

## MODEL MIGRASI Na PADA AKIFER DANGKAL DI WILAYAH RANCAEKEK

**Arief Rachmat<sup>1</sup>, Asep Mulyono<sup>2</sup>, Anna Fadliah Rusydi<sup>1</sup>, Rahman Djuwansah<sup>1</sup>, dan  
Eko Soebowo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135  
Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

<sup>2</sup>UPT Loka Uji Teknik Penambangan dan Mitigasi Bencana Liwa LIPI  
Email: ariefr@geotek.lipi.go.id

### **Sari**

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 kontaminan. Pergerakan kontaminan 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, kontaminan

### **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 Contaminat. Contaminat 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, contaminat.

## PENDAHULUAN

Kawasan industri Rancaekek 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 Sungai Cikijing yang merupakan saluran pelepasan tiga industri tekstil besar di Rancaekek.

Beberapa laporan penelitian menyebutkan bahwa akibat adanya pembuangan saluran IPA beberapa industri tekstil di Sungai Cikijing telah terjadi perubahan kualitas tanah maupun airtanah di Wilayah Rancaekek. Hasil penelitian Puslit Geoteknologi tahun 2008 dan 2009 menunjukkan sedimen Sungai Cikijing, menunjukkan kandungan Natrium 2000 – 2600 ppm, berada di atas konsentrasi alamiah di daerah Cekungan Bandung. Tujuan dari penelitian ini adalah mengamati migrasi Natrium pada akifer dangkal dari sumber kontaminan (industri tekstil), melalui model air tanah (MT3D).

## KEADAAN UMUM

Lokasi penelitian merupakan bagian Timur dari satuan dataran danau Bandung yang memanjang Barat-Timur. Satuan ini dialiri banyak sungai, hanya bagian tertentu merupakan dataran banjir. Sungai utama dataran ini adalah sungai Citarum yang juga merupakan sungai utama Cekungan di Bandung (Dam, M.A.C., 1994). Topografi daerah penelitian relatif datar dengan kelandalian < 2%.

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 (Rahmat dalam Rahmat, A. Soebowo, E., Lumban Gaol, K., 2008).

### 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 Tufaan

Satuan ini memiliki permeabilitas dan porositas baik, memungkinkan satuan ini bertindak sebagai akifer. Satuan batupasir tufaan 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

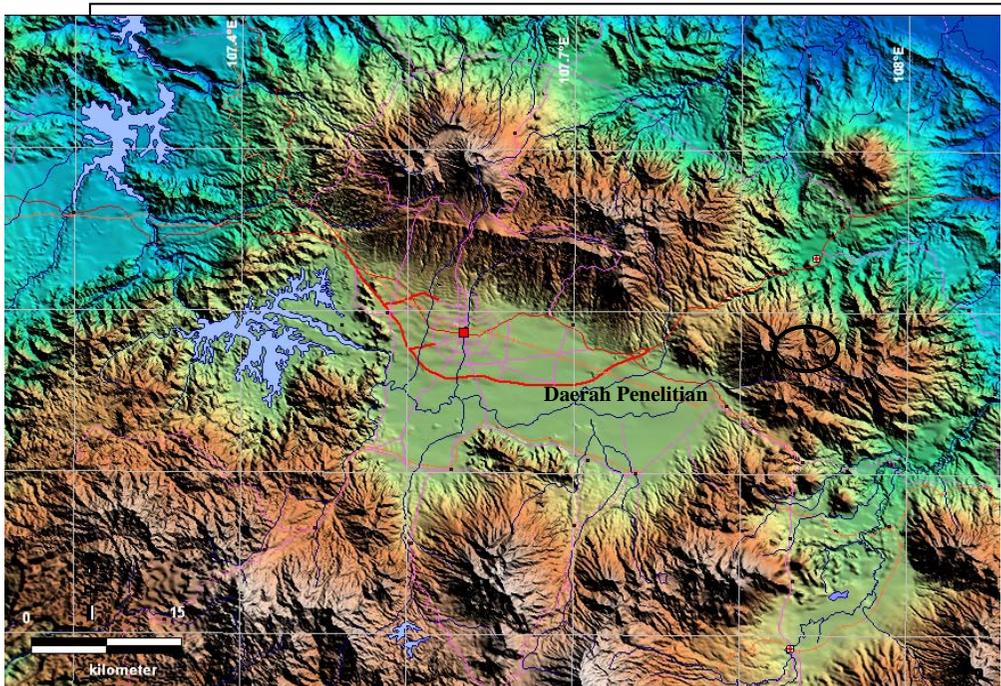
Batuan segar dari satuan ini bersifat kompak dan *impermeable*. Pengamatan terhadap 16 sumur gali yang terdapat pada satuan ini, menunjukkan sumur gali tersebut berkembang pada tanah pelapukan satuan batuan dengan kedalaman dari 0,5-7,9 m.

Mataair yang ditemukan pada satuan ini berupa mataair kontak (*contact spring*), yaitu mataair

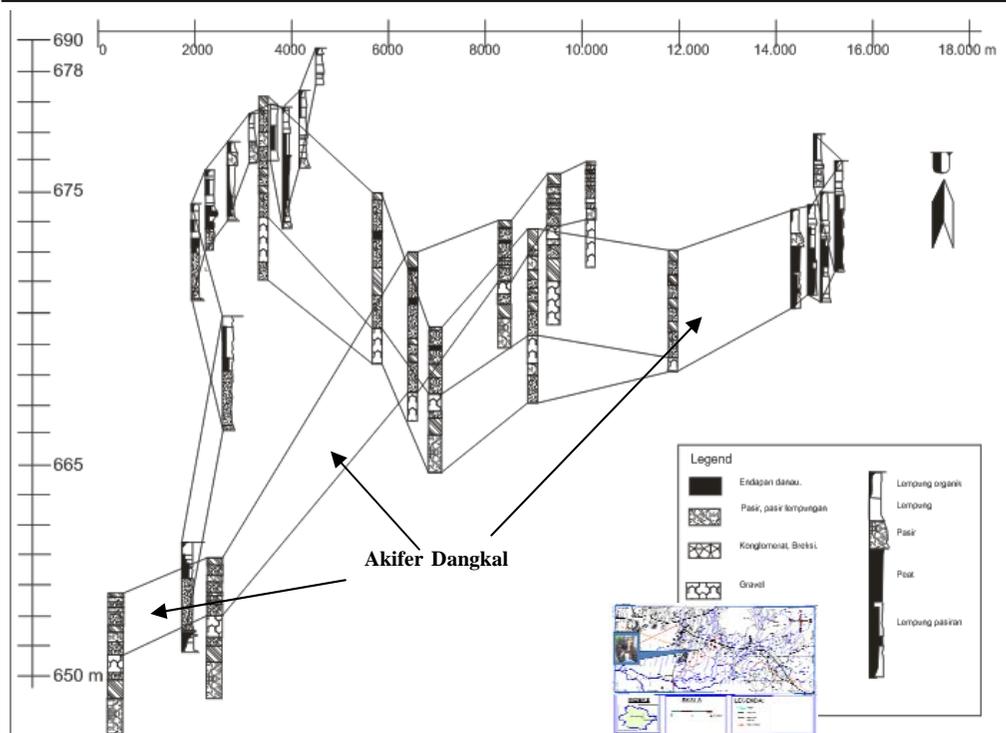
yang muncul melalui kontak antara akifer (zona pelapukan) dengan lapisan yang lebih *impermeable* di bawahnya (batuan segar) dan kontak tersebut berpotongan dengan permukaan tanah.

#### 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.** Titik Log Bor dan Geometri Akifer

## METODOLOGI

Kegiatan pemodelan diawali dengan menuangkan model konsep kedalam program Visual MT3D. Model konsep adalah kenampakan bergambar dari suatu sistem aliran air tanah dan transportasi, sering digambarkan dalam bentuk diagram blok atau dalam bentuk penampang melintang. Bentuk alami dari model konsep akan menentukan dimensi model numerik rancangan grid.

Dalam menuangkan model tersebut dilakukan :

- ✓ Diskritisasi
- ✓ Penentuan kondisi batas dan kondisi awal

Kondisi batas dan kondisi awal diuji dengan menjalankan program, kemudian dibandingkan dengan kondisi real, jika belum tercapai kesesuaian antara hasil model dan kondisi real data awal perlu dikalibrasi sampai hasilnya sesuai.

### Diskritisasi

Dalam pemodelan numerik, daerah model ditentukan dengan serangkaian model diskrit yang disebut dengan grid. Proses pembuatan grid biasanya dilakukan dengan cara meng-overlay-kan dengan peta lokasi yang akan dimodelkan. Penentuan ukuran sel yang akan digunakan merupakan pekerjaan yang cukup sulit dalam proses perancangan grid, hal tersebut bergantung dari beberapa faktor seperti variabelitas ruang, parameter model, sistem pembatas fisik, batasan model komputer, batasan penanganan data, waktu komputasi dan hal-hal yang berhubungan dengan biaya komputer.

### **Kondisi Awal dan Kondisi Batas**

Untuk menghasilkan solusi khusus tersebut terlebih dahulu nilai tetapan-tetapan atau fungsi-fungsi terikat tadi harus ditentukan. Nilai kondisi awal dan kondisi batas dapat digunakan untuk membantu mencari tetapan-tetapan atau fungsi-fungsi tersebut di atas. Secara umum, kondisi batas merupakan variabel bebas, sepanjang batas batas sistem yang dimodelkan (*Aquifer Interaction With Modflow2000*).

Kondisi awal terdiri dari :

- ✓ Muka airtanah (alamiah sebelum terjadi pemompaan).
- ✓ Konduktivitas hidraulik.
- ✓ Storitivitas.
- ✓ Dispersivitas.
- ✓ Konsentrasi polutan.

Kondisi Batas terdiri dari :

- ✓ *Constan Head*.
- ✓ *Head dependent Flux*.
- ✓ *Constan Flux*.
- ✓ *General Head Boundary*.

### **Kalibrasi**

Setelah model dan program komputer dari solusi diverifikasi, perlu dua tahapan lagi sebelum model transport kontaminan dapat digunakan. Sebelum model tersebut diaplikasikan pada domain model, maka perlu dilakukan **kalibrasi** dan **uji kemampuan prakiraan model** terlebih dahulu (Domenico, P.A., Schwartz, F.W., 1990). Tergantung dari wilayah atau domain model, maka kalibrasi dapat bersifat lokal atau regional. Tujuan dari kalibrasi adalah untuk memperoleh nilai parameter-parameter dalam model yang umumnya bersifat spesifik lokasi. Untuk pemodelan transport kontaminan dalam tanah atau air tanah, maka parameter yang umum dikalibrasi adalah konduktivitas hidrolis.

Ketiga parameter tersebut dapat divariasikan secara sendiri-sendiri atau salah satu saja, atau ketiga-tiganya. Di sinilah analisa sensitivitasnya sangat membantu dalam proses kalibrasi.

### **Uji kemampuan prediktif model**

Kemampuan prediktif model merupakan fungsi utama dari model yang berbasis waktu seperti model penyebaran kontaminan. Uji kemampuan prediksi model dapat dilakukan setelah diperoleh penyimpangan yang minimal antara hasil model dengan observasi (optimasi model dengan prosedur “*curve fitting*”) dalam proses kalibrasi. Hal tersebut dilakukan dengan mengatur nilai parameter dengan nilai atau kisaran nilai yang masuk akal.

### **DATA DAN VALIDASINYA**

Dalam pemodelan ini digunakan model 1 lapis didasarkan pada material penyusun akifer terdiri dari batupasir dan batulanau yang bersifat tufan, setempat dijumpai sisipan kerakal dan tuf diantara lapisan batupasir. Ketebalan lapisan masing-masing unit geologi didasarkan pada data log bor dan informasi geologi, sebaran ketebalan dihasilkan dari proses interpolasi ruang dengan metode *invers distance weigh (IDW)*.

### Diskretisasi Daerah Model

Daerah penelitian dibagi-bagi menjadi grid yang masing-masing berukuran 100 m \* 100m. Berdasarkan pembagian tersebut, maka daerah penelitian akan terdiri dari atas :

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

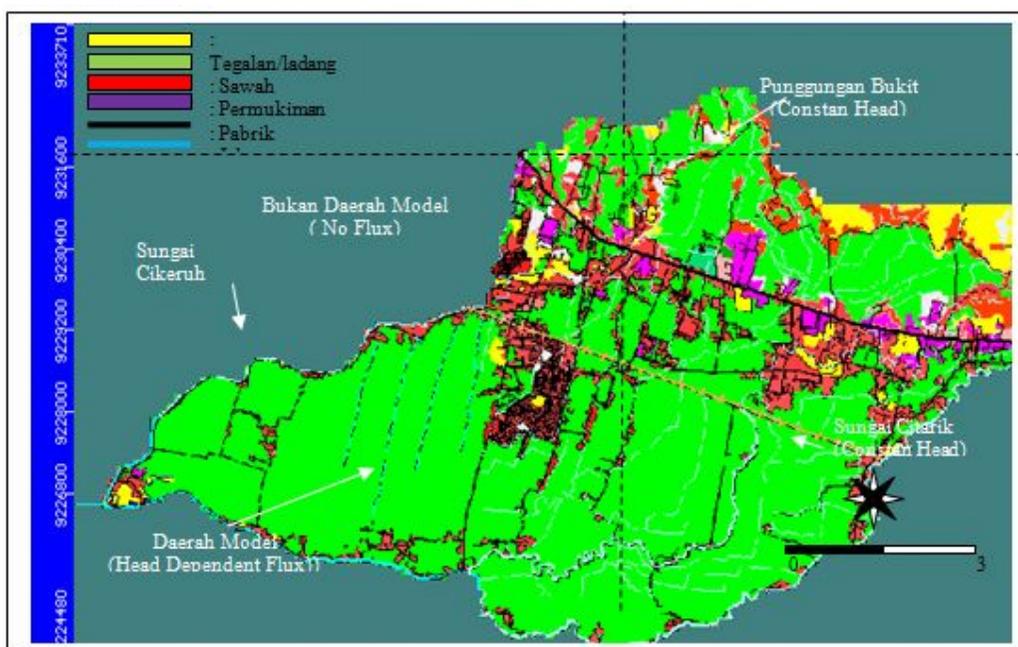
Dengan demikian luas daerah model adalah panjang x lebar = 6500 x 5100 m<sup>2</sup> = 33,15 km<sup>2</sup>.

### Penentuan Batas-batas Model

Dalam menentukan batasan diskretisasi model di daerah penelitian, yaitu :

1. Sebelah Utara berdasarkan keadaan di lapangan sebagai daerah model *constant head boundary* (punggungan bukit), dikarenakan masyarakat memanfaatkan mata air untuk kebutuhan sehari-hari sehingga pengambilan airtanah tidak intensif.
2. Sedangkan di daerah Timur dan Barat serta bagian Selatan dibatasi oleh Sungai Cikeruh dan Citarik diasumsikan sebagai constant head, yang berarti muka air sungai dianggap konstan.

Dalam menentukan batas-batas model dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Kondisi Batas Daerah Model

### MAT (Muka Air Tanah) tahun 1950 (Kondisi Alamiah)

Data ini berupa peta MAT akuifer dangkal tahun 1950 karena data yang tersedia untuk mewakili kondisi alamiah airtanah dangkal LPPM-ITB, DISTAMBEN JABAR, 2002).

### Konduktivitas Hidraulik

Nilai dari konduktivitas pada keadaan awal yang digunakan yaitu 0,7 m/day, data ini didapat dari lapangan (Pumping Test) yang kemudian dilakukan kalibrasi. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan cara menyamakan kedudukan MAT model dengan merubah nilai K yang ada pada model sampai mendekati keadaan yang sebenarnya (MAT alamiah). Bila hasil dari kalibrasi ini

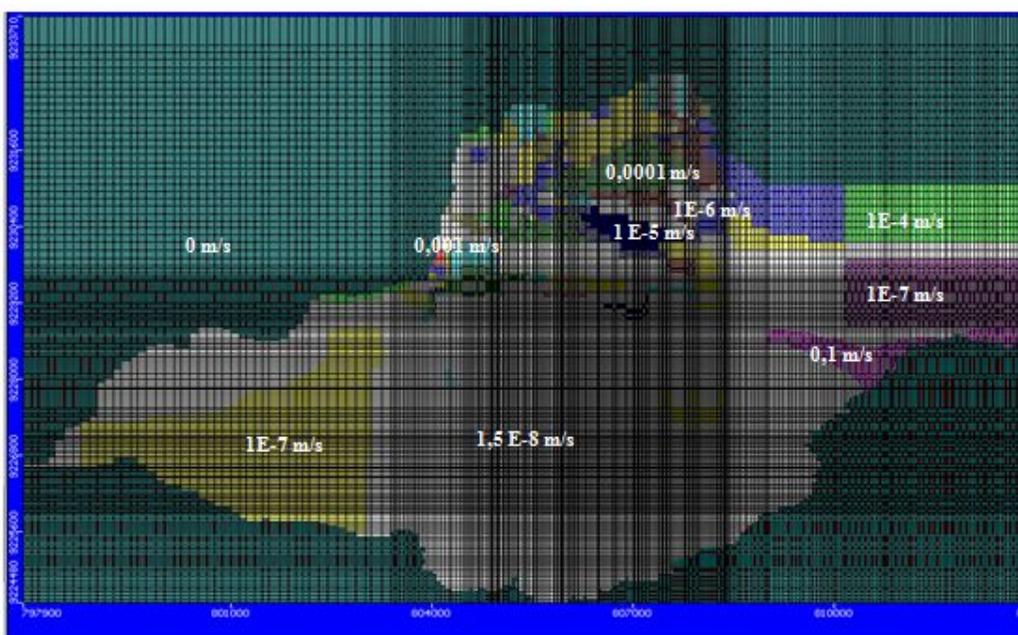
telah mendekati data patokan yang dipakai yaitu muka airtanah alamiah, maka kalibrasi ini dianggap telah selesai (gambar 4).

## ANALISIS DATA

### MAT (Muka Air Tanah) Model dan Arah Aliran Air Tanah

Hasil pemodelan menunjukkan arah aliran airtanah pada kondisi alami maupun setelah adanya pemompaan secara umum bergerak menuju arah barat daya. Dengan variasi arah selatan dan tenggara menuju sungai pada batas model. Aliran menunjukkan perbedaan kecepatan hal ini akibat dari pengaruh batuan penyusun akifer.

Pada kondisi terganggu arah aliran sangat dipengaruhi oleh zona-zona pengambilan airtanah. Visualisasi model aliran disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Distribusi K. sesudah kalibrasi

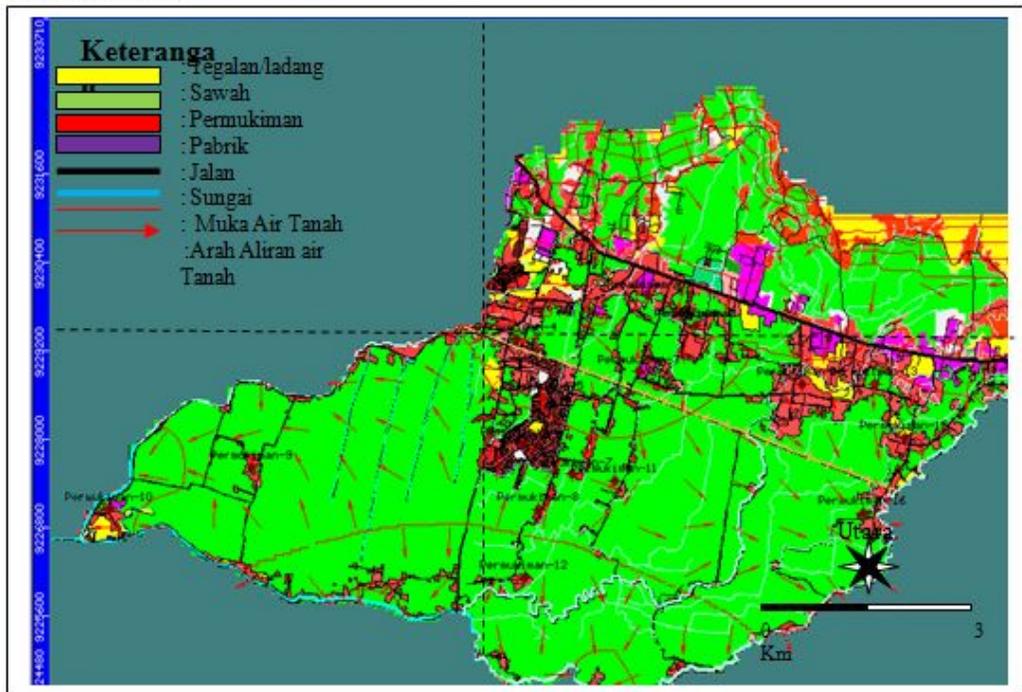
### Distribusi Natrium

Berdasarkan pengamatan di lapangan tahun 2008 kandungan Na dalam air sungai tergolong tinggi, yaitu sebesar **1.900 – 2.200 ppm**, Dalam pemodelan ini, dispersivity yang digunakan sebesar 10 m dengan metoda *trial and error* sampai hasilnya mendekati kondisi lapangan. Hasil penyebaran kontaminan Na pada air tanah dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

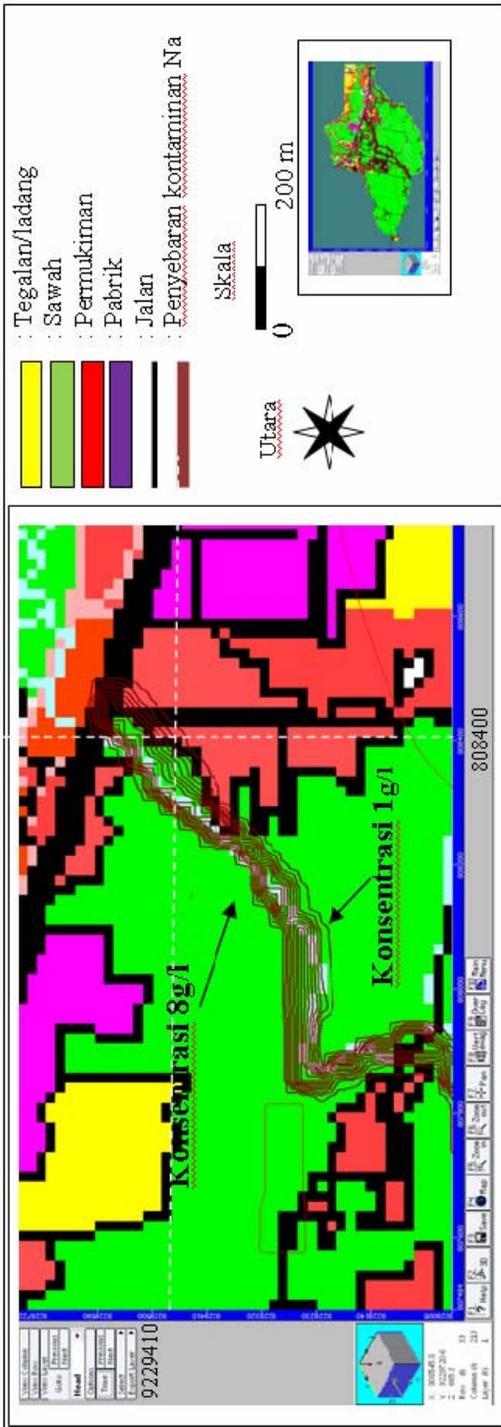
Berdasarkan penelitian tahun 2009 menunjukkan Na merupakan unsur yang reaktif terhadap lingkungan sehingga akan terpengaruh oleh proses reaksi kimia, biodegradasi dan proses sorpsi yang menyebabkan kecepatannya menjadi lambat atau fenomena ini disebut sebagai retardasi. Pada Gambar 11, model visual dispersi kontaminan Na terlihat di bagian hulu posisi muka airtanah lebih dalam karena laju pengambilan debit airtanah yang cukup intensif, hal ini menyebabkan flux dari saluran kedalam akifer besar, hal ini mengakibatkan migrasi Na lebih besar terjadi di bagian hulu. Di bagian hilir posisi muka airtanah menurun secara

alami karena airtanah mengalir menuju sungai Citarik dan menjadi luah/*base flow*. Pada tahun 2009 kontaminan Natrium mencapai 100 meter masuk ke dalam akifer dari Sungai Cikijing, dengan konsentrasi sebesar 1 g/l sementara konsentrasi di Sungai Cikijing rata-rata 8 g/l (Gambar 6).

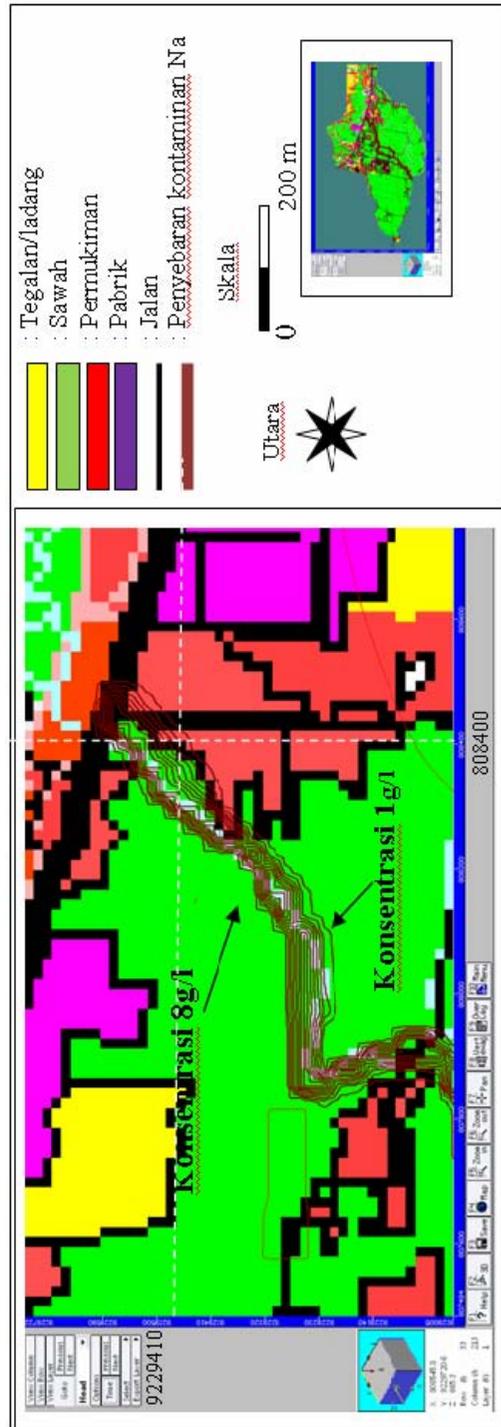
Berdasarkan model MT3D, pada tahun 2029 kontaminan Natrium mencapai 105 meter masuk ke dalam akifer dari Sungai Cikijing, dengan konsentrasi sebesar 1 g/l sementara konsentrasi di Sungai Cikijing rata-rata 8 g/l (Gambar 7). Berdasarkan model di atas selama kurun waktu 20 tahun pergerakan kontaminan Na hanya menyebar sejauh 5 meter.



**Gambar 5.** Muka Air Tanah dan Arah Aliran Air Tanah 200



**Gambar 6.** Model Kontur konsentrasi Natrium 2009



**Gambar 7.** Model Kontur konsentrasi Natrium 2029

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ungkapan terimakasih dan penghargaan yang setulusnya kepada. Dr. Setiawan Wangsaatmaja sebagai narasumber, yang telah senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan masukan

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Seluruh staf Puslit Geoteknologi- LIPI, yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung.
2. Pemerintah Daerah Propinsi Jawa Barat
3. Pemerintah Daerah Kabupaten Bandung
4. Pemerintah Daerah Kabupaten Sumedang

## KESIMPULAN

Keberadaan Natrium di Sungai Cikijing yang berasal dari pembuangan IPAL oleh tiga Industri Tekstil, menyebabkan terjadinya kontaminasi Natrium pada air tanah dangkal di sekitar Sungai Cikijing. Berdasarkan Pemodelan Air tanah (MT3D) migrasi Natrium pada tahun ke 20 (dua puluh) hanya berjarak  $\pm$  100 meter dari sumber kontaminan (Sungai Cikijing), sementara pada tahun ke 40 (empat puluh) mencapai  $\pm$  105 meter. Secara umum polutan akan bergerak ke arah selatan, dengan variasi lokal arah tenggara dan dan barat daya

## DAFTAR PUSTAKA

- Aquifer Interaction With Modflow2000* : U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1042. Carson City, Nevada.
- Dam, M.A.C., 1994, *The Late Quaternary Evolution of the Bandung Basin*, West Java, Indonesia.
- Domenico, P.A., Schwartz, F.W., 1990, *Physical and Chemical Hydrogeology*, John Wiley & Son, Inc., New York.
- LPPM-ITB, DISTAMBEN JABAR, 2002, *Rencana Induk Pendayagunaan Air Bawah Tanah Cekungan Bandung*. Laporan Akhir, Tidak di Publikasikan.
- Rahmat, A. Soebowo, E., lumban Gaol, K., 2008. *Identifikasi Penyebaran Polutan industri Tekstil di bagian Timur Cekungan Bandung Untuk Menanggulangi Pencemaran Airtanah Dangkal*. Laporan Akhir Puslit Geoteknologi- LIPI, 2008.