

untuk\_mengatasi\_permasalahan  
\_lingkungan\_studi\_kasus\_semar  
ang.pdf  
*by*

---

**Submission date:** 16-Jan-2019 09:41AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1064636648

**File name:** untuk\_mengatasi\_permasalahan\_lingkungan\_studi\_kasus\_semarang.pdf (1.36M)

**Word count:** 2504

**Character count:** 15724

## KONTRIBUSI PEMODELAN ALIRAN AIRTANAH UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN LINGKUNGAN STUDI KASUS: SEMARANG

T. T. Putranto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl. Prof. H. Soedharto, S.H., Kampus  
Tembalang Semarang 50275, Indonesia, Telp/Fax. 024 76480786, Email: [putranto@ft.undip.ac.id](mailto:putranto@ft.undip.ac.id)

Diterima 20 Oktober 2014

### Abstrak

Peningkatan ekonomi dan pertumbuhan penduduk di Kota Semarang tentunya membawa konsekuensi perubahan fungsi tata guna lahan dari lahan pertanian menjadi nonpertanian dalam proses perkembangan kota. Ternyata perubahan tata guna lahan sebagai akibat dari pertumbuhan penduduk dan peningkatan ekonomi juga memberikan dampak negatif. Salah satu sumber daya alam yang ikut menjadi korban akibat perubahan tata guna lahan adalah peningkatan eksploitasi airtanah untuk memenuhi kebutuhan air baku. Permasalahan lingkungan akibat penggunaan airtanah sampai saat ini belum bisa teratasi mengingat pendataan penggunaan airtanah yang tidak terkontrol secara optimal. Oleh sebab itu, diperlukan kajian secara kuantitatif untuk mengetahui total pemanfaatan airtanah yang sebenarnya berdasarkan data geologi, hidrogeologi serta hidrologi melalui perhitungan numeris menggunakan perangkat lunak *Finite Element FLOW/FEFLOW*. Pemodelan airtanah dapat digunakan untuk memberikan informasi seberapa besar aktivitas eksploitasi airtanah yang telah terjadi saat ini, peta aliran muka airtanah aktual dan kesetimbangan airtanah (selisih air yang masuk dan keluar dari daerah model). Kalibrasi hasil pemodelan serta validasi dengan kenyataan data di lapangan akan memberikan gambaran seberapa akurat hasil pemodelan tersebut. Selain itu, hasil model dapat dipakai untuk memprediksi bagaimana dampak yang terjadi di masa depan seiring perkembangan jumlah penduduk dan perubahan penggunaan lahan sertaantisipasi perubahan iklim yang terjadi di masa depan. Pengambilan airtanah yang intensif di Kota Semarang (hasil model terkalibrasi pada tahun 2010 sekitar 61 juta m<sup>3</sup>) menyebabkan cadangan airtanah dalam hanya sekitar 12 juta m<sup>3</sup> (hanya memenuhi 20% dari kebutuhan air baku dengan asumsi kebutuhan air 120 L/hari/orang) serta muka airtanah dalam turun di bawah muka air laut hingga -50 m, sehingga menyebabkan terbentuknya kerucut airtanah di bagian utara Kota Semarang. Selain itu juga menyebabkan intrusi air asin di bagian utara Kota Semarang seperti yang telah terjadi saat ini.

**Kata kunci:** Semarang, Airtanah, Pemodelan aliran airtanah, FEFLOW

### Latar Belakang

Kota Semarang dengan jumlah penduduk pada tahun 2009 sebesar lebih dari 1,5 juta jiwa (BPS Kota Semarang, 2010) dan tingkat pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 1,4% per tahun untuk periode tahun 2005-2009, memiliki peranan **posisi geostrategis karena berada pada jalur lalu lintas ekonomi pulau Jawa dan koridor pembangunan Jawa Tengah**. Posisi strategis tersebut memberikan dampak positif untuk perekonomian Kota Semarang. Bappeda dan BPS Kota Semarang (2012) mencatat laju pertumbuhan ekonomi Kota Semarang periode 2005-2011 senantiasa mengalami peningkatan hingga mencapai 6.41% di tahun 2011 (Gambar 1).

Peningkatan ekonomi dan pertumbuhan penduduk tersebut tentunya membawa konsekuensi perubahan fungsi tata guna lahan dari lahan pertanian menjadi nonpertanian

dalam proses perkembangan kota. Bappeda Kota Semarang (2007) mencatat perubahan yang signifikan lahan pertanian tersebut hingga mencapai 20 ha dalam lima tahun terakhir. Saat ini tata guna lahan di Kota Semarang didominasi untuk bangunan sebesar 41% kemudian sawah dan tegalan (31%) serta lainnya hingga 28% (Gambar 2).

Ternyata perubahan tata guna lahan sebagai akibat dari pertumbuhan penduduk dan peningkatan ekonomi juga memberikan dampak negatif. Salah satu sumber daya alam yang ikut menjadi korban akibat perubahan tata guna lahan adalah peningkatan eksploitasi airtanah untuk memenuhi kebutuhan air baku bagi berbagai sektor, baik untuk industri maupun rumah tangga. Mengapa airtanah dan bukan air permukaan? Kualitas airtanah yang lebih baik karena mengalir melalui berbagai macam batuan sebelum tereksplorasi ke permukaan, tersedia sepanjang tahun serta tidak memerlukan tempat yang besar di permukaan karena tersimpan di dalam tanah merupakan beberapa alasan mengapa airtanah menjadi primadona saat ini. Fenomena yang berkembang saat ini masyarakat berlomba mengeksploitasi airtanah tanpa melihat permasalahan lingkungan yang muncul kemudian.

Direktorat Geologi Tata Lingkungan (DGTL, 2003) merekam perkembangan penggunaan airtanah dan jumlah sumur bor dalam yang terdata di Kota Semarang dari 1900 hingga 2002 (Gambar 3). Perkembangan eksploitasi airtanah melalui sumur bor yang pesat di awal tahun 1980an hingga millennium baru (Tahun 2000an) menyebabkan beberapa permasalahan lingkungan. Banjir yang sudah melegenda hingga ada sebutan “Semarang kaline banjir” semakin meluas hingga pusat kota (Isti, 2013), amblesan atau *subsidence* di bagian utara Kota Semarang mencapai 8-9 cm/th (Kuehn, 2009) serta intrusi air laut menuju ke lapisan pembawa airtanah (akuifer) meluas ke bagian timur dibandingkan bagian barat seiring perkembangan kota di wilayah timur Kota Semarang (Ramli, 2009; Purnawa dan Marfai, 2012; Rahmawati dkk., 2013).

Permasalahan lingkungan akibat penggunaan airtanah sampai saat ini belum bisa teratasi mengingat pendataan penggunaan airtanah yang tidak terkontrol secara optimal (sumur bor ilegal). Monitoring muka airtanah dari sumur pantau dilakukan tidak setiap bulan ditambah tidak ada data aktual jumlah pengambilan airtanah. Oleh sebab itu diperlukan kajian secara kuantitatif untuk mengetahui total pemanfaatan airtanah yang sebenarnya dan juga peta muka airtanah saat ini dan masa depan untuk mengakomodasi Perda Tata Ruang Kota Semarang 2011-2031 (Perda No. 14/2011).

### **Studi Pustaka dan Dasar Teori**

Daerah penelitian terletak di Kota Semarang dan sekitarnya yang termasuk dalam cekungan airtanah Semarang-Demak. Morfologi Kota Semarang terbagi dalam menjadi dua, yakni dataran yang terletak di bagian utara dengan ketinggian mencapai 10 m di atas permukaan laut [m dpl], sedangkan di bagian selatan merupakan perbukitan mencapai 600 m dpl.

Berdasarkan peta geologi regional lembar Kota Semarang (Thanden dkk., 1996), Salatiga (Sukardi dan Budhitrina, 1992) dan Kudus (Suwanti dan Wikarno, 1992), geologi regional daerah penelitian dibagi menjadi 4 kelompok dari yang tertua ke yang paling muda yakni batuan intrusi, batuan sedimen, batuan vulkanik dan endapan permukaan (Gambar 4). Batuan intrusi (Tma) berumur pertengahan Miocene tersebar terbatas di bagian selatan Kota Semarang. Sedangkan batuan sedimen tersusun dari tua ke muda yakni Formasi Kerek (Tmk) di bagian barat sedangkan di timur terdapat Formasi Wonocolo (Tmw) kemudian diikuti oleh Formasi Kalibeng (TmPk) yang terdiri dari anggota Kapung (TmKk), Damar (TmKd) dan Banyak (TmKb). Kemudian berikutnya adalah Formasi Kaligetas (Qpkg) dan Formasi Damar (QTd). Formasi Kerek tersusun oleh batu lempung, napal dan batu gamping sedangkan Formasi Kalibeng tersusun oleh napal masif dan setempat dijumpai perselingan dengan batu pasir tufaan dan batu gamping. Formasi Damar

terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat dan breksi vulkanik. Sementara itu Formasi Kaligetas tersusun oleh breksi, batu pasir tufaan dan batulempung. Sedangkan batuan vulkanik (Qvu dan Qvm) merupakan produk dari Gunung Ungaran di bagian selatan dan Gunung Muria di bagian utara tersusun dominan breksi, tuff dan endapan breksi lahar. Endapan permukaan tersusun oleh aluvium (Qa) yang merupakan hasil sedimentasi dari dataran pantai, sungai serta delta dengan ukuran kerikil hingga lempung.

Said dan Sukrisno (1988) menyatakan bahwa aliran airtanah di Semarang berasal dari daerah pegunungan di bagian selatan mengalir menuju dataran di bagian utara. Sistem airtanah terbagi menjadi aliran airtanah yang mengalir melalui ruang antar butir yang dominan pada aluvium, sedangkan airtanah untuk batuan sedimen dan batuan vulkanik mengalir melalui celah atau rekahan. Ada dua sistem akuifer di daerah Semarang yakni akuifer bebas dan akuifer tertekan. Akuifer bebas memiliki kedalaman yang dangkal berkisar antara 0,1 hingga 21,8 m didominasi oleh aluvium sebagai penyusun utama litologinya. Akuifer ini dieksploitasi dominan melalui sumur-sumur gali untuk keperluan domestik/rumah tangga. Sebaliknya akuifer tertekan didominasi oleh batuan sedimen di bagian dataran dan pantai sedangkan di daerah perbukitan oleh batuan vulkanik. Akuifer ini dieksploitasi melalui sumur bor dalam.

### **Metodologi**

Apa yang dimaksud dengan pemodelan airtanah dan bagaimana model itu disusun? Domenico (1972) mendefinisikan model sebagai wakil kenyataan yang berusaha untuk menjelaskan tingkah laku beberapa aspek kenyataan dan selalu tidak sekompleks sistem yang sesungguhnya diwakili. Ketepatan hasil dari suatu model tergantung tingkat penyederhanaan serta ketepatan dan kelengkapan dari parameter-parameter yang dipakai dalam menentukan model. Dengan demikian model airtanah adalah sebagai sajian sederhana (*simple representation*) dari suatu sistem hidrogeologi yang kompleks.

Perkembangan perangkat lunak maupun perangkat keras dalam bidang komputasi akhir-akhir ini sangat cepat, sehingga aplikasinya dapat dimanfaatkan hampir di berbagai bidang. Penyelesaian suatu masalah hidrogeologi dapat dianalisis dengan baik dan tepat, apabila dapat dibuat konsep model hidrogeologi itu sendiri. Pembuatan model numerik dibuat, apabila perhitungan secara analitis dan pengukuran di lapangan relatif sulit dilakukan. Gambar 5 menunjukkan proses penelitian dan kebutuhan data untuk pemodelan aliran airtanah.

Pemodelan airtanah sebagai bagian dari penelitian penggunaan airtanah secara kuantitatif dapat digunakan untuk memberikan informasi seberapa besar aktivitas eksploitasi airtanah yang telah terjadi saat ini gambaran peta muka airtanah aktual dan kesetimbangan airtanah (selisih airtanah yang masuk dan keluar dari daerah model). Perhitungan numeris pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Finite Element FLOW/FEFLOW* versi 5.2. Kalibrasi hasil pemodelan serta validasi dengan kenyataan data di lapangan akan memberikan gambaran seberapa akurat hasil pemodelan tersebut. Selain itu hasil model dapat dipakai untuk memprediksi bagaimana dampak yang terjadi di masa depan seiring perkembangan jumlah penduduk dan perubahan penggunaan lahan sertaantisipasi perubahan iklim yang terjadi di masa depan.

### **Hasil dan Pembahasan**

Pengambilan airtanah yang terus meningkat sebagai akibat perubahan tata guna lahan menjadi pemukiman dan industri menyebabkan terjadinya penurunan muka airtanah dalam (gambar 6). Pemodelan aliran airtanah ini dapat dipakai untuk memantau penurunan muka airtanah yang terjadi serta prediksi cadangan airtanah beberapa tahun ke depan.

Berdasarkan diagram alir penelitian seperti tergambar pada Gambar 5, maka tahapan untuk hasil penelitian ini disajikan pada Gambar 7 di bawah ini.

Dari data lapangan berupa data penyebaran sumur bor serta log sumur kemudian dibuat korelasi hidrostratigrafi unit sebagai dasar untuk pengembangan konseptual model. Konseptual model ini mendefinisikan secara detail mengenai geometri akuifer dan informasi hidrogeologi dari masing masing akuifer, jumlah pasokan airtanah yang masuk ke dalam sistem airtanah, batas-batas hidrogeologi serta jumlah total pengambilan airtanah. Hasil konseptual model tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk model numerik untuk dilakukan kalkulasi menggunakan perangkat lunak FEFLOW 5.2 untuk perhitungan analisis. Hasil perhitungan tersebut diuji melalui tahap kalibrasi serta validasi berdasarkan data pengamatan lapangan, sehingga hasil model diharapkan mendekati dengan kondisi alamiah dari daerah penelitian.

Pengambilan airtanah yang intensif di Kota Semarang (hasil model terkalibrasi pada tahun 2010 sekitar 61 juta m<sup>3</sup>) menyebabkan cadangan airtanah dalam hanya sekitar 12 juta m<sup>3</sup> (hanya memenuhi 20% dari kebutuhan air baku dengan asumsi kebutuhan air 120 L/hari/orang) dan muka airtanah turun di bawah muka air laut hingga -50 m, sehingga menyebabkan terbentuknya kerucut airtanah di bagian utara Kota Semarang. Selain itu juga menyebabkan intrusi air asin di bagian utara Kota Semarang seperti yang telah terjadi saat ini.

Pola aliran airtanah dari hasil pemodelan yang tergantung waktu (*transient model*) dari periode 1998-2010 ditunjukkan dalam gambar 8. Arah aliran airtanah dalam secara umum mengalir dari arah selatan menuju ke utara (ditunjukkan oleh anak panah).

Kemudian apa yang harus dilakukan di masa depan? Dari hasil simulasi aplikasi model aliran airtanah ada dua skenario yang dikembangkan (Gambar 9). Skenario 1 dengan pengurangan pengambilan airtanah memberikan tambahan cadangan hingga mencapai 35 juta m<sup>3</sup> apabila dilakukan pengurangan pengambilan airtanah hingga 20 juta m<sup>3</sup> di tahun 2031. Sedangkan skenario kedua (terburuk) apabila terjadi peningkatan pengambilan airtanah dan perubahan iklim yang menyebabkan penurunan curah hujan tahunan 2% akan menyebabkan cadangan airtanah minus (-) 45 juta m<sup>3</sup>/th di tahun 2031.

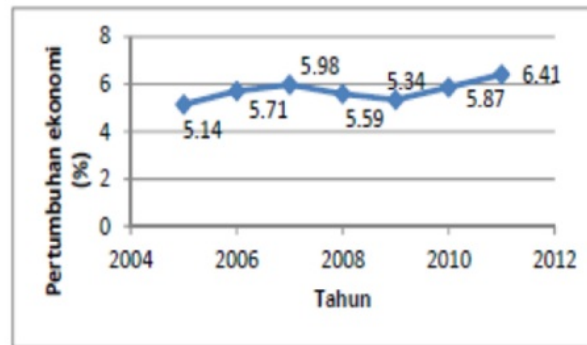
## Kesimpulan

Hasil simulasi pemodelan airtanah memberikan gambaran intensifnya pengambilan airtanah yang telah terjadi di Kota Semarang sehingga mengakibatkan permasalahan lingkungan. Diperlukan langkah strategis dalam rangka pengelolaan airtanah dari pengambil kebijakan di pemerintah daerah berdasarkan hasil penelitian ini untuk menghindari kerusakan lingkungan di masa mendatang seperti pelarangan pengambilan airtanah di daerah kritis dan mengatur pengambilan airtanah serta melaksanakan kegiatan konservasi baik untuk daerah pasokan/*recharge* maupun pengambilan airtanah/*discharge*.

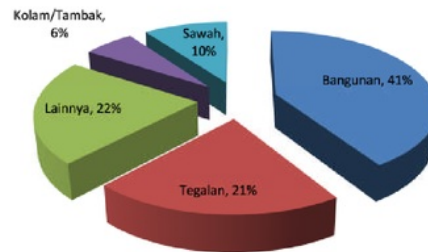
## Daftar Pustaka

- Bappeda dan BPS Kota Semarang, Produk domestik bruto Kota Semarang 2011, Semarang, 2012.
- Bappeda Kota Semarang, Penyusunan dokumen masterplan drainase Kota Semarang, Semarang, 2007.
- BPS Kota Semarang, Kota Semarang dalam angka 2010, Semarang, 2010.
- Dahrin, D., Sarkowi, Kadir, W.G.A. dan Minardi, S., Penurunan volume airtanah daerah Semarang berdasarkan pemodelan 3D gayaberat antar waktu, *Geoaplika Journal* 2007 Vol. 2 No. 1, 11-17, Bandung, 2007.

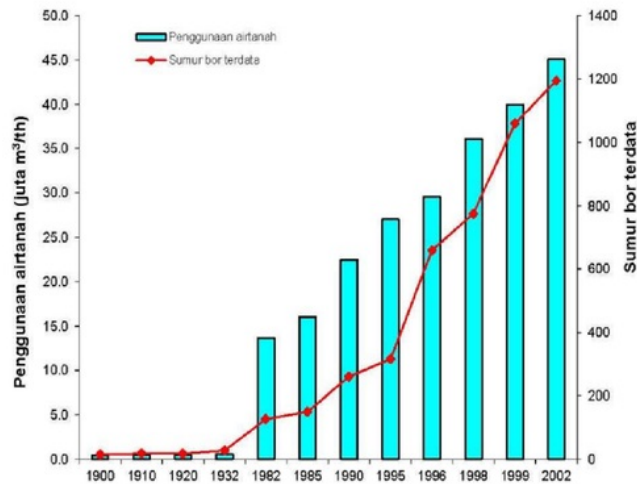
- Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Petambangan (DGTL), *Kajian Zonasi Konfigurasi dan Tata Guna Air Bawah Tanah Pada Cekungan Semarang-Demak, Subah, dan Karanganyar-Boyolali*, Provinsi Jawa Tengah, 2003.
- Domenico, P.A., *Concepts and models in groundwater hydrology*. McGraw-Hill, New York, 1972.
- Isti, B., Semarang Kaline Banjir, Mengapa? [http://www.suaramerdeka.com/v1/index.php/read/bicara\\_fakta/2013/04/07/75/Semarang-Kaline-Banjir-Mengapa](http://www.suaramerdeka.com/v1/index.php/read/bicara_fakta/2013/04/07/75/Semarang-Kaline-Banjir-Mengapa), [Accessed: 9 Juli 2013].
- Kuehn, F., Albiol, D., Cooksley, G., Duro, J., Granda, J., Haas, S., Hoffmann-Rothe, A., dan Murdohardono, D., *Detection of Land Subsidence in Semarang, Indonesia using stable points network (SPN) technique*. *Environmental Earth Sciences* Volume 60, Number 5, 909-921, DOI: 10.1007/s12665-009-0227-x, Springer-Verlag, 2009.
- Pemkot Semarang, Perda No. 14/2011: *Rencana tata ruang wilayah Kota Semarang tahun 2011-2031*, Semarang, 2011.
- Purnama S., dan Marfai, M.A., *Saline water intrusion toward groundwater: issues and its control*. *Journal of natural resources and development* 2012;02:25-32, 2012.
- Putranto, T.T., *Hydrogeological and numerical groundwater flow model in Semarang/Indonesia*. Dissertation RWTH Aachen University, 2013.
- Rahmawati, N., Vuillaume, J.F., dan Purnama I.L.S., *Salt intrusion in coastal and lowland areas of Semarang city*, *Journal of hydrology* 494 (2013) 146-159, 2013.
- Ramli, M., *Numerical modeling of groundwater flow in multilayer aquifers at coastal environment*. Ph.D. Dissertation Kyoto University, 2009.
- Said, H.D. dan Sukrisno, *Peta hidrogeologi Indonesia lembar: VII Semarang (Jawa) skala 1:250.000.*, Direktorat geologi tata lingkungan, Bandung, 1998.
- Sukardi dan Budhitrisna, *Peta geologi lembar Salatiga, Jawa, skala 1:100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1992.
- Suwarti, T. dan Wikarno, S., *Peta geologi lembar Kudus, Jawa, skala 1:100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1992.
- Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W., Sutisna, K. dan Amin, T.C., *Peta geologi lembar Magelang dan Semarang, skala 1:100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1996.



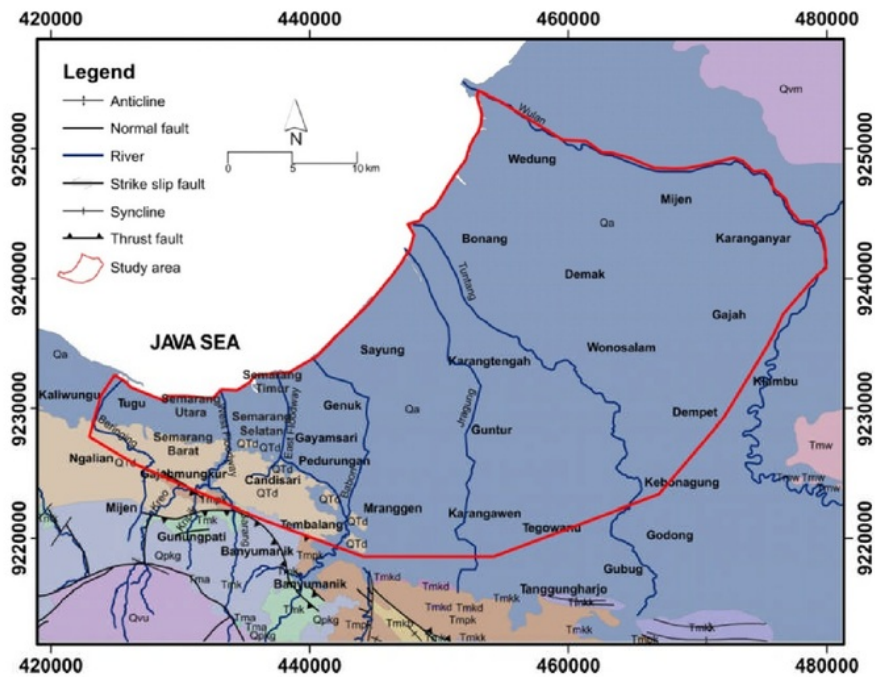
Gambar 1. Laju pertumbuhan ekonomi Kota Semarang (Bappeda dan BPS Kota Semarang, 2012)



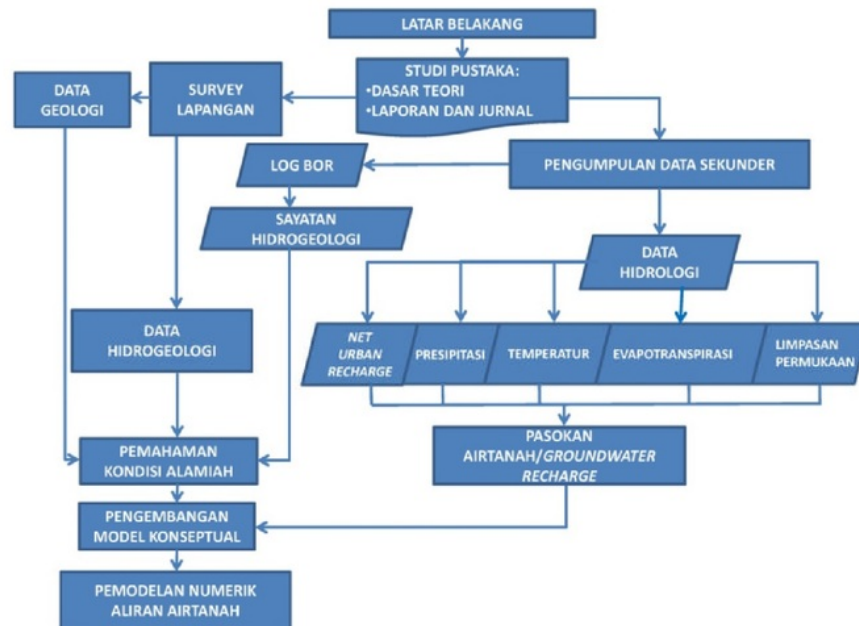
Gambar 2. Tata guna lahan Kota Semarang (BPS Kota Semarang, 2012)



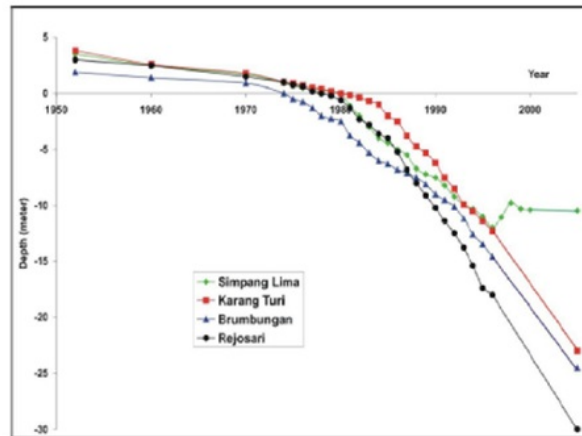
Gambar 3. Perkembangan eksploitasi air tanah dan sumur bor di Kota Semarang (DGTL, 2003)



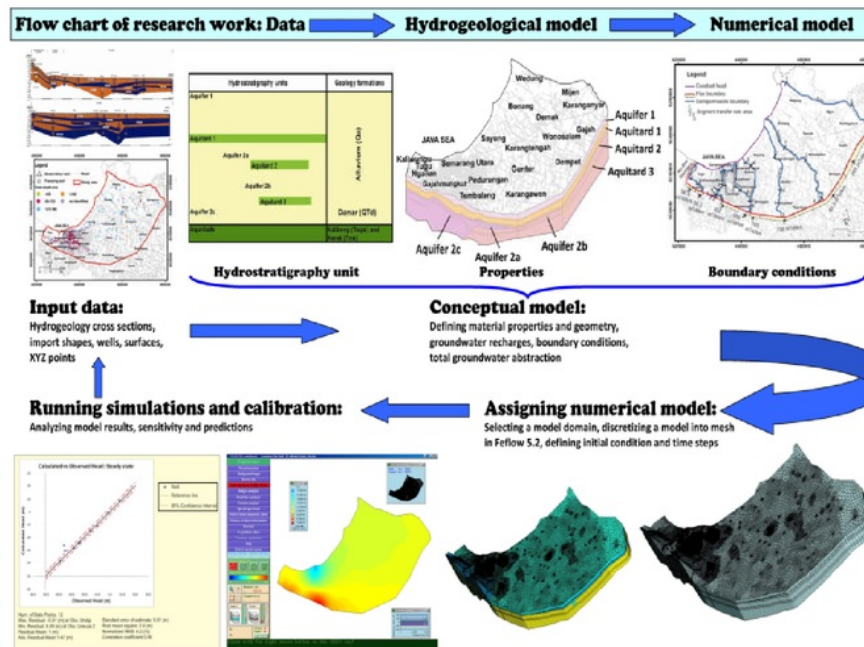
**Gambar 4.** Peta geologi regional daerah penelitian (modifikasi warna dan penyederhanaan untuk untuk batuan vulkanik (Qvu dan Ovm) Thanden dkk.. 1996; Sukardi dan Budhitriska, 1992; Suwarta dan Wikarno, 1992) dikutip dalam Putranto, 2013



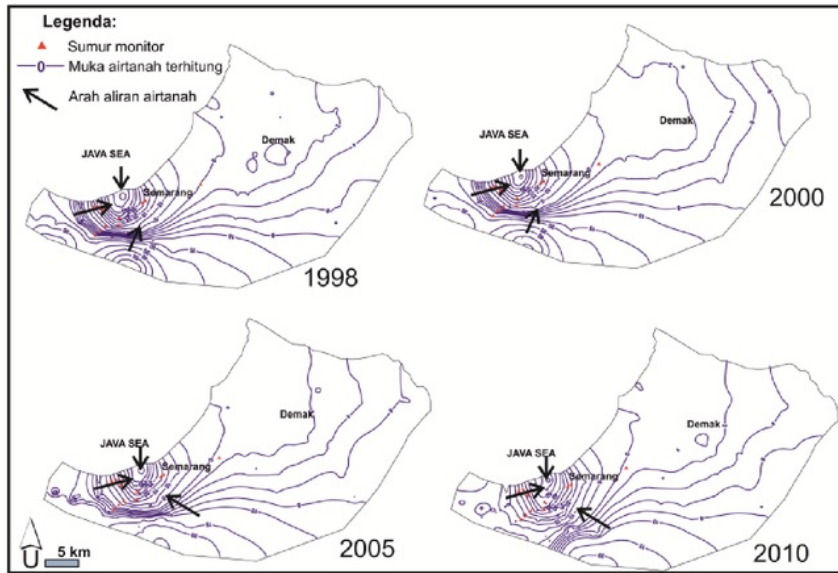
**Gambar 5.** Diagram alir penelitian pemodelan aliran airtanah



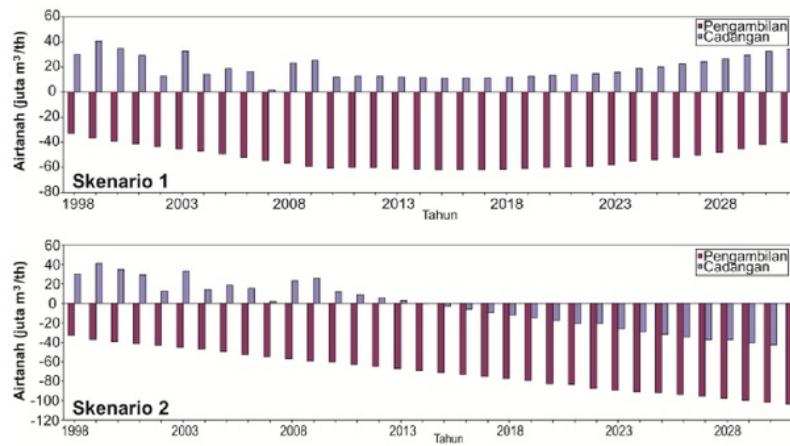
Gambar 6. Penurunan muka airtanah dalam (Dahrin dkk., 2007)



Gambar 7. Hasil tahapan penelitian (Putranto, 2013)



**Gambar 8.** Muka airtanah dalam periode 1998-2010



**Gambar 9.** Skenario pemodelan akhir tanah di Kota Semarang (Putranto, 2013)

ORIGINALITY REPORT

---

**12%**

SIMILARITY INDEX

**11%**

INTERNET SOURCES

**7%**

PUBLICATIONS

**5%**

STUDENT PAPERS

---

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

---

2%

★ **es.scribd.com**

Internet Source

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

# untuk\_mengatasi\_permasalahan\_lingkungan\_studi\_kasus\_sen

---

## GRADEMARK REPORT

---

FINAL GRADE

**/0**

GENERAL COMMENTS

**Instructor**

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---