

APLIKASI WEB-SIG UNTUK KOLABORASI ANTAR STAKEHOLDER DALAM PENGELOLAAN AIRTANAH DI KABUPATEN KARANGANYAR

(Web-based GIS Application for Stakeholders Collaboration of Groundwater Management at Karanganyar Regency)

Yuli Priyana, Jumadi dan Agus Anggoro Sigit

Fakultas Geografi

Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: yuli.priyana@ums.ac.id

Abstract

This research aims to develop a spatial application for groundwater resource management at Karanganyar Regency. The system development methodology from Whitten and Bentley (2007) was used in this research which consist of several steps namely 1) system initiation, 2) system analysis, 3) system design, and 4) system implementation. We discussed with the stakeholders from Karanganyar Regency which came from various related agencies to initiate the system development followed by a focus group discussion (FGD) to analyze the system. Computational design and experiment were conducted to design the system prototype. Finally, we implement the system in the regency. The result shows that the system is complex not only due to the managerial procedures but also the number of involved users (stakeholder) in the system. To address the emerged requirements from the FGD, we propose and develop a web-based GIS application with current open source technology and Google Map API which can be used for collaboration among stakeholders as well as for supporting the decision support purpose in the groundwater management. Currently, the prototype of the application is available at <http://geografi.ums.ac.id/air-tanah/>.

Keywords: groundwater management, Web-GIS, collaborati

Pendahuluan

Airtanah merupakan salah satu sumberdaya penting bagi kehidupan manusia. Seiring pesatnya pertumbuhan wilayah, maka kebutuhan untuk eksploitasi airtanah juga mengalami peningkatan (Santosa dan Adji, 2007; Sudarmadji, 2006). Sehingga diperlukan upaya untuk mengelola sumberdaya ini agar dapat dilestarikan keberadaanya.

Salah satu upaya menjaga kelestarian (*sustainability*) airtanah adalah dengan melakukan pengelolaan secara seksama mempertimbangkan berbagai komponen wilayah termasuk komponen fisik maupun komponen masyarakat. Komponen fisik terkait dengan daya dukung lingkungan terhadap keberadaan airtanah (*eksistensi*), sedangkan komponen masyarakat terkait dengan pola,

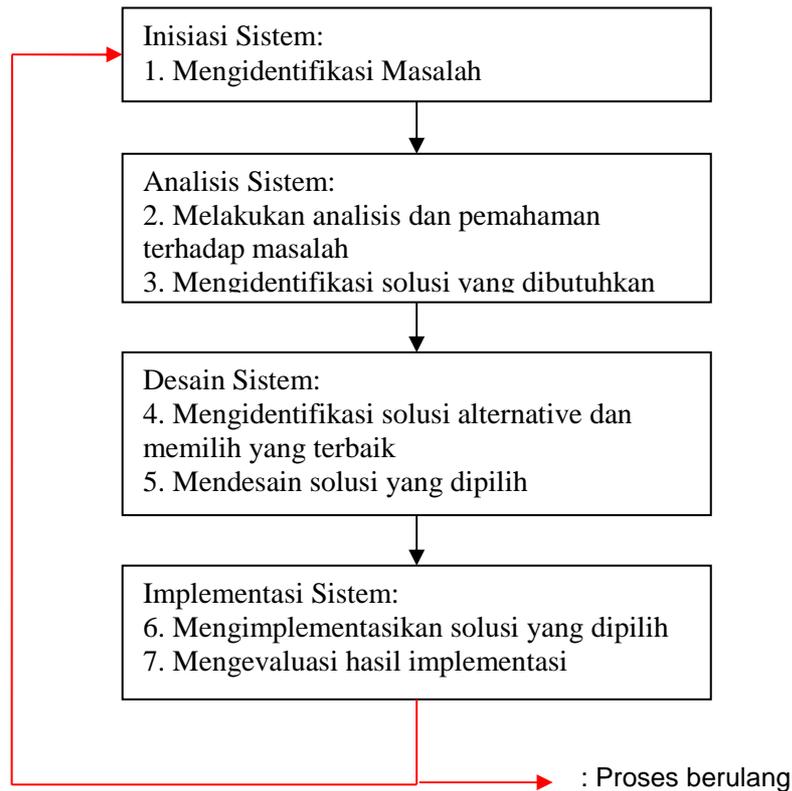
intensitas, metode, dan jumlah pengambilan airtanah serta upaya konservasi maupun tindakan yang merugikan terhadap upaya konservasinya.

Komponen fisik yang terkait dengan keberadaan airtanah antara lain: curah hujan, kondisi geologi, kondisi geomorfologi, kondisi geohidrologi, keberadaan cekungan airtanah dan penggunaan lahan di suatu wilayah. Secara umum komponen – komponen tersebut relatif tetap kondisinya dalam mempengaruhi eksistensi airtanah (Jumadi dan Widiyadi, 2009). Adapun faktor masyarakat adalah faktor yang banyak mempengaruhi berkurangnya daya dukung lingkungan terhadap keberadaan airtanah. Misalnya eksplorasi yang berlebihan, pengrusakan lingkungan di wilayah imbuhan (*recharge area*), pencemaran lingkungan maupun pengambilan airtanah yang tidak sesuai

Secara administratif wilayah penelitian memiliki batas-batas sebagai berikut: (1) sebelah Utara: Kabupaten Sragen, (2) sebelah Timur: Propinsi Jawa Timur, (3) sebelah selatan: Kabupaten Wonogiri dan Kabupaten Sukoharjo, (4) Sebelah Barat: Kota Surakarta dan Kabupaten Boyolali. Secara detail mengenai gambaran Kabupaten Karanganyar dapat dilihat pada gambar berikut.

Tahapan Penelitian

Tahapan pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model pembangunan sistem yang dikembangkan oleh Whitten dan Bentley (2007), antara lain: 1) inisiasi sistem, 2) analisis sistem, 3) desain sistem, 4) implementasi sistem (Gambar 2)



Sumber: Whitten dan Bentley, 2007 (dengan modifikasi)
Gambar 1. Tahapan Pembangunan Sistem

Penggunaan Software dalam Desain Sistem

Proses penyusunan program (*coding*) meliputi penyusunan *script* PHP untuk menampilkan pemodelan spasial dan non spasial yang melibatkan beberapa program penting, antara lain:

1. Perangkat lunak untuk design sistem:
 - a. Visual Paradigm for UML Community Edition
2. Perangkat lunak untuk desain basis data:
 - a. Quantum GIS Qapiapo, untuk pengolahan dan migrasi data shapefile ke RDBMS.
3. Perangkat lunak yang berjalan di *server* (*server-side*), antara lain:
 - a. MySQL spatial, berfungsi sebagai sistem basis data yang menyimpan baik data spasial maupun data non-spasial.
 - b. Apache, merupakan software yang berfungsi sebagai *server* web.
 - c. PHP, untuk *web-programming platform* dan konversi RDBMS ke *Geographic Markup Language* (GML).
4. Perangkat lunak yang berjalan di *client* (*client-side*), antara lain:
 - a. Internet Browser (Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, dan lain-lain), digunakan untuk browsing aplikasi.
 - b. OpenLayers 2.2 untuk visualisasi data spasial.
 - c. Google Map API untuk menyediakan peta dasar.
 - d. Java untuk membuat visualisasi profil sumur yang dikembangkan dari Jumadi dan Widiyadi (2009).

Perancangan dan Penyusunan Basisdata

Basisdata yang digunakan dalam aplikasi ini dibagi menjadi dua sub basisdata, antara lain: sub basisdata spasial dan sub basisdata non-spasial. Basisdata spasial terdiri atas

data primer dan data sekunder. Untuk mengidentifikasi data tersebut dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi tema dan data yang berpotensi untuk digunakan
- Pengumpulan data
- Kolasi data dan pemasukan data ke Sistem Informasi Geografis
- Pengembangan kelompok data dan *workspace* secara kategorik

Pengembangan basis data spasial dalam penelitian ini mengikuti tahapan yang disampaikan oleh Nyerges (2011), setiap tahap sebagai berikut: (1) Desain Konseptual Model Database, produk dari tahap desain konseptual dalam desain database membantu analis dan stakeholder melaksanakan diskusi tentang apa maksud dan arti dari data yang diperlukan untuk memperoleh informasi, menempatkan informasi bahwa dalam konteks bukti dan penciptaan pengetahuan. Artinya, kedua kelompok ingin mendapatkan itu "benar" sedini mungkin dalam proyek ini. (2) Desain Logical, pengolahan data yang akan dilakukan pada spasial, atribut, dan tipe data sementara secara individual maupun kolektif memperoleh informasi (dari data) untuk memenuhi langkah 1. Operasi tersebut memperjelas kebutuhan desain logis. (3) Desain Fisik, menentukan field data, nilai yang valid dan rentang untuk semua domain, termasuk domain kode fitur, kunci primer dan jenis indeks.

Perancangan Prosedur Sistem

Secara garis besar sistem yang akan dibangun diharapkan dapat diimplementasikan dalam proses pengelolaan pemanfaatan airtanah, antara lain: 1) pemantauan lokasi sumur; 2) informasi awal tentang kondisi lokasi rencana sumur berkaitan dengan kondisi geologi, geohidrologi, curah hujan, geomorfologi, cekungan airtanah, potensi airtanah dan wilayah konservasi airtanah; 3) inventarisasi data perlapisan batuan; 4) penerbitan rekomendasi dan perijinan; 5) pemantauan kuantitas dan kualitas airtanah; 6) pemantauan dan penertiban pemanfaatan

airtanah; 7) pelaporan administratif dan pemanfaatan airtanah; 8) pemodelan spatial lokasi sumur; 9) pemodelan perlapisan batuan dan konstruksi sumur; dan 10) pemodelan fluktuasi tinggi muka airtanah. Adapun untuk melakukan perncanaan sistem agar dapat diimplementasikan dengan baik di BAPPEDA Kabupaten Karanganyar dilakukan studi literatur, observasi, FGD antar stakeholder. Hasil dan Pembahasan

Prosedur Sistem

Perumusan prosedur sistem pengelolaan airtanah dilakukan dengan melaksanakan *focus group discussion* (FGD) bersama dengan stakeholder yang terlibat dalam pengelolaan airtanah di Kabupaten Karanganyar (Gambar 3). Pertemuan tersebut dilaksanakan pada tanggal 19 Juli 2014 yang dihadiri oleh peneliti dan perwakilan dari BAPPEDA dan Dinas Pekerjaan Umum (PU) bidang Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM).

Berdasarkan diskusi tersebut ditemukan langkah-langkah pengajuan persetujuan dan monitoring penurunan airtanah adalah sebagai berikut:

1. Calon pengguna airtanah (masyarakat umum/pengusaha) mengajukan permohonan untuk melakukan eksplorasi airtanah (pengeboran).
2. Petugas dari PU melakukan pengecekan kondisi fisik mereferensi pada data dasar lokasi yang akan dilakukan pengeboran, yakni informasi geologi, geohidrologi, curah hujan, geomorfologi, cekungan airtanah, dan potensi airtanah.
3. Berdasarkan pada informasi tersebut, apabila menurut data konservasi airtanah lokasi diijinkan, pengguna akan melakukan analisis untuk membuat rekomendasi teknis pengeboran airtanah dan menerbitkan surat ijin pengeboran airtanah. Apabila berdasarkan data konservasi airtanah, lokasi tersebut tidak memungkinkan untuk

dilakukan pengeboran (misalnya: merupakan daerah imbuhan (*recharge area*) atau daerah konservasi airtanah) maka sistem akan membatalkan permohonan untuk melakukan pengeboran airtanah.

4. Apabila pengeboran telah dilakukan, petugas akan meminta informasi mengenai perlapisan batuan yang ada pada lokasi pengeboran. Informasi ini selanjutnya akan digunakan untuk menerbitkan rekomendasi konstruksi, termasuk gambar konstruksi.
5. Selanjutnya dilakukan uji pompa (*pumping test*) untuk menentukan kuantitas airtanah dan uji laboratorium untuk menentukan kualitas airtanah agar dapat diterbitkan rekomendasi pemanfaatan sumur yang berkaitan dengan jenis pemanfaatan dan debit pengambilan yang aman bagi lingkungan dan pelestarian ar tanah maka perlu.
6. Setelah data tersebut diperoleh, prosedur selanjutnya adalah pengecekan lapangan untuk melakukan verifikasi data dan pengambilan dokumentasi untuk penerbitan Surat Ijin Pemanfaatan Air (SIPA) oleh Pemda.
7. SIPA diterbitkan dengan jangka waktu tertentu, oleh karena itu selama masa waktu pemanfaatan sumur perlu dilakukan pemantauan secara periodik, termasuk penertiban apabila ditemui ketidak sesuaian antara SIPA dengan pemanfaatan yang dilakukan.
8. Data hasil pemantauan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan mengenai keberlangsungan pemanfaatan sumur. Semua keputusan diorientasikan pada optimalisasi pemanfaatan dan pelestarian airtanah.

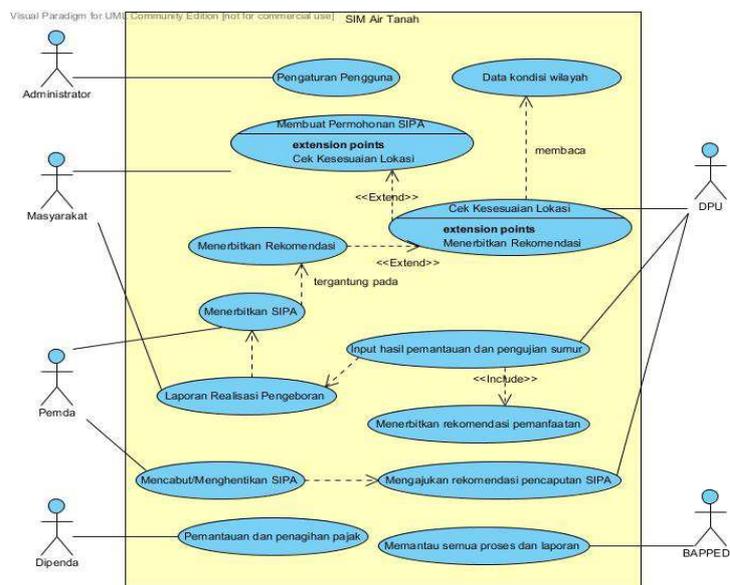
Tabel 1. Aktor dan Peran dalam Pengelolaan Airtanah di Kabupaten Karanganyar

No	Aktor	Peran
1.	Administrator	Mengelola basisdata, mengelola akses pengguna.
2.	Masyarakat	Mengajukan permohonan ijin penurapan airtanah, mengajukan permohonan perpanjangan ijin penurapan airtanah, melihat informasi kesesuaian rencana lokasi sumur dengan pertimbangan keberadaan sumur terdekat.
3.	BAPPEDA	Monitoring pemanfaatan airtanah dan distribusi penurapan airtanah per area, memberikan rekomendasi penghentian ijin penurapan airtanah, memastikan area konservasi dan area produksi digunakan sebagaimana mestinya.
4.	Dinas PU (ESDM)	Memantau perijinan penurapan airtanah, menerbitkan rekomendasi ijin penurapan airtanah, monitoring pemanfaatan, pelaporan.
5.	Pemda (Bupati)	Menerbitkan ijin penurapan airtanah.
6.	Dipenda	Menghitung dan menetapkan besaran pajak.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dianalisis peran-peran (*actor*) dalam pengelolaan airtanah di Kabupaten Karanganyar sebagai berikut (lihat tabel 1 diatas).

Analisis Prosedur Sistem

Berdasarkan temuan pada Tabel 1 selanjutnya dibuat rumusan prosedur point 1 sampai 8 dijabarkan secara berurutan untuk menggambarkan secara teknis sistem yang akan berjalan sebagai berikut. Masing-masing pengguna memiliki hak akses sesuai dengan kewenangannya (Gambar 4). Kewenangan pengguna tersebut dianalisis berdasarkan temuan prosedur pengelolaan airtanah sebagaimana hasil diskusi yang telah dilaksanakan.



Gambar 4. Use case Diagram Sistem

Untuk mendukung pengambilan keputusan, sistem ini menggunakan beberapa peta dasar yang disimpan dalam basisdata (RDBMS) sebagai dasar untuk melaksanakan prosedur pengelolaan potensi airtanah, antara lain: peta geologi, peta geohidrologi, peta curah hujan, peta geomorfologi, peta lokasi sumur, peta konservasi airtanah, peta cekungan airtanah, dan peta potensi airtanah. Data tersebut bersama dengan data lokasi calon pengguna dan lokasi rencana sumur digunakan untuk memberikan keputusan diterbitkan atau tidaknya surat ijin untuk melakukan eksplorasi airtanah di lokasi yang dikehendaki. Pada saat calon pengguna airtanah (masyarakat umum/pengusaha) mengajukan permohonan untuk melakukan eksplorasi airtanah (pengeboran), sistem akan meminta koordinat area sumur (persil) dan koordinat rencana pengeboran yang dapat diperoleh menggunakan GPS (*Global Positioning Sistem*). Secara prosedural, pengukuran koordinat ini dilakukan oleh petugas yang bertindak sebagai surveyor dalam hirarki pengelola sistem.

Koordinat akan digunakan oleh sistem untuk melakukan *query* secara spasial (*spatial query*) mengacu pada analisis *intersection* pada MySQL untuk memperoleh informasi mengenai kondisi fisik lingkungan di mana sumur akan dibuat.

Kondisi fisik ini mereferensi pada data dasar di atas, yakni informasi geologi, geohidrologi, curah hujan, geomorfologi, cekungan airtanah, dan potensi airtanah. Berdasarkan pada informasi tersebut, apabila menurut data konservasi airtanah lokasi diijinkan, pengguna akan melakukan analisis untuk membuat rekomendasi teknis pengeboran airtanah dan menerbitkan surat ijin pengeboran airtanah. Apabila berdasarkan data konservasi airtanah, lokasi tersebut tidak memungkinkan untuk dilakukan pengeboran (misalnya: merupakan daerah imbuhan (*recharge area*) atau daerah konservasi airtanah) maka sistem akan membatalkan permohonan untuk melakukan pengeboran airtanah.

Apabila pengeboran telah dilakukan, sistem akan meminta informasi mengenai perlapisan batuan yang ada pada lokasi pengeboran.

Informasi ini selanjutnya akan digunakan untuk menerbitkan rekomendasi konstruksi, termasuk gambar konstruksi yang dibuat secara otomatis oleh aplikasi. Agar dapat diterbitkan rekomendasi pemanfaatan sumur yang berkaitan dengan jenis pemanfaatan dan debit pengambilan yang aman bagi lingkungan dan pelestarian ar tanah maka perlu dilakukan uji pompa (*pumping test*) untuk menentukan kuantitas airtanah dan uji laboratorium untuk menentukan kualitas airtanah.

Setelah data tersebut diperoleh, prosedur selanjutnya adalah pengecekan lapangan untuk melakukan verifikasi data dan pengambilan dokumentasi untuk penerbitan Surat Ijin Pemanfaatan Air (SIPA) . SIPA diterbitkan dengan jangka waktu tertentu, oleh karena itu selama masa waktu pemanfaatan sumur perlu dilakukan pemantauan secara periodik, termasuk penertiban apabila ditemui ketidaksesuaian antara SIPA dengan pemanfaatan yang dilakukan. Data hasil pemantauan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan mengenai keberlangsungan pemanfaatan sumur. Semua keputusan diorientasikan pada optimalisasi pemanfaatan dan pelestarian airtanah.

Model Basis Data Spasial

Berdasarkan uraian di atas selanjutnya dapat diinventarisir kebutuhan data digunakan dalam sistem yang akan dibuat berupa data spasial dan non-spasial (tekstual). Sub-basisdata spasial dapat dikelompokkan secara tematik sesuai keperluannya antara lain (Tabel 2): Data Umum, Data Fisik Wilayah, Data tentang Airtanah, Data tentang Penggunaan Airtanah.

Sub basisdata non-spatial juga terdiri atas data primer dan data sekunder (Tabel 3). Data primer diperoleh melalui survey dan pendataan, dan registrasi sedangkan data sekunder bersumber dari arsip dan dokumentasi kegiatan pengelolaan airtanah.

Tabel 2. Data Spatial SIG untuk Pengelolaan Airtanah

Group Workspace	Layer Informasi
Informasi Umum	Peta Administrasi Peta Jaringan Jalan
Informasi Fisik	Peta Aliran Sungai Peta Kontur Peta Geologi Peta Tanah Peta Penggunaan Lahan Peta Curah Hujan
Informasi Airtanah	Peta Cekungan Airtanah Peta Produktivitas Akuifer Peta Wilayah Potensi Peta Konservasi Peta Geohidrologi
Informasi Penggunaan Airtanah	Peta Lokasi dan Area Industri Peta Titik Minatan Sumur

Tabel 3. Data Non - Spatial SIG untuk Pengelolaan Airtanah

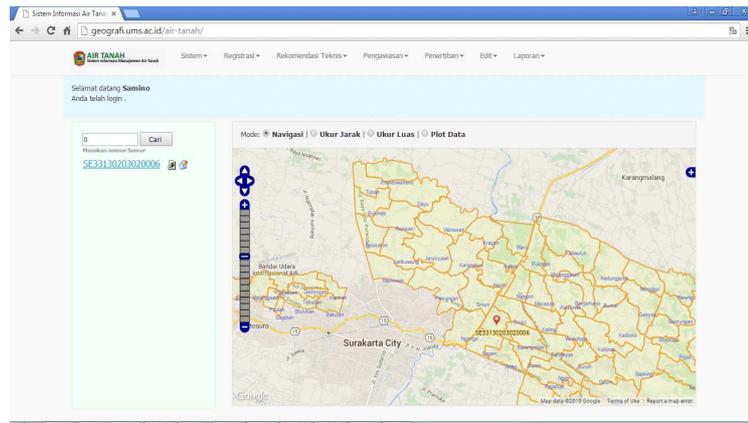
Data	Jenis Data	Sumber
Data Pengguna/Pemilik Sumur/Mata Air	Primer	Registrasi
Data Sumur	Primer	Registrasi dan Survey
Data Hasil Analisis Lab. Airtanah	Primer	Survey dan Analisis Lab.
Data Hasil Pemompaan (pumping test)	Primer	Survey
Data Hasil Observasi Tinggi Muka Airtanah	Primer	Survey
Data Perijinan	Primer	Registrasi
Data Perusahaan Pelaksana Pengeboran	Primer	Registrasi
Data Perusahaan Pelaksana Studi Hidrogeomorfologi	Primer	Registrasi
Foto – foto	Primer	Survey
Data pendukung lain	Sekunder	Dokumen

Sumber: dimodifikasi dari Jumadi dan Widiadi (2009)

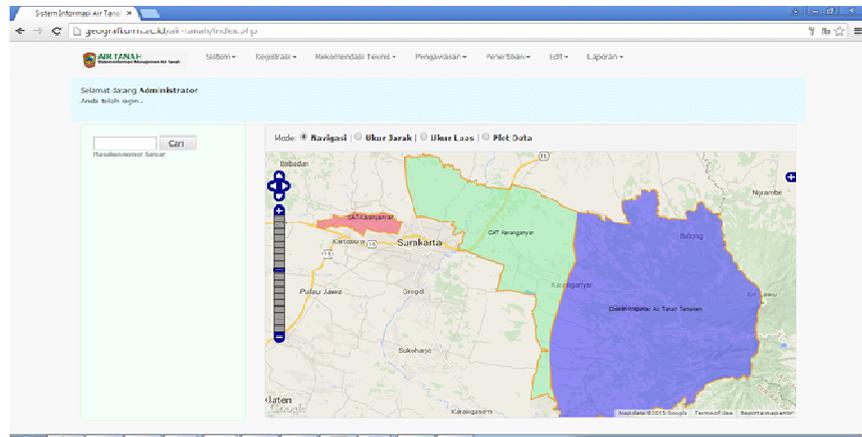
Desain Aplikasi Web GIS

Desain antar muka halaman utama (*interface*) mencakup representasi spatial dan non spatial, menu, dan alat navigasi dan analisis geografis. Secara umum dibagi menjadi 9 bagian utama (Jumadi dan Widiadi, 2009), antara lain (Gambar 5): 1) Header dan Title aplikasi; 2) Menu Utama; 3) Sub Menu; 4) Menu Navigasi Peta (*map tools*); 5) Tab layer control, legenda, dan penelusuran data; 6) Layer Control; 7) Ruang Peta (*map space*); 8) Inset Peta; 9) Panel

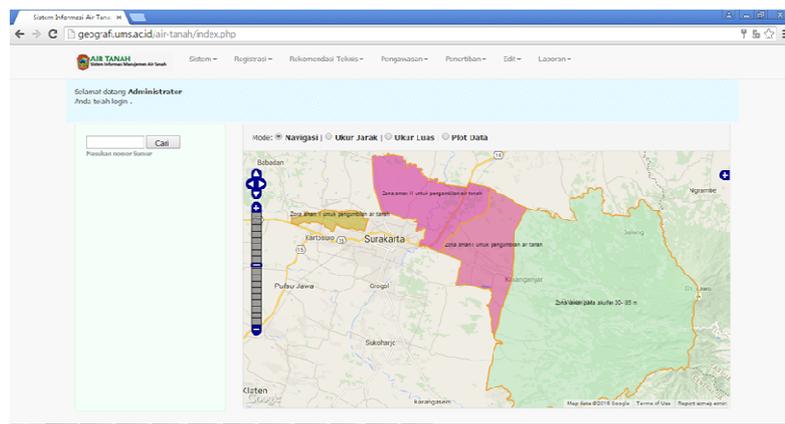
penunjuk koordinat posisi pointer. Beberapa fungsi dari aplikasi menggunakan model untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan airtanah maupun visualisasi tematik untuk penampilan data (Gambar 6).



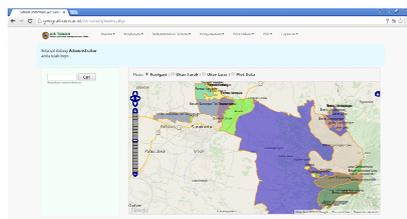
Gambar 5. Interface Sistem



a. Informasi Cekungan Airtanah



b. Informasi Wilayah Konservasi



Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa airtanah merupakan domain urusan yang melibatkan beberapa stakeholder, sehingga diperlukan kolaborasi yang sinergis antara satu stakeholder dengan yang lain. Sehingga untuk mengakomodir kondisi tersebut perlu disusun secara bersama prosedur kerja pengelolaan yang melibatkan semua stakeholder. Prosedur kerja pengelolaan tersebut akan lebih efisien apabila didukung dengan sistem informasi yang dapat diakses secara bersama-sama secara kolaboratif.

Ucapan Terima Kasih

Makalah merupakan bagian dari penelitian yang dilakukan menggunakan dana Hibah Bersaing DP2M DIKTI 2014-2015. Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M DIKTI 2014-2015 atas didanainya penelitian ini serta kepada pihak-pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian antara lain Kepala Bappeda Kabupaten Karanganyar, Kepala DPU Kabupaten Karanganyar. Serta personil Laboratorium SIG Fakultas Geografi UMS antara lain Rudiyanto dan Rahid Iskandar.

Daftar Pustaka

Carver, S., Evans, A., Kingston, R., Turton, I., 2000. Accessing Geographical Information Systems over the World Wide Web: Improving public participation in environmental decision-making. *Inf. Infrastruct. Policy* 6, 157–170.

Jankowski, P., NYERGES, T.L., SMITH, A., MOORE, T.J., HORVATH, E., 1997. Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decisionmaking. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 11, 577–602. doi:10.1080/136588197242202

Jumadi, J., Suharyadi, R., Tuladhar, A.M., 2012. Web-Based Spatial Information System To Support Collaborative Lahars Disaster Management. *Indones. J. Geogr.* 44.

Jumadi dan Widiadi, S.. 2009. Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG)

Berbasis Web Untuk Manajemen Pemanfaatan Air Tanah Menggunakan PHP, Java Dan MySql Spatial (Studi Kasus di Kabupaten Banyumas). *Forum Geografi.* Vol 23 (2) Desember 2009: 123-138.

Li, X., Di, L., Han, W., Zhao, P., Dadi, U., 2010. Sharing geoscience algorithms in a Web service-oriented environment (GRASS GIS example). *Comput. Geosci.* 36, 1060–1068.

Nyerges (2011). *Developing a Geodatabase.* [http:// courses. washington.edu /geog464/ geodatabase_ development.doc.](http://courses.washington.edu/geog464/geodatabase_development.doc) [20 April 2011].

Ostländer, N., 2004. Interoperable services for web-based spatial decision support, in: 7th AGILE Conference on Geographic Information Science, Heraklion, Greece, AGILE.

Priyana, Y., Jumadi., 2014, Aplikasi system Informasi Geografis (SIG) Bersbasis Web Untuk mendukung Manajemen Pemanfaatan Airtanah di Kab. Karanganyar. Unpublish, Laporan Penelitian Tahun 1LPPM UMS.

Ray, J.J., 2007. A web-based spatial decision support system optimizes routes for oversize/overweight vehicles in Delaware. *Decis. Support Syst.* 43, 1171–1185.

Rinner, C., 2003. Web-based spatial decision support: status and research directions. *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.* 7, 14–31.

Santosa, W. S & Adji, N. A.. 2007. The Investigation of Ground Water Potential by Vertical Electrical Sounding (VES) Approach in Arguni Bay Region, Kaimana Regency, West Papua. *Forum Geografi.* Vol. 21(1) Juli 2007.

Sudarmadji. 2006. Perubahan Kualitas Air tanah di Sekitar Sumber Pencemar Akibat Bencana Gempa Bumi. *Forum Geografi.* Vol 20 (2) Desember 2006: 91-119.

Sugumaran, R., DeGroot, J., 2010. *Spatial Decision Support Systems Principles and Practices*. CRC Press.

Sugumaran, V., Sugumaran, R., 2007. Web-based Spatial Decision Support Systems (WebSDSS): evolution, architecture, examples and challenges. *Commun. Assoc. Inf. Syst.* 19, 40.