



---

**MODEL ALIRAN AIR TANAH UNTUK MEMPREDIKSI PENYEBARAN  
POLUTAN DI TIMUR CEKUNGAN BANDUNG**

**Arief Rachmat<sup>1</sup>, Ananto Aji<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Peneiti Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang

---

**Info Artikel**

*Sejarah Artikel:*

Diterima Maret 2014

Disetujui Juni 2014

Dipublikasikan Juli 2014

*Keywords:*

*Groundwater movement,  
groundwater flow model,  
pollutant*

---

**Abstract**

*Rancaekek Area, West Java, known as rice granary for years. But, since the textile industry growing, rice productions are continued to decrease. It was predicted as the impact of pollutant migration into the farmland. Nowadays, farmland in this area was tend to gone. The potential spread of pollutants can be observed through the direction of groundwater movement. Mass movement of ground water can be seen through the groundwater flow model. This study will provide an overview of potential spread of pollutants, because it will follow the groundwater flow. The model is built through data processed with Geographic Information Systems (GIS). The simulation results of groundwater level is generally known that pollutants will move to the south, with local variations to southeast and southwest.*

**Abstrak**

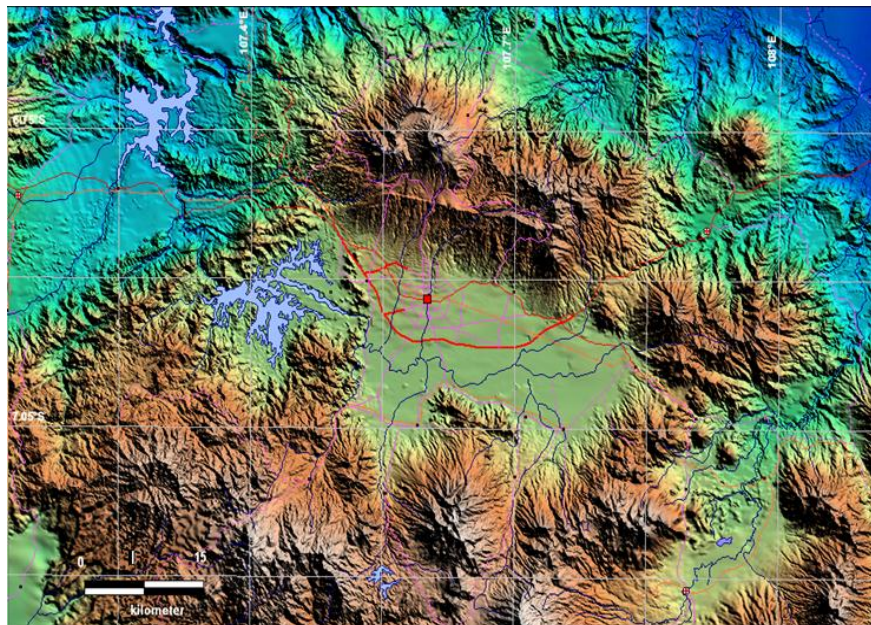
Kawasan Rancaekek, Jawa Barat, selama berpuluh-puluh tahun dikenal merupakan lumbung padi. Namun sejak industri tekstil berkembang, produksi padi terus menurun, diduga hal tersebut diantaranya akibat terjadinya migrasi polutan ke dalam tanah. Kini luasan lahan pertanian di kawasan tersebut nyaris musnah. Potensi penyebaran polutan dapat diamati melalui arah pergerakan air tanah. Pergerakan massa air tanah dapat dilihat melalui model aliran air tanah. Penelitian ini akan memberikan gambaran potensi penyebaran polutan, karena polutan akan mengikuti aliran air tana. Model dibangun melalui data yang diolah dengan Sistem informasi Geografis (SIG). Hasil simulasi muka air tanah diketahui bahwa secara umum polutan akan bergerak ke arah selatan, dengan variasi lokal arah tenggara dan dan barat daya.

## PENDAHULUAN

Kawasan industri Rancaekek terletak di sebelah timur Cekungan Bandung yang merupakan salah satu sentra industri tekstil terbesar di Indonesia. Keberadaan industri ini telah membuka lapangan kerja yang cukup besar dan mendukung upaya pemerintah meningkatkan salah satu komoditas ekspor non-migas nasional. Di sisi lain, keberadaan industri tekstil ini memberi pengaruh buruk terhadap lingkungan, khususnya air tanah. Beberapa laporan penelitian menyebutkan telah terjadi perubahan kondisi air tanah, baik secara kualitas maupun kuantitas. Hasil penelitian Lambok H dkk (2005) pada akifer dangkal di Kawasan Rancaekek

menunjukkan kandungan logam berat, kebutuhan oksigen biologi (BOD) dan zat organik berada di atas konsentrasi yang diperkenankan di daerah Cekungan Bandung.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dikaji potensi penyebaran polutan dari industri tekstil terhadap air tanah di sekitarnya. Untuk mengetahui pengaruh keberadaan lokasi pabrik tekstil yang menghasilkan limbah terhadap kondisi air tanah akifer dangkal daerah penelitian, karena polutan tersebut larut ke dalam air tanah, maka perlu diteliti penyebaran polutan sesuai dengan arah pergerakan aliran air tanah tersebut. Ilustrasi daerah penelitian Cekungan Bandung ditampilkan pada Gambar 1.

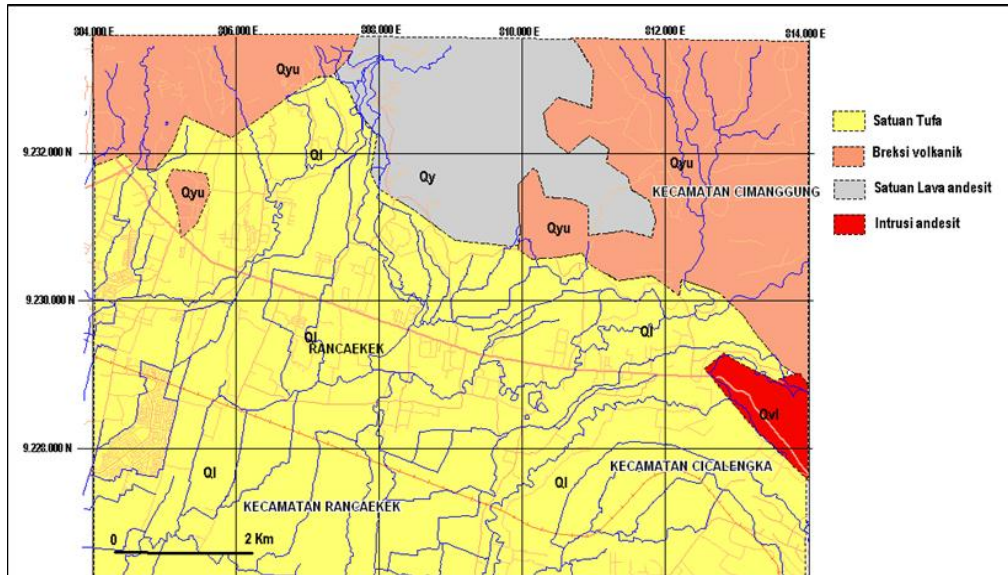


Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian Cekungan Bandung

**Kondisi Lingkungan**

Geometri dan penyebaran akifer berkaitan erat dengan kondisi geologi satuan batuanya. Untuk melihat lebih jelas

kondisi satuan batuan, kondisi geologi tiap satuan batuan dalam kaitannya dengan hidrogeologinya tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

**Satuan Endapan Sungai**

Satuan ini dapat berpotensi sebagai akifer yang baik, karena sifat endapannya yang lepas, belum terkonsolidasikan dan memiliki porositas baik dengan pemilahan buruk.

**Satuan Batupasir Tufan**

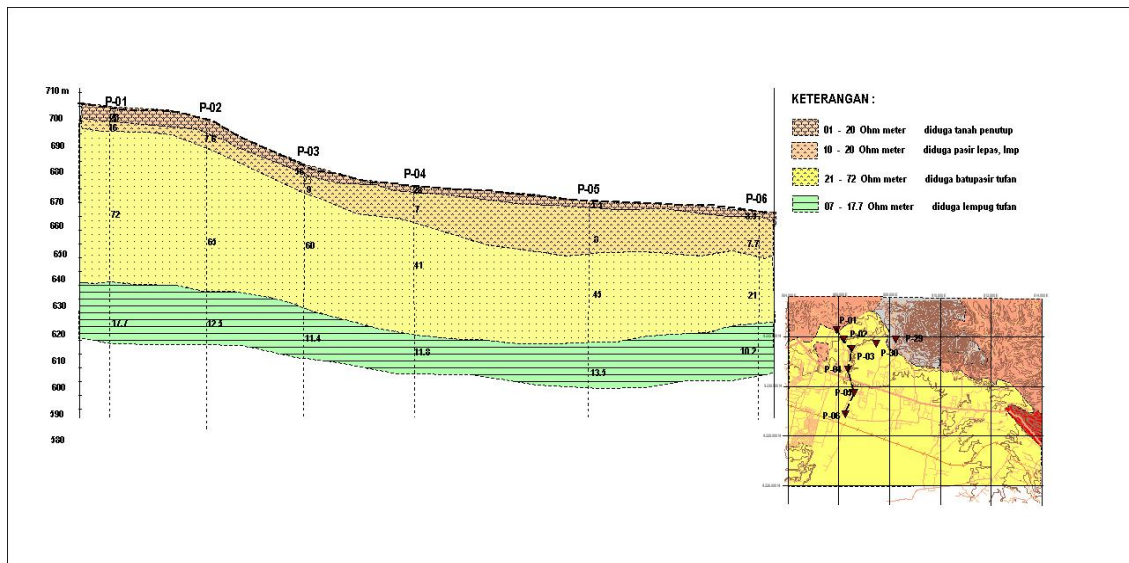
Sifat batuanya yang terpilah baik dengan kekompakan sedang, memiliki permeabilitas dan porositas baik, memungkinkan satuan ini bertindak sebagai akifer. Satuan batupasir tufan telah terbentuk tanah (soil), hasil

pelapukan satuan batuanya menutupi hampir seluruh permukaan satuan ini. Penyelidikan geolistrik daerah Cekungan Bandung oleh Subdit Pemboran Air dan Geofisika, DGTL (2000) menyebutkan ketebalan soil di Jatinangor dan Rancaekek berkisar antara 1-10 m. Pengamatan dan pengukuran terhadap 20 sumur gali menunjukkan kedalaman muka air tanah berkisar dari 0,37 - 7,45 m. Pada satuan ini ditemukan satu mata air depresi, yaitu mata air yang muncul akibat perpotongan muka air tanah. Mata air ini memiliki debit 1,60 l/detik.

**Satuan Breksi**

Batuan segar dari satuan ini bersifat kompak dan impermeable. Pengamatan terhadap 16 sumur gali yang terdapat pada satuan ini, menunjukkan sumur gali tersebut berkembang pada tanah pelapukan satuan batuan yang dengan kisaran kedalaman 0,5 - 7,9 m.

Mata air yang ditemukan pada satuan ini berupa mata air kontak (contact spring), yaitu mata air yang muncul melalui kontak antara akifer (zona pelapukan) dengan lapisan yang lebih impermeable di bawahnya (batuan segar) dan kontak tersebut berpotongan dengan permukaan tanah.



Gambar 3. Interpretasi Geolistrik Metode Schlumberger

**Satuan Lava**

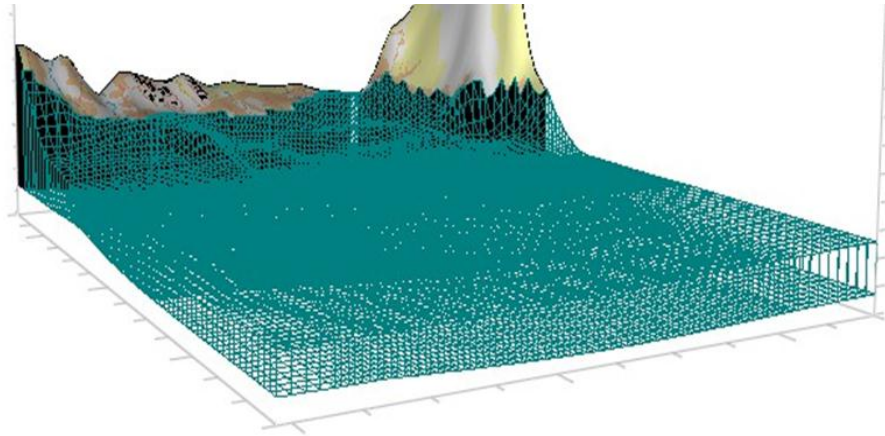
Batuan segar lava menunjukkan struktur masif dan impermeable. Di daerah penelitian akifer pada satuan ini berkembang pada zona pelapukan, mengalir melalui media celah butir. Pada satuan ini ditemukan empat sumur gali, dengan kedalaman muka air tanah dari 0,87 – 1,73 m. Penduduk umumnya memenuhi kebutuhan air dari mata air yang bersumber dari pelapukan satuan lava yang

dihubungkan ke rumah-rumah melalui pipa paralon dan selang. Mata air yang ditemukan pada satuan ini berupa mata air kontak dan mata air depresi dengan debit terbesar 2,84 l/detik.

Pada lokasi penelitian telah dilakukan pengukuran geolistrik metode Schlumberger untuk mengetahui kondisi batuan di wilayah studi. Hasil interpretasi pengukuran geolistrik ditampilkan pada Gambar 3. Litologi berdasarkan hasil

interpretasi geolistrik ini adalah terdiri dari batupasir dan batulanau yang bersifat tufan. Setempat dijumpai sisipan kerakal dan tuf diantara lapisan batupasir.

Selanjutnya dari hasil pengukuran geolistrik dapat diperkirakan gambaran kondisi geometri akifer pada lokasi penelitian (Gambar 4).



Gambar 4. Geometri Akifer Lokasi Penelitian.

### **Pemodelan Muka Air Tanah**

Setelah melakukan pemodelan fisik akifer (lihat kembali Gambar 4), selanjutnya untuk membuat pemodelan muka air tanah dilakukan beberapa kegiatan.

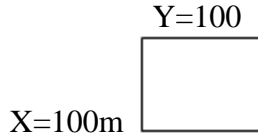
### **Model konseptual**

Model konsep merupakan penyederhanaan sistem aliran air tanah. Bentuk model konsep akan menentukan dimensi model numerik dan rancangan gridnya. Ada beberapa asumsi dalam penentuan model konseptual, yaitu : setiap titik dalam sel hidrogeologi mempunyai nilai parameter hidrogeologi yang sama

pada arah vertikal. Batas model terdiri dari specified head dan specified flux (*noflow*).

Ketebalan akuifer di daerah Rancaekek dan sekitarnya umumnya sekitar 40 meter, data ini didapat dari penggambaran diagram pagar daerah penelitian. Gambar diagram pagar ini di buat berdasarkan data litologi daerah penelitian. Aliran airtanah hanya terjadi pada aliran horizontal yang disebabkan oleh perbedaan tinggi tekan. Pemecahan permasalahan aliran airtanah dilakukan dengan cara diskret. Daerah model dibagi ke dalam beberapa masing-masing berukuran 100 m x 100 m untuk yang luar dan 50 m x 5 m untuk dalam pada peta

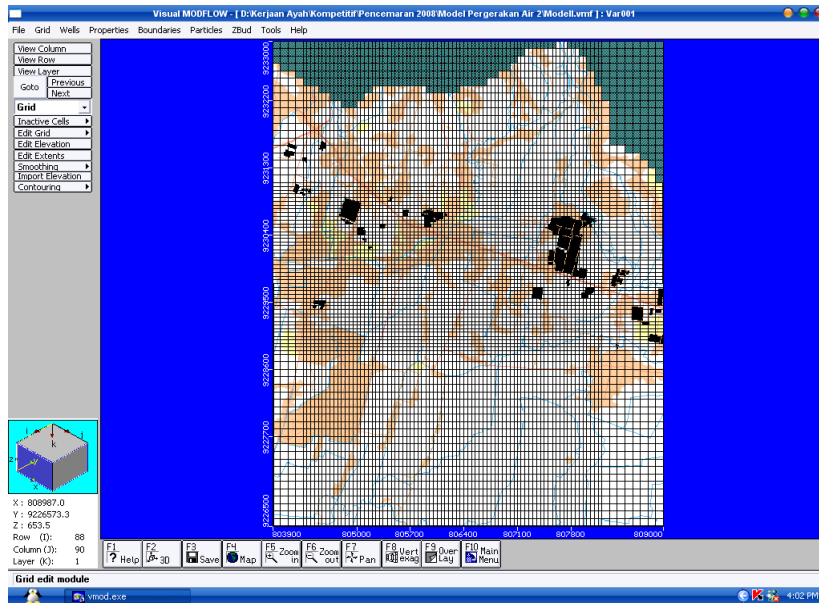
Ini semua untuk memudahkan di dalam pencatatan koordinat, lalu menentukan node di mana 1 node center block:



Berdasarkan ketentuan pembagian node center block tersebut, maka daerah penelitian akan terdiri dari: a)  $x = 90$  kolom dan b)  $y = 88$  baris

Masing-masing grid dalam penyelidikan ini mewakili 10 km<sup>2</sup> dan 2,5 km<sup>2</sup>. Hal ini digunakan untuk data input

dalam proses komputasi dengan sistem block center, dimana titik yang mewakili berada di pusat grid. Dengan demikian luas daerah model adalah panjang x lebar = 6500 x 5100 m<sup>2</sup> = 33,15 km<sup>2</sup>. Koordinat yang telah dicatat selanjutnya akan dimasukkan ke dalam komputasi dengan menggunakan alat bantu yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu program grafis Mapinfo dan Surfer. Cara pembuatan grid pada peta dapat secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diskritisasi Model Lokasi Penelitian

Secara umum, kondisi batas merupakan variabel bebas atau nilai turunan pertama dari variabel bebas yang mempunyai nilai tertentu. Nilai tersebut membatasi sistem yang akan dimodelkan.

Dalam menentukan batasan diskretisasi model di daerah penelitian, berlaku ketentuan sebagai berikut:

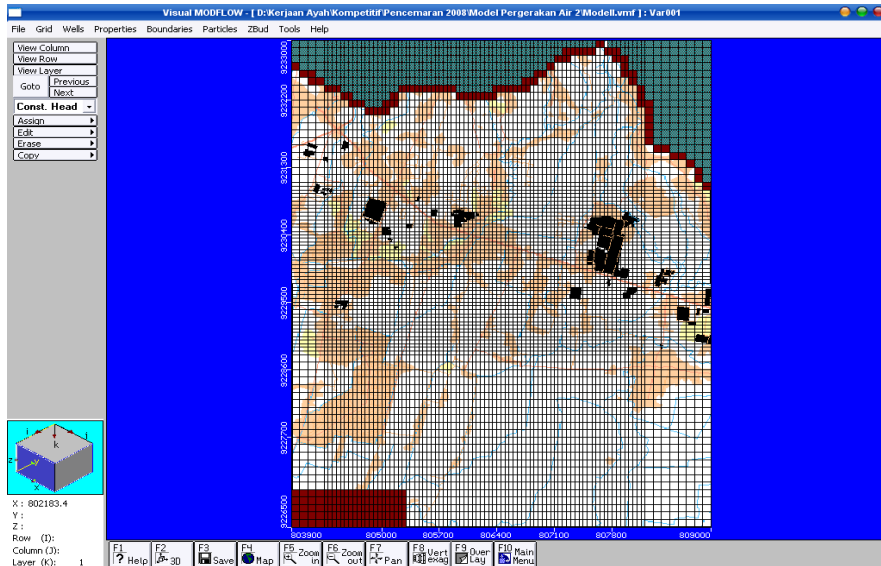
1. Sebelah Utara berdasarkan keadaan di lapangan sebagai daerah model constant

head boundary, hal ini dikarenakan terdapat aliran airtanah yang masuk atau keluar dari daerah model secara bebas melalui batas model dan memiliki ketinggian kontur muka air tanah yang konstan.

2. Sedangkan di daerah Timur Laut dan Barat Laut diasumsikan sebagai no flow boundary, yang berarti tidak terdapat aliran airtanah yang masuk maupun

keluar daerah model, hal ini dikarenakan kondisi geologi daerah model, yaitu lava dan breksi vulkanik.

3. Di sebelah selatan diasumsikan fluks yang keluar daerah model adalah konstan, karena merupakan sawah dataran landau. Untuk menentukan batas-batas model, secara ilustratif dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi Batas

### Specified Head

Kondisi batas head (specified head boundaries) disimulasikan dengan menentukan nilai head lokasi tertentu dengan nilai tertentu, yaitu:

$$H(x,y,z) = H_0 \dots \dots \dots (1)$$

Notasi H merupakan nilai-nilai pada titik yang mempunyai koordinat x,y,z dan  $H_0$  adalah nilai specified head.

### Specified Flux Boundaries

Kondisi batas flux didefinisikan sebagai perubahan head sepanjang batas.

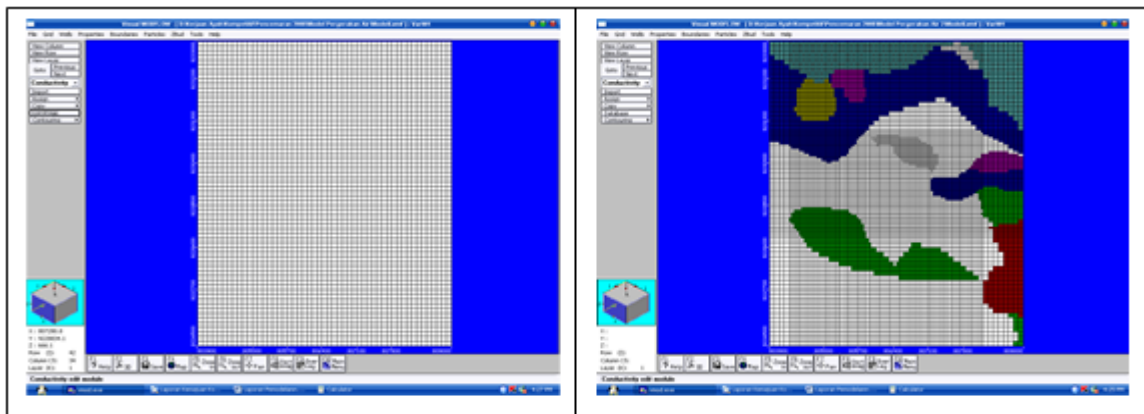
$$q_x = dH/dx = C \dots \dots \dots (2)$$

Kondisi batas ini disebut juga sebagai kondisi batas Neuman yang menyatakan adanya aliran masa konstan melalui batas model sebagai fungsi dari waktu dan tempat.

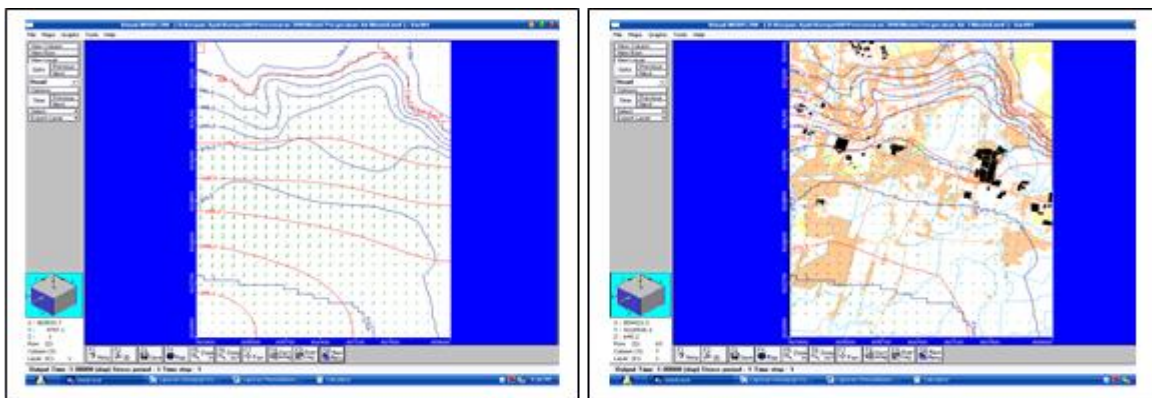
**Model Airtanah**

Nilai dari konduktivitas pada keadaan awal yang digunakan di lokasi penelitian nilai dari konduktivitas pada keadaan awal yang digunakan di lokasi penelitian adalah 0,0466 /hari, data ini didapat dari pumping test yang berlokasi di daerah Rancaekek. Sementara Nilai storativitas akifer tidak tertekan ditentukan dari specific yield (Sy) yang nilainya berkisar antara 0,01 – 0,35. Sebelum melakukan pemodelan, terlebih dahulu

dilakukan kalibrasi parameter akifer yang diasumsikan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan muka air tanah alamiah di lokasi penelitian akibat eksploitasi airtanah, bila kedua MAT sama, maka kalibrasi ini dianggap telah selesai. Gambar 8 menunjukkan ilustrasi kalibrasi nilai K, antara sebelum (a) dan sesudah proses kalibrasi (b). Selanjutnya pada Gambar 9 menunjukkan ilustrasi kedudukan MAT, antara sebelum (a) dan sesudah proses kalibrasi (b).

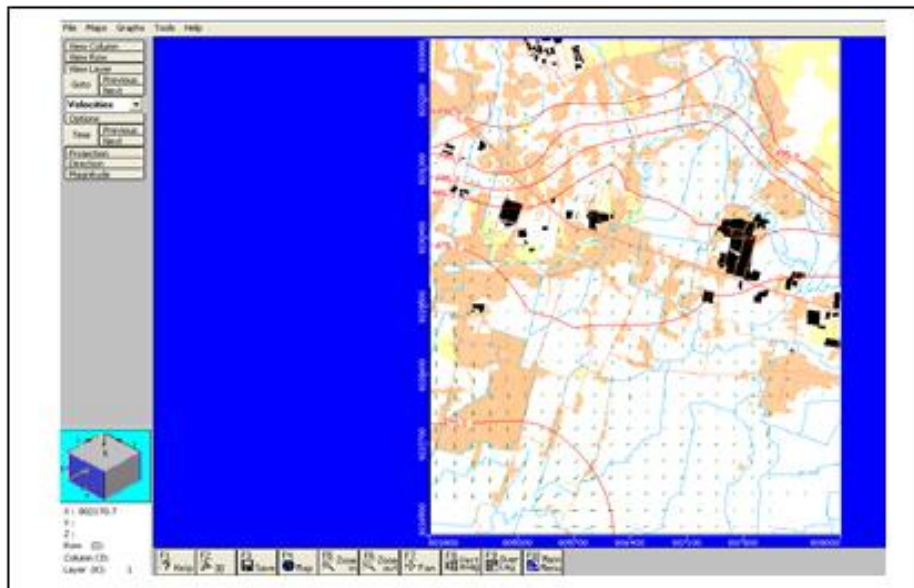


Gambar 8. Kondisi K Sebelum dan Sesudah Kalibrasi



Gambar 9. MAT Sebelum (a) dan Sesudah (b) Kalibrasi





Gambar 10. Model Aliran Airtanah di Timur Cekungan Bandung

Berdasarkan proses pemodelan yang telah dilakukan, pada Gambar 10 ditampilkan aliran airtanah di Timur Cekungan Bandung. Gambar menunjukkan bahwa pergerakan aliran airtanah adalah dari Utara menuju Selatan, dengan kecepatan terbesar terletak di Selatan area model. Hal ini menunjukkan pula bahwa polutan akan bergerak dari sumber pencemar menuju Selatan, mengikuti aliran air tanah.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pemodelan air tanah akifer daerah Rancaekek, maka dapat diambil kesimpulan bahwa airtanah dangkal

terdapat dalam akifer bebas (unconfined aquifer) yang tersusun oleh satuan endapan sungai, batupasir tufan dan tanah hasil pelapukan satuan breksi dan satuan lava. Pola aliran airtanah cenderung mengikuti kontur permukaan, dengan arah aliran umumnya dari Utara ke Selatan, dengan variasi antara Baratdaya dan Tenggara.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman, A., S. Sutono, H. Kurnadi dan Y. Hadian. 2000. Laporan Pengkajian Baku Mutu Tanah: Sumber dan Proses Terjadinya Pencemaran Logam Berat. *Laporan Akhir Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat*. Bogor: Puslitbangtanak.

- Alloway. 1990. *Soil Processes and Behaviour of Metal: Heavy Metal in Soils*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Anderson, M.P and Woesner, W.W. 1992. *Applied Groundwater Modelling Simulation of Flow and Advective Transport*. California: Academic press, Inc.
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information System: A Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publication.
- Domenico, P. A . (1972). *Concept And Model in Groundwater Hydrology*. Illinois: McGraw-Hill Book, Inc.
- Dunne, T., Leopold, L.B. 1978. *Water in Environmental Planning*. San Fransisco, USA: W.H. Freeman and Company.
- Hendrayana, H. 1994. *Ground Water Modelling*. Yogyakarta: Dept of Geology, UGM.
- Risdianto. 2013. Analisis Tingkat Risiko Gerakan Tanah Di Kecamatan Pekuncen Kabupaten Banyumas. *Jurnal Geografi* 9 (2): 24-39.
- Sule, Achmad, dkk. 1988. *Potensi dan Kualitas Air di Hulu Citarum*. Seri Sumberdaya Alam (143). Jakarta P3G – LIPI.