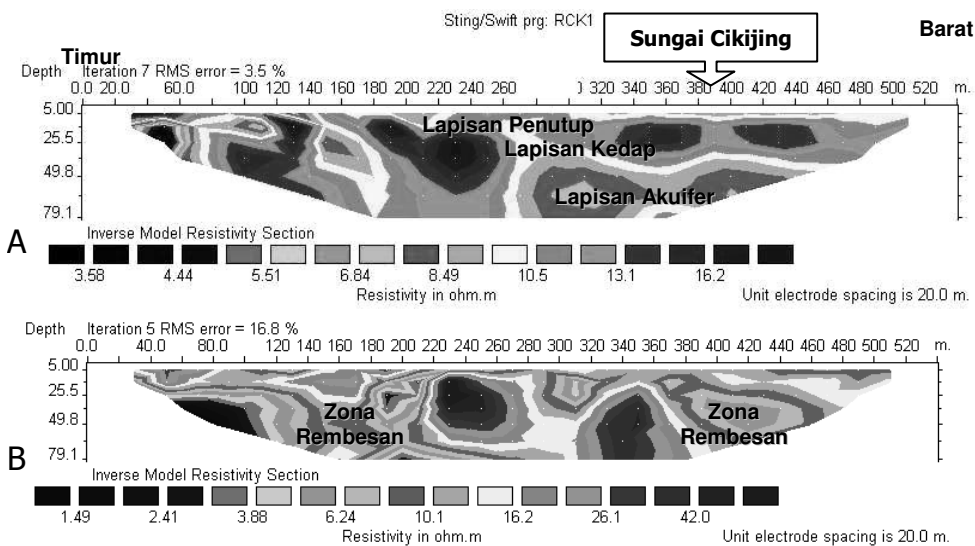
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang Resistivitas 2D

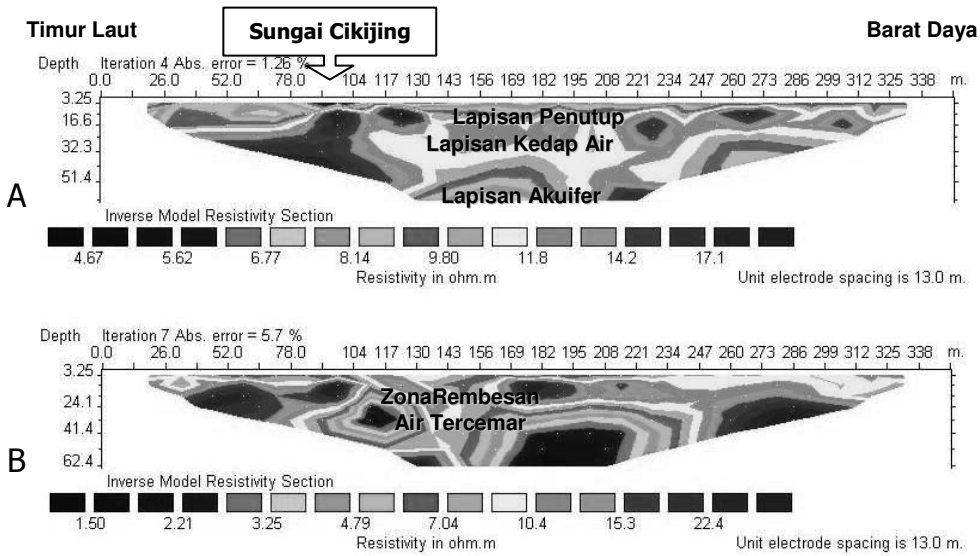
Penampang resistivitas hasil pengolahan menggunakan Res2Dinv untuk seluruh lintasan berturut-turut ditampilkan pada Gambar 1 sampai Gambar 4. Penampang ini merupakan citra atau gambaran struktur lapisan bawah permukaan di sekitar lintasan pengukuran berdasarkan nilai resistivitas listrik batuan. Nilai resistivitas yang rendah mengindikasikan lapisan yang konduktif, atau mudah mengalirkan arus listrik. Sebaliknya nilai resistivitas yang besar mengindikasikan lapisan yang tidak konduktif, artinya sukar mengalirkan arus listrik. Rentang resistivitas yang diperoleh dari hasil pengukuran seluruh lintasan menunjukkan kisaran nilai antara (1–50) ohm.meter. Berdasarkan referensi, rentang nilai

tersebut berasosiasi dengan batuan lempung (Telford, *et al.*, 1990). Hal ini sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian, bahwa litologi daerah ini tersusun atas endapan danau yang terdiri dari batulempung tufaan, batulanau tufaan, dan batupasir tufaan (Silitonga, 1973).

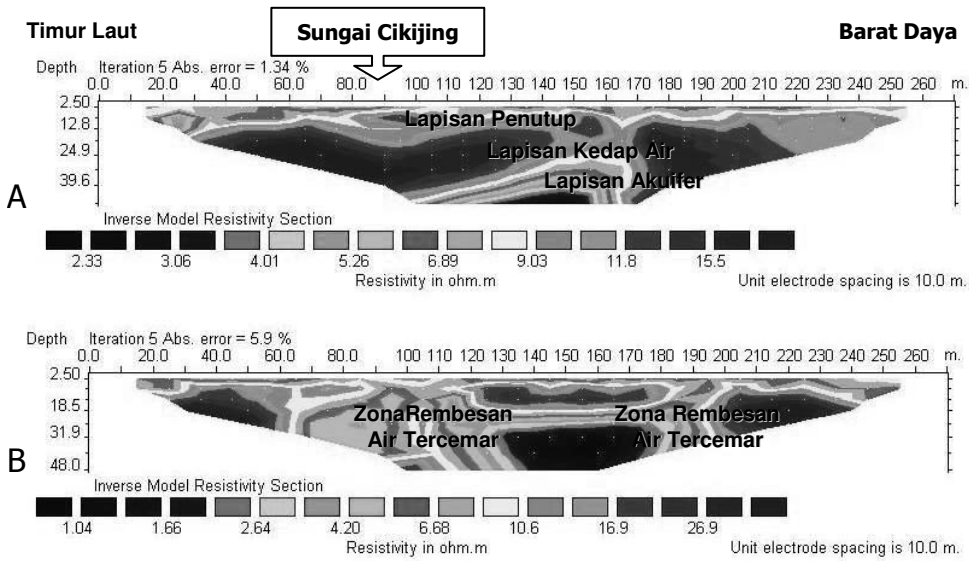
Penampang resistivitas dari konfigurasi Schlumberger dan Wenner menunjukkan pola yang konsisten, terutama untuk lintasan TLN (lintasan yang jauh dari sungai). Kedua penampang pada lintasan ini mengindikasikan suatu perlapisan yang normal. Namun, pada lintasan-lintasan pengukuran yang memotong aliran sungai (lintasan RCK 1, RCK 2, dan RCK 3), polanya hanya konsisten di bagian atas atau lapisan dangkal (di atas 25 meter). Penampang dari konfigurasi Schlumberger lebih didominasi oleh pola-pola anomali resistivitas rendah yang cenderung berorientasi secara vertikal. Pola ini tidak tergambar jelas pada penampang hasil konfigurasi Wenner. Pada konfigurasi Wenner penampangnya lebih didominasi oleh pola-pola anomali resistivitas yang berorientasi secara lateral. Hal ini mengisyaratkan bahwa untuk kondisi perlapisan yang normal, pengukuran konfigurasi Wenner dan Schlumberger menghasilkan penampang yang mirip, sedangkan untuk kondisi perlapisan yang tidak normal, kedua pengukuran ini menghasilkan penampang yang cenderung berbeda.



Gambar 1. Penampang resistivitas lintasan RCK 1. Konfigurasi Wenner (A), konfigurasi Schlumberger (B).

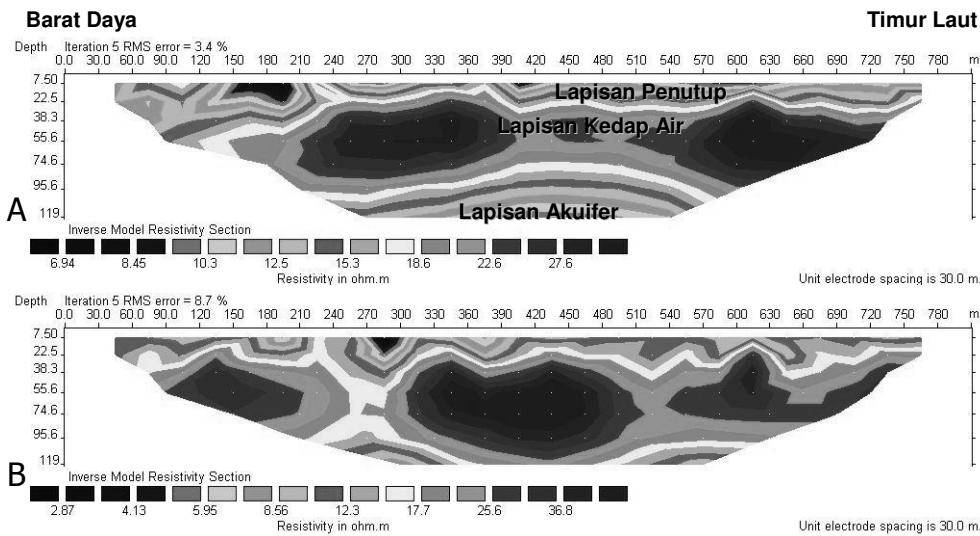


Gambar 2. Penampang resistivitas lintasan RCK 2. Konfigurasi Wenner (A), Konfigurasi Schlumberger (B).



Gambar 3. Penampang resistivitas lintasan RCK 3. Konfigurasi Wenner (A), Konfigurasi Schlumberger (B).

Pola Sebaran dan Kedalaman Polusi Air Tanah (Bambang Wijatmoko dan Hariadi)



Gambar 4. Penampang resistivitas lintasan RCK 4. Konfigurasi Wenner (A), Konfigurasi Schlumberger (B).

Variasi Nilai Suseptibilitas Magnet Endapan Sedimen

Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik (Tabel 1) dari tujuh sampel endapan sedimen sungai yang diambil di sepanjang saluran pembuangan menunjukkan nilai yang sangat bervariasi. Variasi posisi pengambilan sampel tidak berkorelasi dengan variasi nilai suseptibilitas magnetiknya. Hipotesa awal bahwa semakin jauh dari kawasan industri, endapan sedimennya mempunyai nilai suseptibilitas yang semakin kecil, ternyata tidak terbukti. Hal ini kemungkinan disebabkan aliran Sungai Cikijing sangat dipengaruhi oleh saluran-saluran irigasi maupun anak-anak sungai yang bermuara ke sungai ini. Namun demikian, secara rata-rata nilai suseptibilitas magnet endapan sedimen di saluran pembuangan ini sudah diatas normal.

Tabel 1. Suseptibilitas magnetik sampel endapan sedimen.

Nama Sampel	Suseptibilitas Magnetik	Keterangan
S-7	108,6	Sampel diambil di kawasan industri
S-6	133,6	Sampel diambil di kawasan industri
S-5	210,6	
S-1	30,9	Sampel diambil di areal persawahan
S-2	24,1	
S-3	99,9	
S-4	168,3	Sampel diambil di pinggir jalan

Suseptibilitas magnetik dalam endapan sedimen menunjukkan variasi yang signifikan dari satu lokasi ke lokasi yang lain, namun belum dapat memberikan gambaran tentang kondisi dan tingkat pencemarannya.

Pendugaan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan

Berdasarkan penampang resistivitas 2D yang dihasilkan oleh pengukuran konfigurasi Wenner, struktur yang diperoleh merupakan struktur perlapisan dangkal dengan kedalaman kurang dari 120 meter. Dari hasil korelasi dengan data geologi dan geohidrologi, struktur dangkal daerah penelitian tersusun dari tiga lapisan, yaitu lapisan penutup (*top soil*), lapisan kedap air, dan lapisan akuifer.

Lapisan penutup (*top soil*) merupakan lapisan lempung lanauan yang terdiri atas lempung dan bahan organik. Lapisan lempung lanauan berwarna abu-abu tua, lunak, sedikit lengket, kaku, memiliki porositas rendah dan mudah pecah dalam keadaan kering. Lapisan penutup menyebar secara selaras dengan ketebalan bervariasi dengan kisaran (15–30) meter. Lapisan ini diindikasikan oleh nilai sedang yaitu berkisar antara (6–12) ohm.meter. Lapisan penutup ini merupakan lapisan hasil pelapukan dari batuan asalnya (lempung, lanau berpasir dan pasir tufaan), sehingga memiliki nilai kelulusan yang lebih besar. Harga kelulusan air pada tanah akan bertambah besar sejalan dengan lamanya proses pelapukan (Knight, 1983). Oleh karena itu, lapisan ini kemungkinan dapat berperan sebagai lapisan akuifer dangkal yang bersifat tidak tertekan.

Lapisan kedap air diindikasikan oleh nilai resistivitas yang relatif tinggi yaitu berkisar (13–50) ohm.meter. Litologinya berasosiasi dengan batuan lempung yang bersifat tidak meloloskan air. Kedalaman lapisan antara (15-30) meter dengan kisaran ketebalan yang sangat bervariasi. Keberadaan lapisan ini diduga sebagai pembatas antara lapisan akuifer dangkal dengan lapisan akuifer tengah yang bersifat setengah tertekan.

Lapisan akuifer tengah diindikasikan oleh nilai resistivitas rendah antara (1-15) ohm.meter. Pada lintasan RCK 1, RCK 2, dan RCK 3, kedalaman lapisan ini sekitar 30 meter, sedangkan di lintasan TLN kedalamannya mencapai 90 meter. Lapisan yang berasosiasi dengan litologi batu pasir tufaan ini, menyebar tidak selaras (setempat-setempat), semakin ke arah barat menunjukkan kedalaman yang semakin besar.

Struktur perlapisan bawah permukaan daerah penelitian secara umum mempunyai pola penyebaran yang homogen dari arah timur menuju ke barat. Semakin ke arah barat, ketebalan masing-masing lapisan cenderung menebal. Arah ini kemungkinan bersesuaian dengan progradasi sedimentasinya.

Pendugaan Sebaran dan Zona Rembesan Air Tanah Tercemar

Keberadaan air tanah tercemar limbah berasosiasi dengan lapisan yang konduktif. Hal ini disebabkan limbah industri seringkali mengandung logam yang terlarut, sehingga air tanah yang tercemar oleh limbah ini akan mempunyai sifat

elektrolit yang lebih tinggi (Vogelsang, 1995). Daya hantar listrik air tanah yang tercemar oleh polutan menjadi besar, sehingga resistivitasnya kecil. Pada penelitian ini pendugaan air tanah yang tercemar limbah industri diindikasikan oleh lapisan yang mempunyai nilai resistivitas kurang dari 8 ohm.meter.

Berdasarkan kriteria di atas, diduga limbah industri sudah mencemari air tanah pada lapisan akuifer dangkal. Pada daerah yang dekat dengan saluran (lintasan RCK 1, RCK 2, dan RCK 3), penyebarannya diduga merata ke seluruh lapisan air tanah permukaan hingga kedalaman lapisan kedap. Sedangkan pada daerah yang jauh dari saluran (lintasan TLN), penyebarannya tidak terlalu merata dan tidak terlalu dalam.

Pada tempat-tempat tertentu, air tanah dangkal yang sudah tercemar limbah dapat meresap hingga mencemari lapisan akuifer yang lebih dalam, yaitu akuifer tengah. Tempat-tempat tersebut merupakan zona rembesan. Terjadinya zona rembesan kemungkinan disebabkan oleh adanya struktur rekahan atau struktur berpori pada lapisan kedap air akibat penyusun batuan lempung yang tidak padat atau kompak. Struktur ini memungkinkan bagi air tanah tercemar limbah menembus ke lapisan yang lebih dalam. Pada citra resistivitas konfigurasi Schlumberger, zona rembesan diindikasikan oleh anomali resistivitas sangat rendah yang mempunyai kecenderungan pola secara vertikal. Bentuk anomali ini menerus dari lapisan penutup, lapisan kedap air, hingga mencapai lapisan akuifer. Bentuk anomali seperti ini tidak terlihat secara jelas pada penampang konfigurasi Wenner.

Pada citra penampang lintasan RCK 1, RCK 2, dan RCK3 terdapat beberapa zona rembesan air tanah tercemar. Hal ini mengindikasikan bahwa di daerah sekitar saluran pembuangan, pencemaran air tanah sudah menyebar secara vertikal menuju lapisan akuifer tengah, dengan kisaran kedalaman 30-60 meter.

Pada daerah yang jauh dari saluran (lintasan TLN) tidak ditemukan adanya zona rembesan. Lapisan kedap air terlihat sangat kompak sehingga lapisan akuifer tengah masih terjaga dari pencemaran akibat rembesan. Namun hal ini masih perlu kajian lebih lanjut, terkait dengan kemungkinan mekanisme sebaran pencemaran secara horisontal melalui aliran air bawah permukaan dari lapisan akuifer tengah yang sudah tercemar.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa struktur perlapisan batuan daerah penelitian terdiri atas lapisan penutup, lapisan kedap air, dan lapisan akuifer. Keberadaan air tanah tercemar diindikasikan oleh lapisan konduktif dengan resistivitas kurang dari 8 ohm.meter. Pada daerah yang dekat dengan saluran, penyebarannya diduga merata ke seluruh lapisan air tanah permukaan hingga kedalaman lapisan kedap. Sedangkan pada daerah yang jauh dari saluran penyebarannya tidak terlalu merata, melainkan setempat-setempat dan tidak terlalu dalam. Pencitraan resistivitas dengan konfigurasi Schlumberger berhasil melokalisir zona rembesan air tanah dangkal yang tercemar. Zona rembesan

banyak dijumpai pada daerah dekat saluran pembuangan, sehingga diduga pencemaran air tanah sudah menembus lapisan akuifer tengah (kedalaman 30-60 meter). Pada daerah yang jauh dari saluran tidak ditemukan adanya zona rembesan. Suseptibilitas magnetik dalam endapan sedimen menunjukkan variasi yang signifikan dari satu lokasi ke lokasi yang lain, namun belum dapat memberikan gambaran tentang kondisi dan tingkat pencemarannya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh dana *research grant* tahun ke-3 TPSDP *batch* - III Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2005). Persawahan di Rancaekek tercemar limbah beracun. *Harian Umum Pikiran Rakyat*, edisi 31 Mei 2005. Bandung.
- Dini Fitriani, Satria Bijaksana (2003). Variasi parameter magnetik dari sedimen sungai pada musim hujan dan musim kemarau : Studi kasus pada Sungai Citarum, Kabupaten Bandung. *Jurnal Geofisika 2003/1*. HAGI, Bandung.
- Grandis, H., Yudistira, T. (2003). Pencitraan konduktivitas bawah permukaan dan aplikasinya untuk identifikasi penyebaran kontaminan cair. *Makalah Geoforum III, HAGI*, Bandung.
- Knight. (1983). *The landfill site Leuwigajah*. Project CTA 108 Directorate of Environmental Geology, German Environmental Geology Advisory Team For Indonesia.
- Reynolds, J.M. (1998). *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Willey & Sons Ltd, Buffins Lane, Chichester, England.
- Silitonga, P.H. (1973). *Peta Geologi lembar Bandung skala 1:100.000*. Direktorat Geologi, Deptamben RI, Bandung.
- Sudirja, R. (2006). Kekalahan sektor Pertanian di Rancaekek. *Harian Umum Pikiran Rakyat*, Edisi 04 Desember 2006. Bandung.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics, 2nd Edition*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Vogelsang. (1995). *Environmental Geophysics . Practical Guide*, Springer.