

## KAJIAN KONDISI LAHAN BERDASARKAN INDEKS KONSERVASI DI WILAYAH PENGEMBANGAN JALANCAGAK KABUPATEN SUBANG

Hilda Lestiana<sup>1</sup>, Rizka Maria<sup>1</sup>, Asep Mulyono<sup>2</sup>, Dedi Mulyadi<sup>1</sup>, Sukristiyanti<sup>1</sup>, dan Afnindar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135  
E-mail: hilda@geotek.lipi.go.id

<sup>2</sup>UPT Loka Uji Teknik Penambangan dan Mitigasi Bencana Liwa

### Abstrak

Wilayah Pengembangan (WP) Jalancagak adalah sebagai pusat pengembangan wisata, perkebunan, perikanan air tawar dan produksi buah-buahan di Kabupaten Subang. Wilayah pengembangan ini dengan pusat kota Jalancagak meliputi kecamatan Jalancagak, Sagalaherang, Cisalak, Tanjungsiang dan Cijambe. Menurut sistem permukiman perkotaan yang diarahkan untuk meningkatkan fungsi pelayanan perkotaan, secara hirarkis kota Jalancagak merupakan pusat kegiatan pariwisata, pusat pelayanan kesehatan, pusat jasa perekonomian, pusat pendidikan menengah dan tinggi dan permukiman perkotaan. Oleh karena itu WP Jalancagak memiliki resiko pada perusakan kondisi alaminya. Indeks Konservasi (IK) adalah suatu koefisien yang menunjukkan kemampuan suatu wilayah untuk menyerap air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan menjadi imbuhan air tanah yang dihitung berdasarkan variabel curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan dan penggunaan lahan. Dalam penilaiannya indeks ini terdiri dari Indeks Konservasi alami dan Indeks Konservasi Aktual. Faktor yang membedakan kondisi alami dan aktual adalah pada jenis penggunaan lahannya. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dikaji bagaimana perubahan penggunaan lahan mempengaruhi nilai kekritisan lahan resapan air tanahnya di WP Jalancagak. Hasil menunjukkan bahwa pada kurun waktu 10 tahun (1999-2009) telah terjadi pengurangan luas hutan (6.05%) dan tegalan (21.09%), penambahan luas pemukiman (3.42%), sawah (1.73%) dan kebun (22.79%). Hal tersebut telah mengakibatkan berkurangnya luas lahan kelas sesuai (-8%) dan bertambahnya luas lahan kelas kritis (4%), meskipun terdapat pula bertambahnya kesesuaian lahan kelas baik (4%). Perubahan tutupan lahan di Wilayah Pengembangan Jalancagak telah mengakibatkan kecenderungan bertambahnya kondisi kekritisan lahan resapan air tanah sehingga perlu dipantau agar penurunan kondisi tersebut tidak semakin besar.

**Kata kunci:** Wilayah Pengembangan (WP), Jalancagak, Indeks Konservasi, penggunaan lahan, kekritisan lahan

### PENDAHULUAN

Berdasarkan morfologinya, wilayah Kabupaten Subang terbagi menjadi 3 bagian, yakni wilayah selatan, wilayah tengah dan wilayah utara. Bagian selatan wilayah Kabupaten Subang terdiri atas dataran tinggi/pegunungan. Bagian tengah wilayah kabupaten Subang berupa dataran, sedangkan bagian utara merupakan dataran rendah yang mengarah langsung ke Laut Jawa. Sebagian besar wilayah pada bagian selatan kabupaten Subang berupa perkebunan, baik perkebunan negara maupun perkebunan rakyat, hutan dan lokasi pariwisata.

Wilayah Pengembangan (WP) Jalancagak adalah pusat pengembangan wisata, perkebunan, perikanan air tawar dan produksi buah-buahan di Kabupaten Subang. Wilayah pengembangan ini dengan pusat kota Jalancagak meliputi kecamatan Jalancagak, Sagalaherang, Cisalak, Tanjungsiang dan Cijambe. Menurut sistem permukiman perkotaan yang diarahkan untuk meningkatkan fungsi pelayanan perkotaan, secara hirarkis kota Jalancagak merupakan pusat kegiatan pariwisata, pusat pelayanan kesehatan, pusat jasa perekonomian, pusat pendidikan menengah dan tinggi dan permukiman perkotaan.

Kecamatan-kecamatan yang berada pada WP Jalancagak merupakan kawasan-kawasan yang penting dimana beberapa kecamatan termasuk ke dalam kawasan resapan air, kawasan lindung, kawasan cagar alam, kawasan suaka margasatwa, kawasan taman wisata alam, kawasan lindung sempadan sungai dan

kawasan sumber mata air. Hal ini tentu harus mendapat perhatian yang lebih, agar pembangunan di kawasan tersebut memperhatikan kelestariannya.

Masalah penurunan kualitas lahan dan lingkungan sangat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas penduduk dalam mengelola lahannya. Dimana secara alami pertumbuhan penduduk biasanya diikuti dengan perkembangan lahan terbangun. Oleh karena itu di WP Jalancagak dimungkinkan terjadi perubahan tutupan lahan, sehingga memiliki resiko pada perusakan kondisi alaminya.

## TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mengkaji bagaimana perubahan penggunaan lahan mempengaruhi nilai kekritisan lahan dalam meresapkan air ke bawah permukaan tanah di WP Jalancagak.

## METODOLOGI

Indeks Konservasi (IK) adalah suatu koefisien yang menunjukkan kemampuan suatu wilayah untuk menyerap air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan menjadi imbuhan air tanah yang dihitung berdasarkan variabel curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan dan penggunaan lahan. Dalam penilaiannya indeks ini terdiri dari Indeks Konservasi Alami ( $IK_A$ ) dan Indeks Konservasi Aktual ( $IK_C$ ). Faktor yang membedakan kondisi alami dan aktual adalah pada jenis penggunaan lahannya (Sabar, 2007).

Penilaian terhadap kondisi lahan dilakukan dengan cara menganalisis terhadap kondisi aktual serta perubahannya terhadap kondisi alaminya (Tabel 1).

**Tabel 1.** Kriteria analisis perubahan kondisi aktual terhadap kondisi alami

Analisis	Parameter
Sangat baik	$IK_C > \text{dua kelas atau lebih dari } IK_A$
Baik	$IK_C > \text{satu kelas dari } IK_A$
Sedang (normal)	$IK_C = IK_A$
Kritis	$IK_C < \text{satu kelas dari } IK_A$
Sangat Kritis	$IK_C < \text{dua kelas atau lebih dari } IK_A$

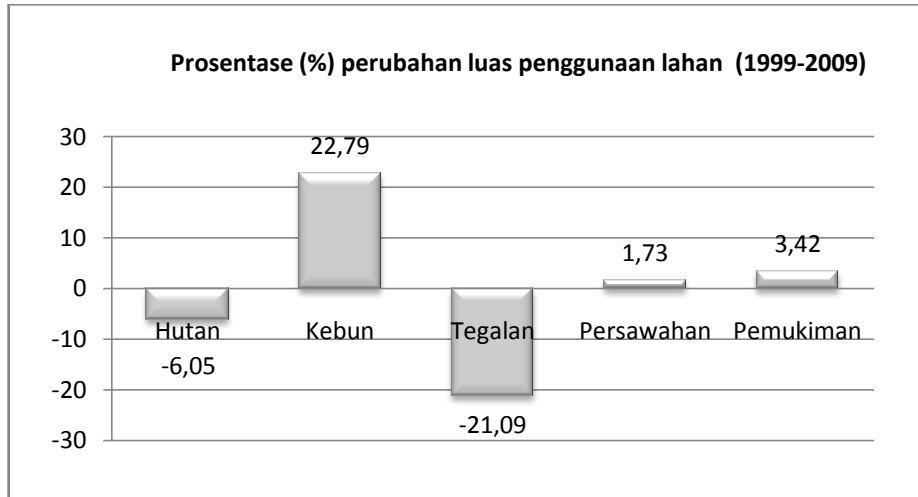
Kajian perubahan indeks konservasi dilakukan dengan memperhitungkan dua tahun yang berbeda yaitu tahun 1999 dan tahun 2009. Perhitungan indeks konservasi alami dilakukan dengan memperhitungkan bobot-bobot dari faktor curah hujan tahunan pada tahun yang bersangkutan, kemiringan lereng, jenis tanah dan jenis batuan. Sedangkan untuk indeks aktual ditambahkan faktor penggunaan lahan pada tahun yang bersangkutan. Data curah hujan dihitung berdasarkan empat stasiun curah hujan di sekitar lokasi penelitian. Kemiringan lereng merupakan hasil ekstraksi dari peta kontur yang diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25000. Jenis tanah diperoleh dari hasil pengambilan sampel tanah di lapangan dengan mengacu pada peta tanah Kabupaten Subang skala 1:250000 yang dikeluarkan oleh Puslittanak. Jenis batuan merupakan hasil pengamatan lapangan yang mengacu pada peta Geologi yang dikeluarkan oleh Pusat Survey Geologi skala 1:100000. Luas penggunaan lahan pada tahun 1999 diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia tahun 2004 yang mengacu pada penggunaan lahan pada tahun 1999, sedangkan untuk tahun 2009 dilakukan interpretasi secara visual terhadap citra satelit ALOS dengan sensor AVNIR (panjang gelombang cahaya tampak dan infra merah) akuisisi tanggal 29 Juli 2009 dan PRISM (Pankromatik) akuisisi tanggal 30 Juni 2009. Perhitungan bobot secara spasial dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SIG.

Dari semua faktor penyusun indeks konservasi, faktor yang kemungkinan berubah relatif cepat sejalan dengan waktu adalah penggunaan lahan. Faktor kemiringan lereng, jenis tanah dan jenis batuan dapat dianggap tetap. Sedangkan faktor curah hujan dapat berubah, misalnya perubahan yang dipengaruhi oleh

perubahan iklim global maupun perubahan mikro-iklim atau lokal akibat perubahan lingkungan sekitar, namun perubahannya relatif lambat.

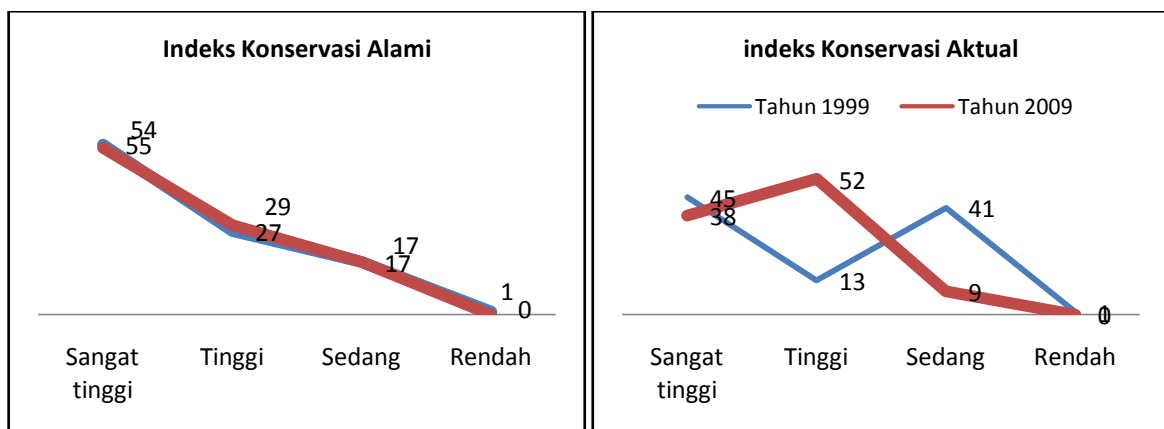
## HASIL

Dari hasil perhitungan perubahan luas penggunaan lahan di WP jalancagak diperoleh besarnya perubahan pada kurun waktu 10 tahun (1999-2009), yaitu pengurangan luas hutan (6.05%) dan tegalan (21.09%), penambahan luas pemukiman (3.42%), sawah (1.73%) dan kebun (22.79%) (Gambar1).



**Gambar 1.** Grafik prosentase perubahan penggunaan lahan kurun waktu 1999-2009 di WP Jalancagak

Hasil perhitungan indeks konservasi alami dan aktual kesesuaian lahan di daerah WP Jalancagak adalah seperti pada Gambar 2. Perubahan nilai indeks konservasi alami untuk wilayah studi selama kurun waktu 10 tahun sangat sedikit mengalami perubahan, atau dapat dikatakan tetap. Sedangkan indeks konservasi aktual mengalami pergeseran kelas yang cukup signifikan.



**Gambar 2.** Perbandingan perubahan nilai indeks konservasi alami (kiri) dan indeks konservasi actual (kanan) pada tahun 1999 dan 2009

Perubahan lahan tersebut telah mengakibatkan berkurangnya luas lahan kelas sesuai (-8%) dan bertambahnya luas lahan kelas kritis (4%), meskipun terdapat pula bertambahnya kesesuaian lahan kelas baik (4%) (Tabel 2).

**Tabel 2.** Perubahan kondisi kawasan resapan berdasarkan hasil perhitungan indeks konservasi

Kawasan Resapan	Tahun 1999		Tahun 2009		Perubahan
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	%
Baik	30.03	7	46.98	11	4
Sesuai	323.16	78	288.62	69	-8
Kritis	62.42	-15	79.84	-19	-4

### ANALISIS / DISKUSI

Dari hasil perhitungan perubahan penggunaan lahan selama kurun waktu 10 tahun, sebagai akibat dari tujuan wilayah pengembangan di Jalancagak sebagai pusat pengembangan wisata, perkebunan, perikanan air tawar dan produksi buah-buahan di Kabupaten Subang serta berfungsi sebagai pusat pelayanan perkotaan maka di Wilayah Pengembangan Jalancagak telah mengalami penambahan luas pada kelas kebun, sawah dan pemukiman, hal tersebut berakibat pada berkurangnya daerah hutan dan tegalan.

Jika ditinjau dari indeks konservasi secara alami, maka yang mengalami perubahan adalah faktor curah hujan. Hal ini dapat dilihat sejauh mana pengaruh dari perubahan iklim terhadap kondisi alaminya. Dari hasil perhitungan indeks konservasi alami selama kurun waktu 10 tahun, dapat dikatakan bahwa kondisinya tidak mengalami perubahan. Artinya perubahan nilai curah hujan tidak berpengaruh pada kondisi alami lahan di Wilayah Pengembangan Jalancagak.

Jika ditinjau dari indeks konservasi aktual, perubahan penggunaan lahan di Wilayah Pengembangan Jalancagak telah mengakibatkan kecenderungan bertambahnya kondisi kekritisan lahan resapan air tanah di Wilayah Pengembangan Jalancagak. Sehingga faktor antropogenik berpengaruh pada kondisi lahannya. Meskipun perubahan kondisi lahan tidak berubah secara drastis, akan tetapi dilihat dari nilainya memiliki kecenderungan penurunan maka perlu dipantau agar penurunan kondisi kesesuaian lahan resapan air tanah tidak semakin besar.

### KESIMPULAN

Perubahan tutupan lahan di Wilayah Pengembangan Jalancagak telah mengakibatkan kecenderungan menurunnya kondisi kesesuaian lahan resapan air tanah sehingga perlu dipantau agar penurunan kondisi kesesuaian lahan resapan air tanah tidak semakin besar.

Kondisi lahan di Wilayah Pengembangan Jalancagak secara umum masih dalam kondisi yang baik, akan tetapi Pemerintah daerah perlu menjaga agar penurunan kesesuaian lahan di daerah tersebut tidak semakin bertambah.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusun mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelenggaraan kegiatan penelitian ini. Rekan-rekan teknisi Laboratorium GIS: Bapak Adde Tatang, Bapak Pipih, Bapak Fuad Firmansyah atas bantuannya dalam pengolahan data di studio. Juga Rekan Adymas Putra dan Bapak Aep Sofyan yang telah membantu dalam pengambilan sampel tanah di lapangan.

### DAFTAR PUSTAKA

Sabar, Arwin, 1998. *Indeks Konservasi sebagai Instrumen Pengendalian Pemanfaatan Ruang di Kawasan Bapojur dalam Rangka Rancangan Kepres*. Teknik Lingkungan. ITB.

# PENENTUAN DAERAH RESAPAN DAN LEPASAN AIRTANAH DI WILAYAH SEMARANG BERDASARKAN DATA TEMPERATUR

Sudaryanto<sup>1</sup>, Robert Delinom<sup>1</sup>, Dadan Suherman<sup>1</sup>, dan Rachmat Fajar Lubis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135  
E-mail: sudaryanto@geotek.lipi.go.id

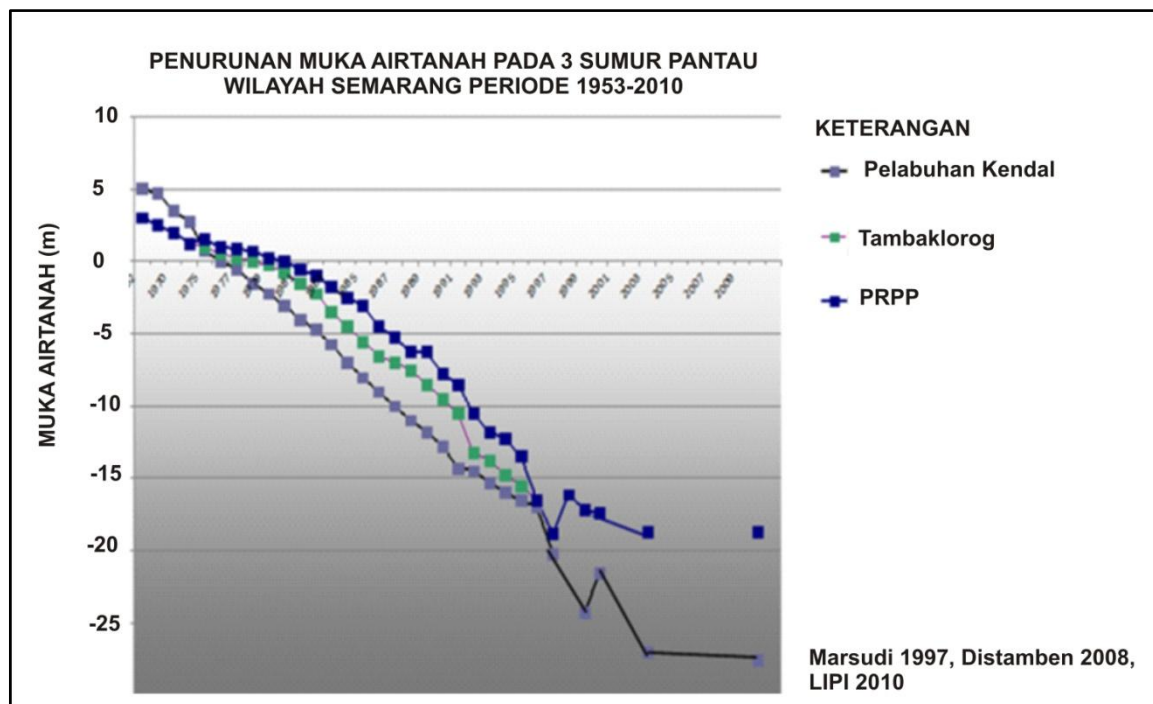
## Abstrak

Penggunaan data temperatur airtanah untuk mengetahui arah aliran dan kecepatan aliran airtanah merupakan suatu metode yang baru dikembangkan di Indonesia. Data temperatur airtanah dapat digunakan sebagai unsur penjejak alami, analisa daerah resapan dan lepasan dalam cekungan airtanah. Makalah ini mencoba mengaplikasikan metode ini untuk pemahaman pola airtanah di wilayah Semarang dan sekitarnya. Pengukuran dilakukan pada 15 sumur pantau yang tersebar di wilayah ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah kota Semarang merupakan daerah lepasan airtanah. Hal ini berkorelasi dengan tingkat pengambilan airtanah dan faktor geologi yang mempengaruhi di wilayah ini.

**Kata kunci:** Temperatur bawah permukaan, aliran airtanah, daerah resapan dan lepasan, Semarang.

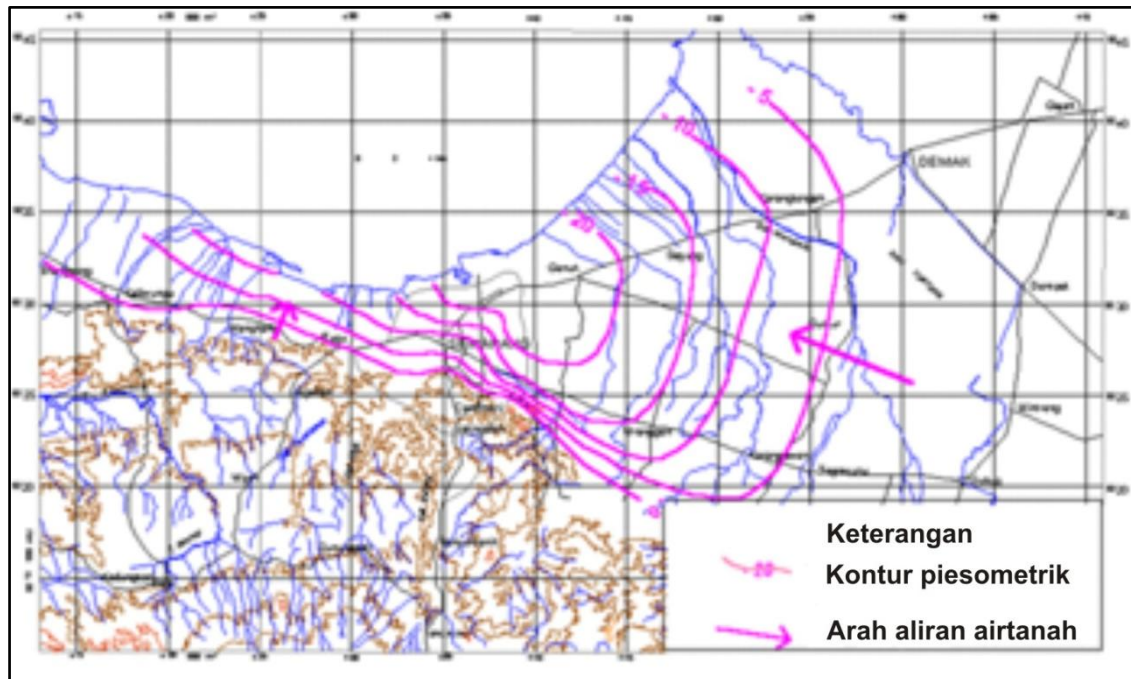
## PENDAHULUAN

Penduduk Kota Semarang pada tahun 2009 berjumlah 1.506.924 jiwa (Semarang dalam angka, 2010). Seiring dengan kecepatan pembangunan di daerah kota Semarang dan sekitarnya, pemanfaatan air bawah tanah menunjukkan kecenderungan peningkatan dari tahun ke tahun (Purnama dkk., 2006) dan eksploitasi airtanah sebagai alternatif sumber air bersih telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Bahri (2009) menyatakan bahwa pengambilan airtanah di kota Semarang mencapai 17,4 juta m<sup>3</sup> setiap tahunnya dan terkonsentrasi di daerah Semarang Utara. Dampak yang timbul dari kegiatan ini antara lain terjadinya krisis airtanah yang ditandai dengan penurunan muka airtanah yang terekam pada sumur-sumur pantau yang ada di wilayah Semarang (Gambar 1). Penurunan muka airtanah tersebut dapat mengakibatkan perubahan pola aliran airtanah.



Gambar 1. Penurunan muka airtanah di wilayah Semarang.

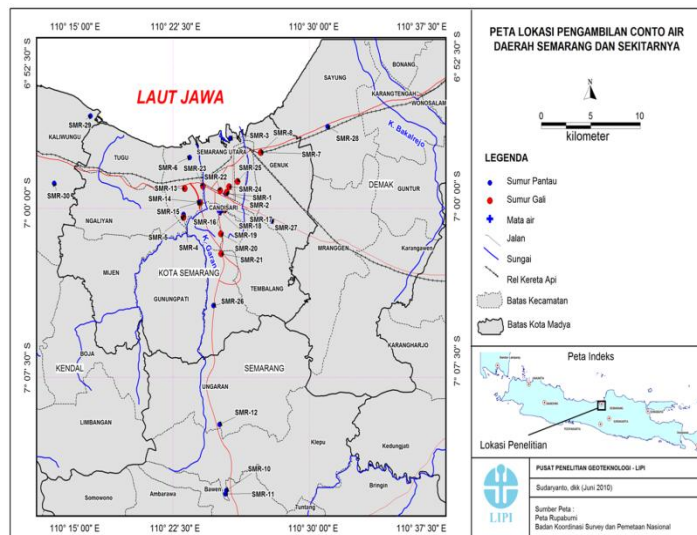
Murdohardono dkk (2007), telah melakukan pemetaan kondisi airtanah tertekan sumur-sumur pantau pada tahun 2000 (Gambar 2). Dalam sebaran peta ini dapat dilihat bahwa arah aliran airtanah adalah Selatan menuju Utara di arah Barat dan Tenggara menuju Barat Laut di daerah Timur penelitian. Pola aliran airtanah ini mengikuti sistem gravitasi dan bermuara di laut Jawa yang terletak di daerah Utara wilayah Semarang. Penelitian ini mencoba melihat dampak yang terjadi pada pola aliran airtanah saat ini dengan menggunakan pendekatan pengukuran temperatur airtanah



**Gambar 2.** Pola aliran airtanah Semarang pada tahun 2000 (Murdohardono dkk, 2007)

#### LOKASI PENELITIAN

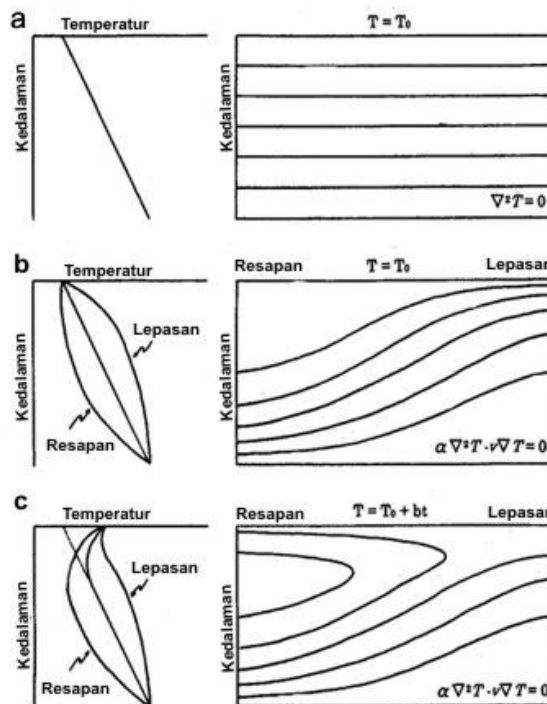
Lokasi penelitian dilakukan di Kota Semarang yang secara geografis terletak antara  $6^{\circ}50'' - 7^{\circ}10''$ LS serta antara  $109^{\circ}35'' - 110^{\circ}50''$  BT. Secara administratif di sebelah utara dibatasi oleh laut Jawa, di sebelah selatan oleh Kabupaten Semarang, di sebelah barat oleh Kabupaten Kendal dan di sebelah timur oleh Kabupaten Demak. Ditinjau dari keadaan topografi daerah Semarang pada bagian utara hingga pantai merupakan dataran rendah, sedangkan di bagian selatan merupakan perbukitan. Kota Semarang meliputi luas wilayah  $373,70 \text{ km}^2$ . Pengukuran dilakukan pada 15 sumur pantau di wilayah Semarang dan sekitarnya yang secara administratif merupakan bagian dari wilayah Kota Semarang, Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 3).



**Gambar 3.** Peta sebaran sumur pantau yang menjadi lokasi pengambilan data temperatur airtanah.

**METODOLOGI**

Untuk menentukan apakah suatu sumur mempunyai tipe resapan atau lepasan, Lubis (2008) menyatakan untuk wilayah tropis seperti Indonesia, daerah resapan dicirikan oleh grafik suhu terhadap kedalaman yang berbentuk cekung sedangkan daerah lepasan dicirikan oleh kurva yang berbentuk cembung (Gambar 4). Dengan mengaplikasikan model pada data sebaran suhu bawah permukaan terukur, maka diharapkan metode ini dapat menentukan daerah resapan (*recharge*) dan lepasan (*discharge*) airtanah.



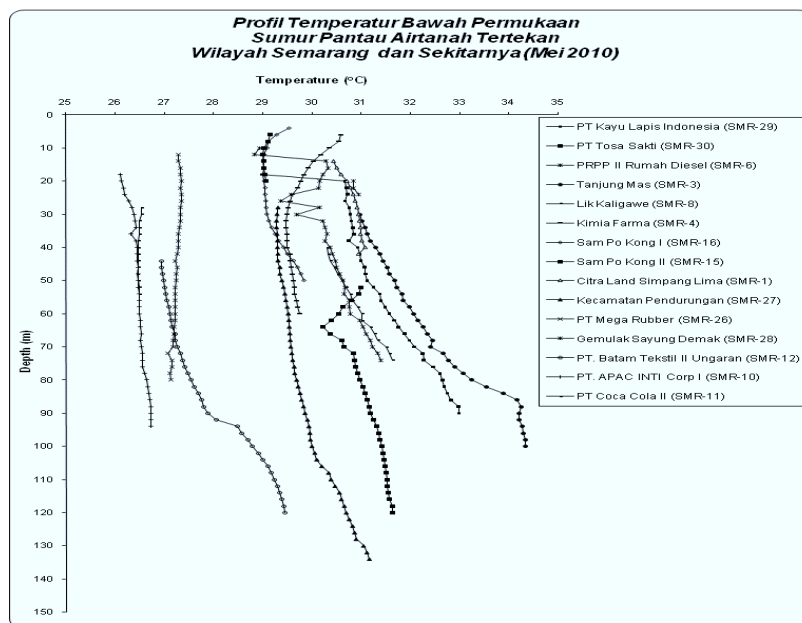
**Gambar 4.** Berbagai kondisi yang menjelaskan antara hubungan sebaran temperatur dengan pola aliran airtanah. Dalam gambar a) dalam kondisi bawah permukaan yang homogen tanpa adanya aliran fluida temperature akan bertambah secara linier dengan kedalaman. Gambar b) menunjukkan adanya aliran airtanah akan merubah pola aliran airtanah dimana pola sebaran temperatur akan cembung pada daerah lepasan airtanah (*discharge*) dan cekung pada daerah resapan airtanah (*recharge*). Sedangkan gambar c) menunjukkan adanya perubahan pada gradien temperatur didekat permukaan, apabila terdapat faktor lain yang mempengaruhi sebaran temperatur selain daripada aliran airtanah.

Alternatif lainnya, Bredehoft dan Papadopoulos (1965) menggunakan nilai beta (*pecllet number*) untuk menentukan apakah airtanah bergerak ke atas (*upward*) atau ke bawah (*downward*). Namun untuk mendapatkan nilai beta haruslah didapat data suhu pada bagian atas akifer (*uppermost temperature*) serta suhu pada bagian bawah akifer (*lowermost temperature*). Dalam penelitian ini, agak sulit untuk mendapatkan data ini karena pengukuran suhu pada sumur tidak memiliki data pemasangan saringan pada masing-masing sumur. Pendekatan untuk mendapatkan nilai beta yang digunakan adalah data gradien termal, grafik kedalaman terhadap gradien temperatur, serta grafik suhu terhadap gradien termal untuk penentuan zona resapan dan lepasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran pada 15 sumur pantau di wilayah kota Semarang dan sekitarnya didapatkan sumur pantau terdalam adalah sumur yang berlokasi di Kecamatan Pendurungan dengan kedalaman terukur 134 meter dan sumur ter dangkal adalah sumur Sam Po Kong II dengan kedalaman 20 meter (Gambar 5).

Hasil pengukuran temperatur grafik suhu terhadap kedalaman memberikan beberapa hasil yang bervariasi (Gambar 5). Perbedaan sistem aliran panas ini dapat dikelompokkan menjadi 2 sistem/rejim aliran panas pada wilayah penelitian. Sistem pertama adalah sistem aliran panas pada wilayah Ungaran, Kabupaten Semarang dengan kisaran aliran temperatur 25-29°C (data pada sumur pantau PT Mega Rubber, PT Batam Tekstil II, PT APAC Inti Corp II dan PT Coca-cola II) sedangkan sistem kedua adalah sistem aliran panas pada wilayah dataran aluvial Kota Semarang dan sekitarnya.



**Gambar 5.** Kumpulan data temperatur-kedalaman pada sumur pantau di wilayah Semarang dan sekitarnya.

Hasil perhitungan grafik suhu terhadap gradien suhu mengacu kepada persamaan yang dikemukakan oleh Mansure dan Ritter (1979) dengan interpretasi yang dikemukakan oleh Dim (2002) dan Lubis (2008) menunjukkan karakteristik masing-masing sumur pantau sebagai berikut :



**Tabel 1.** Jenis aliran pada sumur pantau di wilayah Semarang berdasarkan analisa temperatur

No	Nama Sumur Pantau	Kode Sumur	Slope (nilai $\beta$ )	Jenis Aliran	Keterangan Jenis Sumur
1	PT. Kayu Lapis Indonesia	SMR-29	Positif	Downward	Resapan
2	PT Tosa Sakti	SMR-30	Nol-negatif	Stabil - upward	
3	PRPP II Rumah Diesel	SMR-6	-	-	Sumur rusak
4	Tanjung Mas	SMR-3	Positif	Downward	Resapan
5	Lik Kaligawe	SMR-8	Positif	Downward	Resapan
6	Kimia Farma	SMR-4	Positif	Downward	Resapan
7	Sam Po Kong I	SMR-16	Positif	Downward	Resapan
8	Sam Po Kong II	SMR-15	-	-	Sumur pantau airtanah bebas
9	Citra Land Simpang Lima	SMR-1	Nol-negatif	Stabil - upward	
10	Kecamatan Pendurungan	SMR- 27	Positif	Downward	Resapan
11	PT Mega Rubber	SMR-26	Nol	Tidak ada aliran	
12	Gemulak Sayung Demak	SMR-28	Positif	Downward	Resapan
13	PT. Batam Tekstil II Ungaran	SMR-12	Positif	Downward	Resapan
14	PT APAC Inti Corp I Ungaran	SMR-10	Negatif	Upward	Lepasan
15	PT Coca Cola II Ungaran	SMR-11	Positif	Downward	Resapan

Berdasarkan data Tabel 1, dapat dilihat bahwa eksploitasi airtanah di wilayah Semarang dan sekitarnya telah melampaui batas toleransi maksimum, hal ini dicirikan dengan karakter umum sumur pantau yang tersebar di wilayah eksploitasi lepasan airtanah akan tetapi memiliki jenis aliran sistem aliran airtanah di wilayah resapan.

## KESIMPULAN

Penentuan daerah resapan (*discharge area*) dan daerah lepasan (*discharge area*) sistem aliran airtanah dapat didekati dengan menggunakan metode analisa temperatur. Berdasarkan aplikasi metode ini di wilayah kota Semarang, dapat dilihat bahwa pola aliran airtanah di wilayah kota mencirikan pola daerah resapan airtanah. Pola ini berbeda dengan pola hasil pengukuran pada tahun 2000 yang menunjukkan bahwa wilayah kota Semarang merupakan daerah lepasan airtanah. Perubahan pola ini diduga diakibatkan oleh pengambilan airtanah yang berlebih di wilayah ini.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang tiada terhingga kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Pejabat Pembuat Komitmen DIPA-2011, semua pimpinan dan staff di Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI sehingga penelitian ini berlangsung dengan lancar. Pemerintah Daerah dan Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral (DESDM) Provinsi Jawa Tengah yang telah mengizinkan penelitian ini. Serta berbagai pihak yang telah membantu terselenggaranya penelitian ini selama di lapangan dan laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2010. *Kota Semarang dalam angka tahun 2009*. Bappeda dan Badan Pusat Statistik Kota Semarang.
- Bahri, M., 2009. *Perlunya Pengawasan Pengambilan Air Bawah Tanah (ABT)*. [http:// www.semarang.go.id/cms/](http://www.semarang.go.id/cms/).
- Bredehoeft J.D, Papadopoulos I.S., 1965. *Rates of Vertical groundwater movement estimated from the Earth's thermal profile*. *Water Resources Research Journal* 1: 325-328.

- 
- Dim, J.R., Miyakoshi, A., Sakura, Y., Fukami, K., 2000. *Thermal Analysis for Groundwater Flow Assessment in a Sedimentary Basin of Japan, Grounwater Past Achievement and Future Challenges*. Balkema, Rotterdam.
- Lubis R.F, Sakura Y, Delinom R, 2008. *Groundwater recharge and discharge processes in the Jakarta groundwater basin, Indonesia*. Hydrogeology Journal 16: 927-938. Springer-Verlag
- Murdohardono D., Tobing T. M.H.L. dan Sayekti A., 2007. *Over Pumping of Groundwater as the Cause of sea Water Inundation in Semarang City*. Prosiding dari Seminar Internasional "Groundwater Management and Related Water Resources in East and Southeast Asia Region", Desember. Denpasar, Bali
- Mansure, A.J., & Reiter), 1979. *A vertical groundwater movement correction for heat flow*. Geophysical Research J. 84 (B7).
- Purnama, S., Kurniawan, A. dan Sudaryatno, 2009. *Model Konservasi Airtanah di Dataran Pantai Kota Semarang*. Forum Geografi, Vol.20, No.2.