

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

Arief Rachmat¹, Eko Soebowo¹ dan Karit Lumban Gaol¹
¹ Puslit Geoteknologi – LIPI, Jln Sangkuriang, Bandung 40135
Phone +62 (22) 2503654, Fax : +62 (22) 2504593
Email : ariefr@geotek.lipi.go.id

ABSTRAK

Rancaekek merupakan lumbung padi, namun sejak industri tekstil berkembang produksi padi terus menurun akibat migrasi polutan ke dalam tanah. Kini luasan lahan pertanian dikawasan tersebut nyaris musnah. Berdasarkan hasil penelitian Puslit Geoteknologi LIPI menunjukkan kandungan kimia (Na) telah mencemari lahan sawah petani di Rancaekek. Potensi penyebaran polutan dapat diamati melalui arah pergerakan airtanah. Pergerakan massa air tanah dilihat melalui model aliran air tanah, model inilah yang akan memberikan gambaran potensi penyebaran polutan (Na). Model dibangun melalui data yang diolah melalui proses 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 barat daya

Kata Kunci : Pergerakan air tanah, model aliran air tanah, polutan

ABSTRACT

Rancaekek is a rice storage, but since the textile industry started to develop, the produce of paddy keeps decreasing as the result of the migration of pollutants into the soil. Now the extent of the agricultural land in the area has been mostly reduced. According to the result of Geotechnology Research Center (Puslit Geoteknologi) LIPI, it is shown that the chemical content (Na) has polluted the land of the farmers' paddy fields in Rancaekek. The potential spread of the pollutant could be observed through the directions of the groundwater movement. Groundwater mass movement could be observed through the model of the groundwater movement; this model will give a clear depiction of the potential spread of the pollutant (Na). The model was built using the data that were processed through the Geographic Information System (SIG). The result of the simulation of the groundwater surface indicates that, generally, the pollutant will move southward, with the local variation to the southeast and southwest.

Keywords : Movement of groundwater, model of groundwater movement, pollutant.

PENDAHULUAN

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

akifer dangkal di Daerah Rancaekek, menunjukkan kandungan logam berat, Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) dan zat organik berada di atas konsentrasi alamiah 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 airtanah akifer dangkal daerah penelitian, karena polutan tersebut larut kedalam air maka penyebaran polutan sesuai dengan arah alirannya..

Kondisi Lingkungan

Geometri dan penyebaran akifer berkaitan erat dengan kondisi geologi satuan batuan. Untuk melihat lebih jelas kondisi satuan batuan, di bawah ini diuraikan kondisi geologi tiap satuan batuan dalam kaitannya dengan kondisi hidrogeologinya (Hidayat, R. 2005).

1. 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.

2. Satuan Batupasir Tufan

Sifat batuan yang terpilah baik dengan kekompakan sedang, memiliki permeabilitas dan porositas baik, memungkinkan satuan ini bertindak sebagai akifer. Satuan batupasir tufan telah terbentuk *soil*, hasil pelapukan satuan batuan yang menutupi hampir seluruh permukaan satuan ini. Penyelidikan geolistrik daerah Cekungan Bandung oleh Subdit Pemboran Air dan Geofisika, DGTL (2000) menyebutkan ketebalan *soil* di Jatiningor dan Rancaekek berkisar antara 1-10 m. Pengamatan dan pengukuran terhadap 20 sumur gali menunjukkan kedalaman muka airtanah berkisar dari 0,37-7,45 m. Pada satuan ini ditemukan satu mataair depresi (*depression spring*), yaitu mataair yang muncul akibat adanya perpotongan muka airtanah dengan permukaan tanah. Mataair ini memiliki debit 1,60 l/detik.

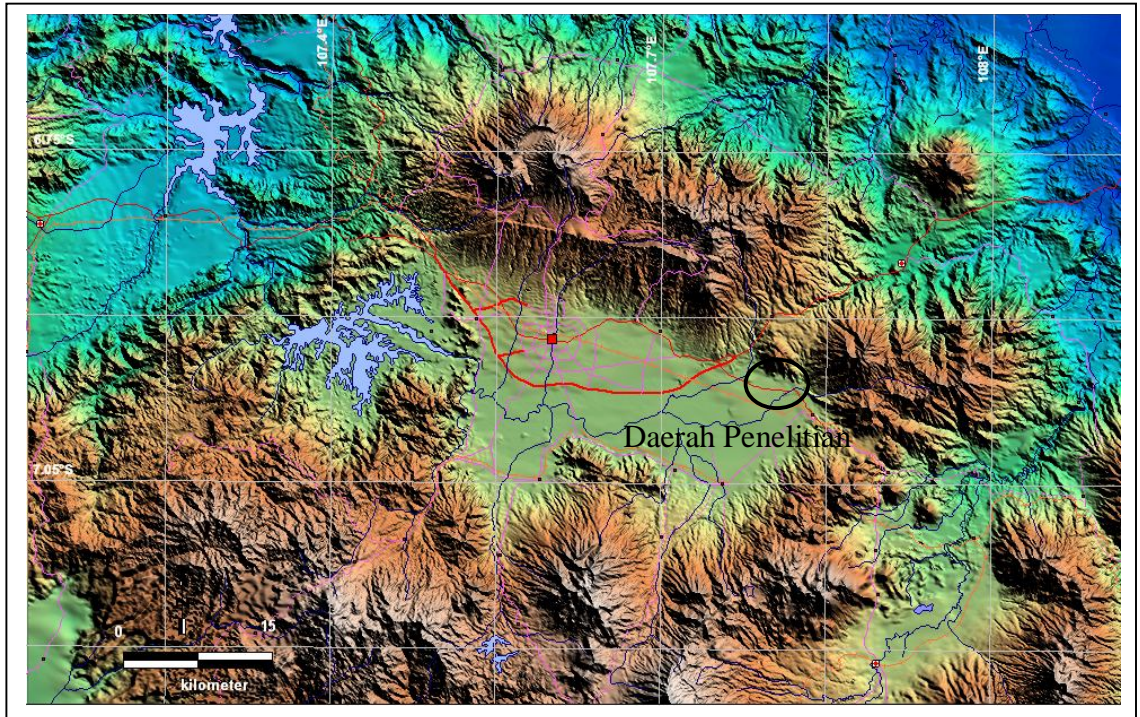
3. Satuan Breksi

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 dengan kedalaman dari 0,5-7,9 m.

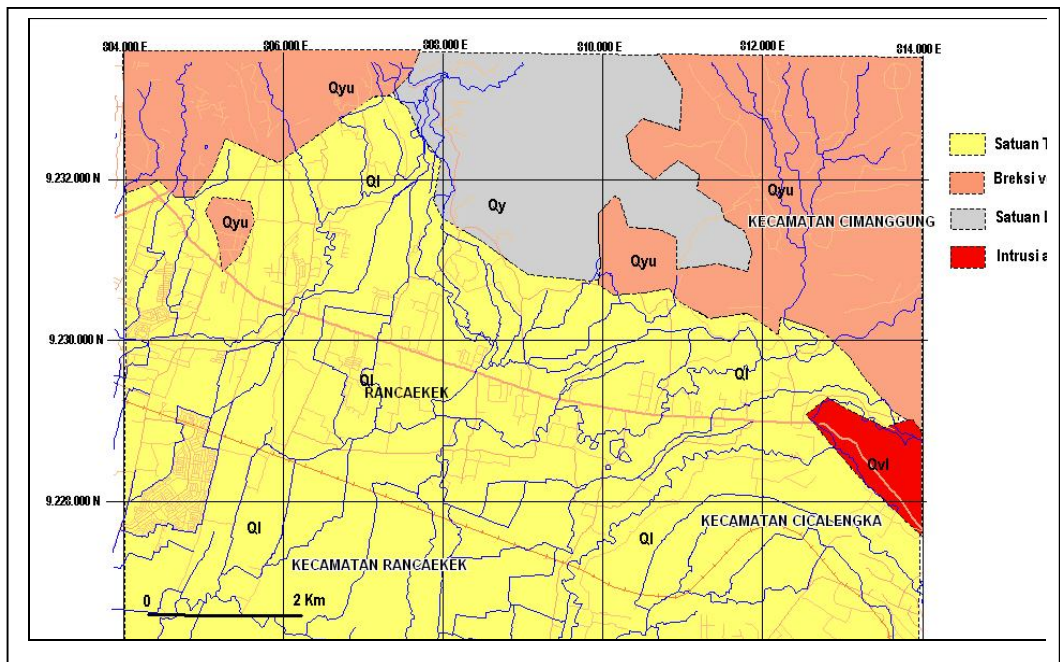
Mataair yang ditemukan pada satuan ini berupa mataair kontak (*contact spring*), yaitu mataair yang muncul melalui kontak antara akifer (zona pelapukan) dengan lapisan yang lebih *impermeable* di bawahnya (batuan segar) dan kontak tersebut berpotongan dengan permukaan tanah

4. Satuan Lava

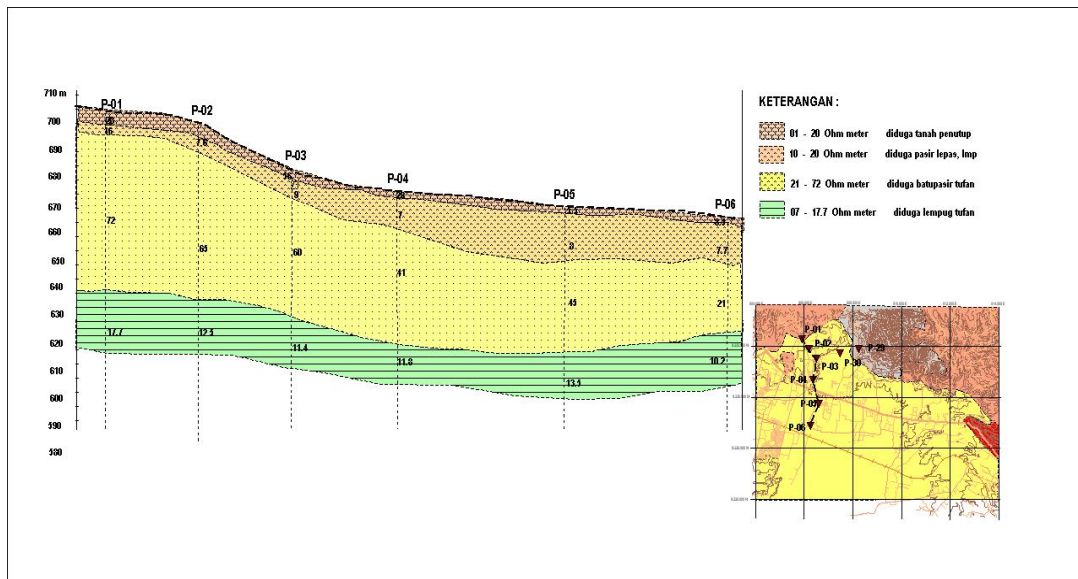
Batuan segar lava menunjukkan struktur masif dan *impermeable*. Di daerah penelitian akifer pada satuan ini berkembang pada zona pelapukan, mengalir melalui media celah butir. Pada satuan ini ditemukan empat sumur gali, dengan kedalaman muka airtanah dari 0,87 – 1,73 m. Penduduk umumnya memenuhi kebutuhan air dari mataair yang bersumber dari pelapukan Satuan Lava yang dihubungkan ke rumah-rumah melalui pipa paralon dan selang. Mataair yang ditemukan pada satuan ini berupa mataair kontak dan mataair depresi dengan debit terbesar 2,84 l/detik.



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

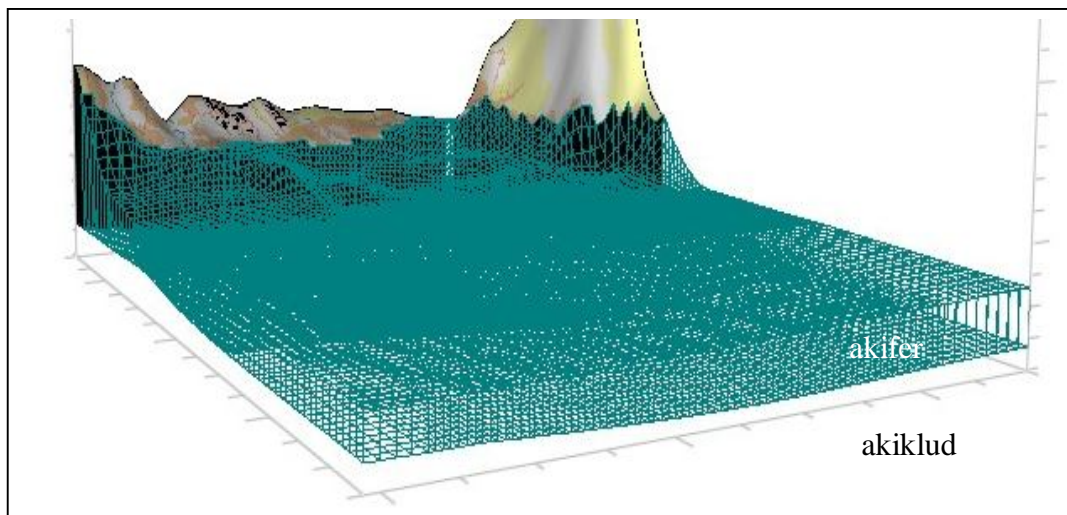


Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian



Gambar 3. Interpretasi Geolistrik metoda Schlumberger

Litologi berdasarkan hasil interpretasi geolistri ini adalah terdiri dari batupasir dan batulanau yang bersifat tufan. Setempat dijumpai sisipan kerakal dan tuf diantara lapisan batupasir.



Pemodelan Muka Air Tanah

Setelah melakukan pemodelan fisik akifer, selanjutnya untuk pemodelan *muka air tanah* dilakukan beberapa kegiatan, yaitu :

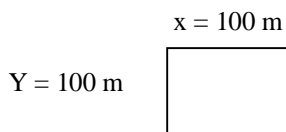
Model konseptual

Model konsep adalah 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 (*constant head*) dan *specified flux (noflow)*.

Ketebalan akuifer di daerah rancaekek dan sekitarnya umumnya sekitar 40 meter, data ini dapat 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. Sistem aliran bersifat dua dimensi.

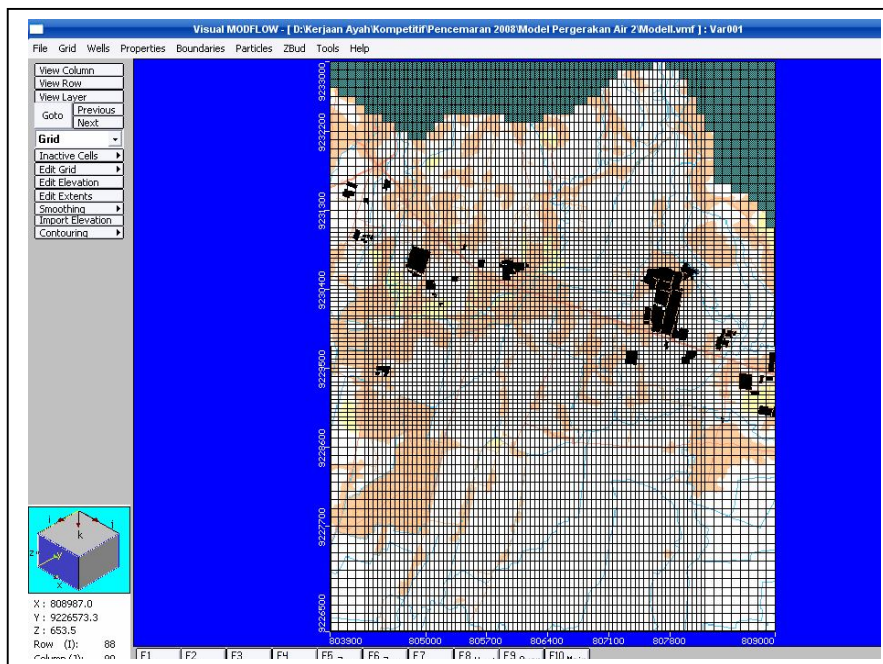
Pemecahan permasalahan aliran airtanah dilakukan dengan cara diskret. Daerah model dibagi kedalam beberapa grid, masing-masing berukuran 100 m * 100 m untuk yang luar dan 50 m x 50 m untuk yang dalam pada peta. Ini semua untuk memudahkan di dalam pencatatan koordinat, lalu menentukan node di mana 1 node center block memiliki luas :



Berdasarkan pembagian tersebut, maka daerah penelitian akan terdiri dari atas :

1. $x = 90$ kolom
2. $y = 88$ baris

Masing-masing grid dalam penyelidikan ini mewakili 10 km^2 dan $2,5 \text{ Km}^2$. Hal ini digunakan untuk data input dalam proses komputasi dengan sistem block center di mana titik yang mewakili berada di pusat grid. Dengan demikian luas daerah model adalah panjang * lebar = $6500 * 5100 \text{ m}^2 = 33,15 \text{ km}^2$. Koordinat yang telah dicatat akan dimasukan ke dalam komputasi dengan alat bantu yang dipakai dalam penelitian ini yaitu program grafis Mapinfo dan Surfer. Cara pembuatan grid pada peta dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 4. Diskritisasi Daerah Model

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, yaitu :

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 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 landai

Dalam menentukan batas-batas model dapat dilihat pada gambar 5.

a. Specified Head.

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

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

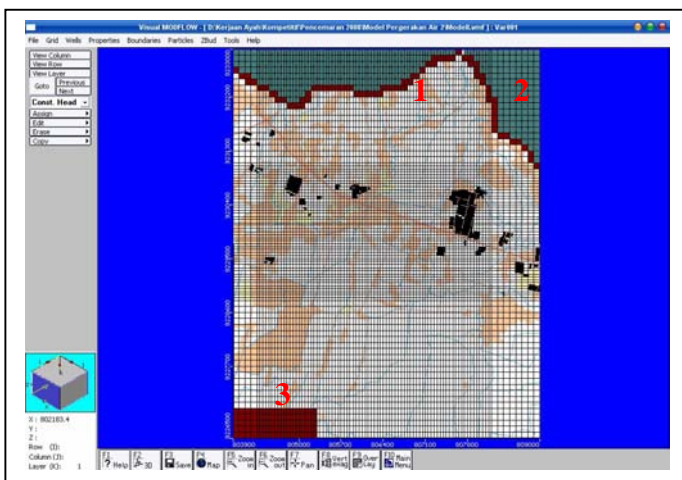
Notasi H merupakan nilai-nilai pada titik yang mempunyai koordinat x,y,z dan H_0 adalah nilai *specified head*.

b. 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 (Anderson, M.P & Woesner, W.W, 1992).



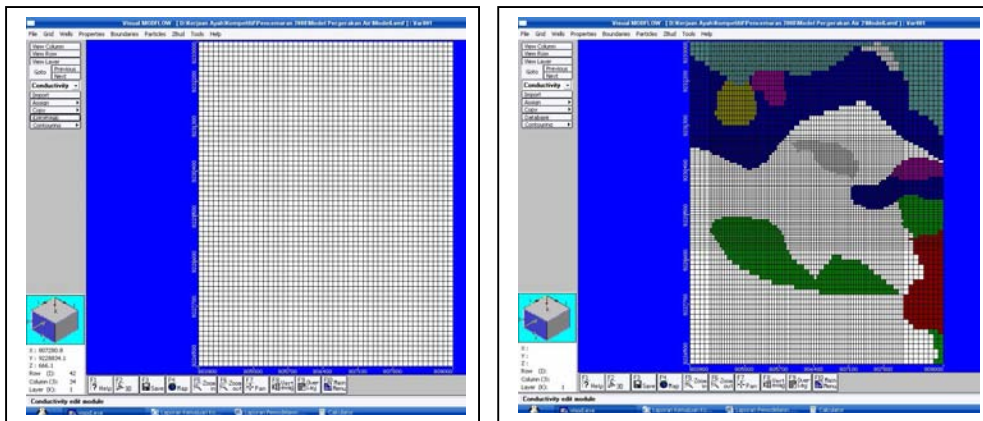
Keterangan :
1. *Constan head*
2. *No flow*
3. *Constan Flux*

Model aliran airtanah

Nilai dari konduktivitas pada keadaan awal yang digunakan yaitu 0,0466 m/hari, data ini didapat dari pumping test , di daerah Rancaekek . Sementara Nilai *storativitas akuifer* tidak tertekan ditentukan dari *specific yield (Sy)* yang nilainya berkisar antara 0,01 – 0,35.

Terlebih dahulu dilakukan kalibrasi parameter akuifer yang diasumsikan. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan cara menyamakan kedudukan muka airtanah (MAT) real dengan MAT model

dengan merubah nilai K yang ada pada model sampai mendekati keadaan yang sebenarnya (MAT alamiah). Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan muka air tanah alamiah pada daerah watudakon akibat eksploitasi airtanah, bila ke dua MAT sama, maka kalibrasi ini dianggap telah selesai.



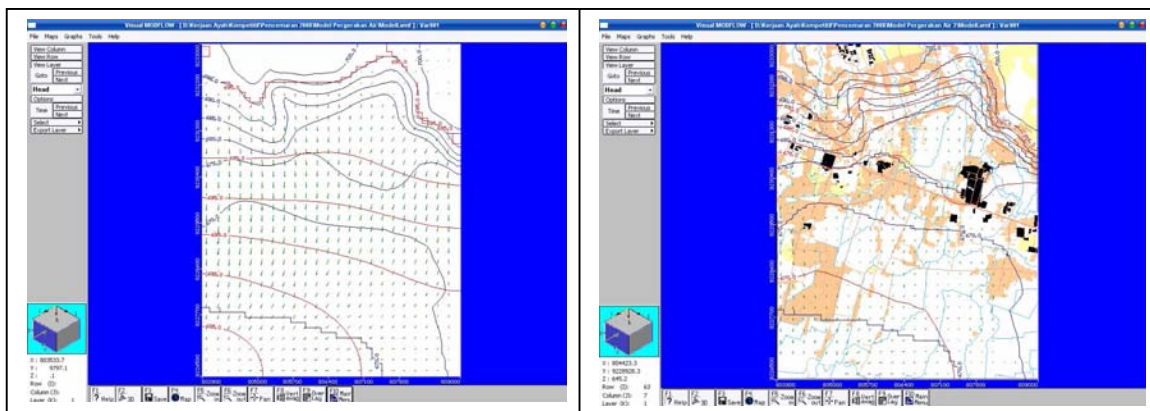
(a)

(b)

Keterangan :

Conductivity			
Zone	Kx [m/d]	Ky [m/d]	Kz [m/d]
1	0.07	0.07	0.07
2	0.002	0.002	0.002
3	0.007	0.007	0.007
4	0.001	0.001	0.001
5	0.001	0.001	0.001
6	0.0002	0.0002	0.002
7	0.01	0.01	0.01
8	2E-5	2E-5	2E-5

Gambar 6. K sebelum (a) dan sesudah (b) kalibrasi



(a)

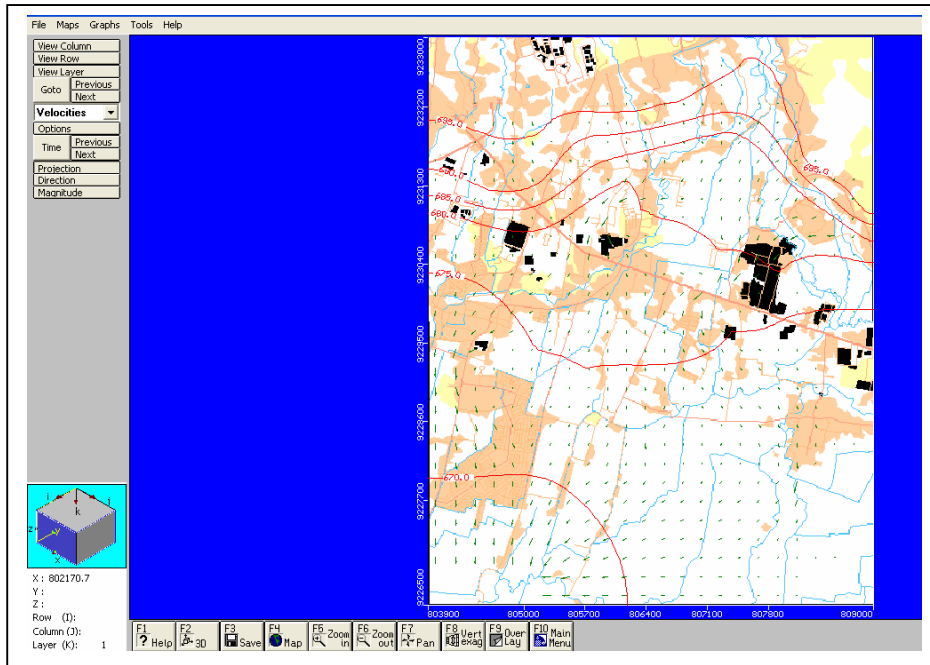
(b)

Keterangan

- : Kontur muka air tanah (mat) real
- : Kontur muka air tanah (mat) model

Gambar 7. MAT sebelum (a) dan sesudah (b) kalibrasi

Aliran airtanah di Timur Cekungan Bandung menunjukkan pergerakan dari utara menuju selatan, dengan kecepatan terbesar terletak diselatan daerah model. Hal inimenunjukkan pula bahwa polutan akan bergerak dari sumber pencemar menuju selatan



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pemodelan air tanah akuifer daerah Rancaekek, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Berdasarkan kalibrasi hasil pemodelan, maka daerah penelitian memiliki karakteristik akuifer sebagai berikut : Harga Konduktivitas akuifer yaitu $\pm 0,0466$ m/hari, *Specific Storage* (Ss) yaitu sebesar 0,2, porositas yaitu 0,2. Airtanah dangkal terdapat dalam akuifer 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 ke selatan dengan variasi antara baratdaya dan tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, M.P & Woesner, W.W. (1992) Applied Groundwater Modelling Simulation of Flow and Advective Transport, Academic press, Inc. Sandiego, California.

Hidayat, R. 2005, *Pencemaran Air Tanah Dangkal Daerah Cikeruh, Kabupaten Sumedang dan Daerah Rancaekek, Kabupaten Bandung, Jawa Barat*, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral ITB, Bandung