

PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 DAN SRTM UNTUK PEMETAAN KETERSEDIAAN AIRTANAH (KASUS DAERAH KABUPATEN KLATEN BAGIAN UTARA)

Rahadian Her Jati Kuncara
ardi.geography@gmail.com

Sudaryatno
sudaryatno@ugm.ac.id

Abstract

Groundwater is a vital source of water for various needs. The northern part of Klaten are located at the footslope of Mount Merapi. Recently the use of water in large quantities such as industry and housing affect groundwater, so the studies related to the availability of groundwater is necessary.

This study uses Remote Sensing and Geographic Information System to mapping the availability of groundwater. Landsat 8 and SRTM imagery used to deliniation of land parameters. Other data used include Geological Map, Topographic Map, and Soil Map as a identification reference of land parameters. Seven land parameters generated for groundwater potential mapping, such as: lithology, landform, lineament, slope, drainage density, landcover, and soil texture.

AHP (Analytic Hierarchy Process) is used in the process of weighting parameters using a SMCE (Spatial Multi Criteria Evaluation) to produce a groundwater potential map of study area. The accuracy of interpretation show quite well with the level of accuracy 88.23% for land cover mapping, 89.13% for landforms mapping, 92% for lithology mapping, 76% for soil texture mapping, and 83.72% for slope mapping. The results accuracy of groundwater potential mapping is 72.72%.

Keywords: *Groundwater Potential, SMCE, AHP, Landsat 8, SRTM*

Abstrak

Airtanah merupakan sumber air yang vital untuk berbagai kebutuhan. Klaten bagian utara merupakan daerah yang terletak pada lereng kaki Gunung Merapi. Dewasa ini pemanfaatan air dalam jumlah besar seperti industri dan perumahan mempengaruhi airtanah, sehingga diperlukan studi terkait ketersediaan airtanah. Penelitian ini menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk memetakan ketersediaan airtanah. Citra yang digunakan berupa Landsat 8 dan SRTM untuk interpretasi parameter lahan. Data lain yang digunakan meliputi Peta Geologi, Peta Rupabumi, dan Peta Tanah sebagai acuan identifikasi. Parameter lahan yang dihasilkan meliputi: litologi, bentuklahan, pola kelurusian, kemiringan lereng, kerapatan drainase, penutup lahan, dan tekstur tanah. AHP digunakan dalam pembobotan parameter lahan melalui metode SMCE untuk menghasilkan peta ketersediaan airtanah. Uji akurasi termasuk baik dengan tingkat akurasi sebesar 88,23% untuk penutup lahan, 89,13 % untuk bentuklahan, 92% untuk litologi, 76% untuk tekstur tanah, dan 83,72% untuk kemiringan lereng. Hasil uji akurasi pemetaan ketersediaan airtanah memiliki nilai sebesar 72,72%.

Kata kunci : Ketersediaan Airtanah, SMCE, AHP, Landsat 8, SRTM

PENDAHULUAN

Airtanah merupakan sumber air yang sangat ketersediaan untuk berbagai kebutuhan karena memiliki kuantitas yang besar dan kualitas yang cukup baik. Keberadaan airtanah tidak terpengaruh oleh musim sehingga dapat diperoleh pada musim kemarau, meskipun dengan debit yang berkurang. Secara keseluruhan air tawar yang berada di Bumi ini lebih dari 97% terdiri atas airtanah. (Asdak, 2007)

Klaten merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Tengah yang terletak di antara Kabupaten Wonogiri, Kabupaten Sukoharjo, dan Kabupaten Boyolali. Klaten merupakan dataran yang sebagian besar wilayahnya tersusun atas perpaduan bentuklahan vulkanik dan fluvial. Hal tersebut menyebabkan sumber airtanah di Klaten sangatlah melimpah karena terletak pada lereng kaki dimana akuifer airtanah mulai muncul menjadi mata air. Secara umum, formasi batuan di Kabupaten Klaten berupa Formasi Gunungapi Merapi muda dan Formasi Gunungapi Merapi tua.

Dewasa ini perkembangan dan pertumbuhan berbagai sector di Kabupaten Klaten semakin meningkat karena memiliki posisi strategis yang menghubungkan Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pembangunan daerah industri serta permukiman dengan segala fasilitasnya menyebabkan ketergantungan terhadap sumber mata air dan airtanah menjadi semakin meningkat. Pembangunan ini dapat menimbulkan perubahan penutup lahan yang semula daerah hijau menjadi lahan terbangun yang kedap air. Hal tersebut menyebabkan air hujan yang jatuh di permukaan tanah tidak dapat meresap, sehingga menjadi limpasan permukaan. Apabila infiltrasi yang terjadi sedikit maka menyebabkan jumlah cadangan airtanah yang terdapat dalam akuifer berkurang.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji kemampuan citra Penginderaan Jauh dalam ekstraksi parameter lahan yang digunakan untuk pemetaan ketersediaan airtanah.

2. Melakukan pemetaan ketersediaan airtanah menggunakan data Penginderaan Jauh dan bantuan Sistem Informasi Geografis.
3. Melakukan evaluasi hasil pemetaan zona ketersediaan airtanah dan analisis citra Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam aplikasinya terhadap pemetaan ketersediaan airtanah.

METODE PENELITIAN

Pengolahan Parameter Litologi

Peta Litologi skala 1:50.000 dapat disusun melalui interpretasi visual dengan bantuan Citra Landsat 8 Komposit, Peta Geologi lembar Yogyakarta skala 1:100.000. Analisis korelasi antara jenis formasi batuan, umur formasi batuan, dan material formasi batuan dengan karakteristik bentuklahan yang spesifik dapat memberikan informasi fisik lebih rinci terkait batuan yang ada

Pengolahan Parameter Bentuklahan

Pemetaan bentuklahan untuk identifikasi ketersediaan airtanah dilakukan dengan interpretasi visual. Interpretasi visual dilakukan menggunakan kunci-kunci interpretasi yang dapat diidentifikasi pada citra Landsat 8. Proses pengenalan masing-masing bentuklahan memiliki karakteristik unsur interpretasi yang berbeda-beda, namun dapat dikenali secara umum melalui karakteristik relief, pola aliran, dan lokasi.

Pengolahan Parameter Tekstur Tanah

Identifikasi tekstur tanah dapat diperoleh melalui interpretasi visual citra Landsat 8 dengan bantuan peta geologi dan peta bentuklahan yang sudah dibuat. Tekstur tanah dapat diprediksi dan dispesifikasikan lebih detil menggunakan kunci interpretasi tekstur tanah, antara lain: warna, pola, asosiasi, dan bentuk.

Pengolahan Parameter Pola Kelurusuan (*Lineament*)

Lineament dapat diidentifikasi melalui proses interpretasi visual dengan memperhatikan beberapa kunci interpretasi utama, antara lain: pola, bentuk, dan asosiasi. Proses pengenalan pola kelurusian dilakukan menggunakan kunci interpretasi berupa kenampakan lurus yang kontras dan memiliki perbedaan rona yang mencolok dengan obyek lainnya.

Pengolahan Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng berperan dalam mengetahui pergerakan air melalui informasi topografi. Proses infiltrasi airtanah akan meningkat seiring dengan rendahnya nilai kemiringan lereng. Ekstraksi parameter lereng dapat diperoleh melalui pemrosesan Citra SRTM yang memuat data DSM diturunkan menjadi peta kemiringan lereng melalui beberapa tahap.

Pengolahan Parameter Kerapatan Drainase

Pemrosesan peta jaringan drainase menjadi peta kerapatan drainase dapat diperoleh melalui perbandingan antara total panjang dari cabang sungai dengan luas area kajian yang ada. Setelah diperoleh skor kerapatan drainase maka dilakukan proses klasifikasi kelas kerapatan drainase dan simbolisasi sesuai kaidah kartografis.

Pengolahan Parameter Penutup Lahan

Penutup lahan merupakan parameter yang menggambarkan fenomena permukaan bumi baik alami maupun buatan. Jenis penutup lahan yang ada akan mempengaruhi tingkat infiltrasi air hujan yang jatuh pada permukaan bumi. Untuk mendapatkan kelas penutup lahan, citra LANDSAT 8 dilakukan proses *supervised classification* yaitu *maximum likelihood classification*.

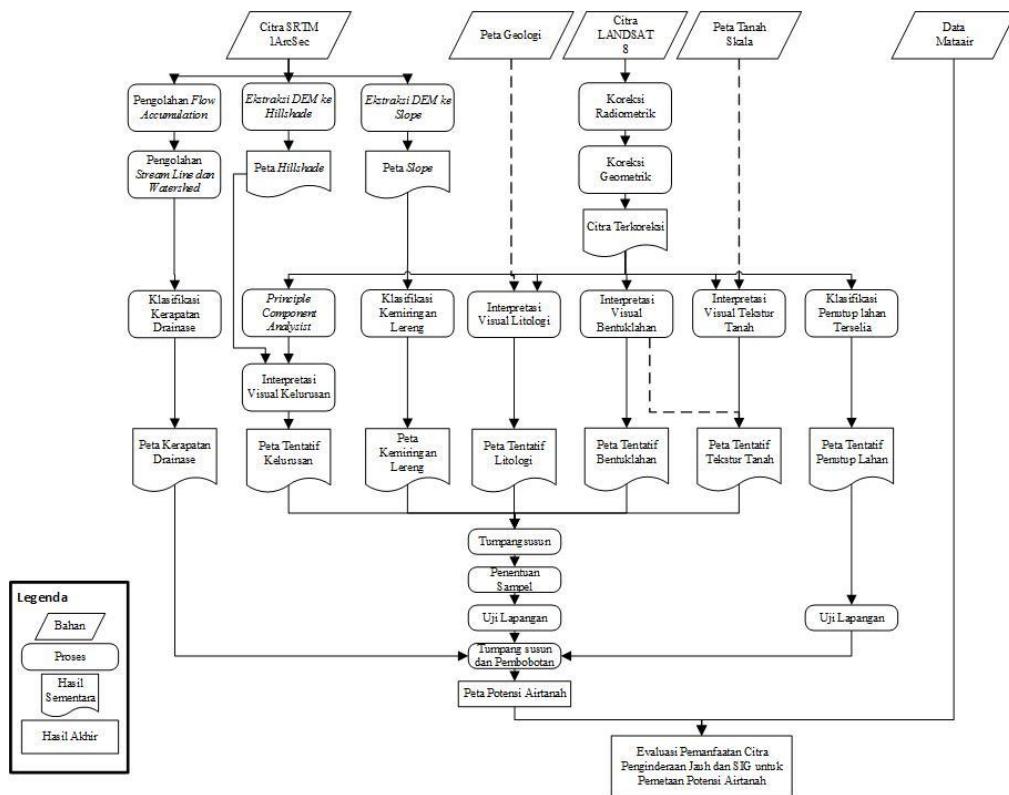
Pembobotan Parameter

Setelah melakukan ekstraksi dan pengukuran terhadap berbagai parameter penentu ketersediaan airtanah, dilakukan proses pembobotan parameter yang berkisar antara 0% sampai 100% berdasarkan kontribusinya menggunakan Analytic Hierarchy Process(AHP). Tidak semua parameter memiliki bobot yang sama tergantung dengan kontribusinya terhadap fenomena airtanah itu sendiri. Matriks perbandingan diperoleh melalui pertimbangan skala prioritas berdasarkan parameter litologi, fisiografi dan faktor hidrologi yang mempengaruhi ketersediaan airtanah lainnya

Tabel 1. Klasifikasi Pembobotan

Parameter	Bobot(%)	Rank
Litologi	26,4	1
Bentuklahan	21,7	2
Pola Kelurusian	19,1	3
Kemiringan Lereng	13,2	4
Kerapatan Drainase	12,4	5
Tekstur Tanah	3,8	6
Penutup lahan	3,4	7

Sumber: (Hasil Pengolahan, 2015)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akurasi Interpretasi Parameter Penentu Ketersediaan Airtanah

Citra penginderaan jauh merupakan teknologi yang efektif dalam penyadapan informasi beragam kenampakan permukaan bumi tanpa kontak langsung. Walaupun dapat menyadap berbagai fenomena permukaan bumi namun diperlukan uji validasi antara obyek hasil interpretasi terhadap obyek di lapangan. Hasil uji akurasi beragam parameter penentu airtanah termasuk baik dengan rincian 88,23% untuk pemetaan penutup lahan, 89,13 % untuk pemetaan bentuklahan, 92% untuk pemetaan litologi, 76% untuk pemetaan tekstur tanah, dan 83,72% untuk pemetaan kemiringan lereng.

Litologi

Litologi merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan airtanah. Karakteristik akuifer yang terbentuk pada permukaan bumi dipengaruhi oleh tipe litologi yang ada. menunjukan luas litologi dengan bahan

induk Batuan Gunungapi Merapi memiliki persentase yang mendominasi yaitu 89.52 % sedangkan bahan induk Aluvial memiliki luas sebesar 10,47%. Formasi Batuan Gunungapi Merapi(Qvm) yang tersebar pada lereng atas dan lereng tengah dapat menjadi akuifer yang baik. Breksi Gunungapi, tuff, dan lava merupakan penyusun batuan yang memiliki porositas batuan yang cukup baik untuk dalam proses perkolasi airtanah. Alluvium(Qa) yang terdapat pada Kecamatan Wonosari merupakan penampung airtanah yang baik yang lebih baik.

Bentuklahan

Bentuklahan merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan zona ketersediaan airtanah. Lereng Gunungapi merupakan bentuklahan bagian lereng Gunungapi Merapi yang terletak pada sebagian Kecamatan Tulung dan Kecamatan Jatinom. Kemiringan lereng yang relatif miring menyebabkan terjadi limpasan permukaan pada daerah lereng.

Bentuklahan ini umumnya termasuk zona penadah airhujan yang berpengaruh terhadap proses pengisian kembali(recharge). Kaki Gunungapi merupakan bentuklahan yang terdapat pada sebagian Kecamatan Tulung dan Kecamatan Jatinom. Kemiringan lereng yang tercakup antara landai hingga berbukit dapat ditemukan pada bentuklahan ini. Bentuklahan ini masih termasuk zona penadah hujan sehingga penutup lahan didominasi oleh kebun campuran dan permukiman. Dataran Fluvial Gunungapi dan Dataran Aluvial pada merupakan bentuklahan yang terdapat pada daerah dengan kemiringan lereng landai hingga datar. Perbedaan antara kedua bentuklahan ini adalah proses vulkanik masih dominan mengontrol Dataran Fluvial Gunungapi, sedangkan Dataran Aluvial dominan dikontrol oleh proses fluvial.

Pola Kelurusan

Pola kelurusan dapat ditemukan menyebar di daerah kajian namun umumnya banyak ditemukan pada daerah tekuk lereng. Dominasi kenampakan pola kelurusan banyak ditemukan pada zona tekuk lereng di perbatasan Kecamatan Jatinom, Kecamatan Tulung, Kecamatan Karanganom, dan Kecamatan Polanharjo. Kecamatan Pola kelurusan tersebut merupakan kategori rekahan antar batuan sedangkan untuk sesar tidak ditemukan pada daerah kajian. Proses rekahan tersebut akan mempengaruhi pergerakan airtanah antar batuan dan membentuk celah dalam proses pengisian kembali(recharge). Area yang tercakup pada rekahan akan membentuk porositas sekunder yang membentuk zona perkolasi airtanah yang baik dibandingkan dengan daerah yang tidak tercakup.

Kemiringan Lereng

Tingkat kemiringan lereng suatu daerah dapat mempengaruhi proses pengisian kembali(recharge). Dataran Fluvial Gunungapi dan Dataran Aluvial yang memiliki kemiringan lereng landai hingga datar dapat menahan airhujan dan membantu menampung airtanah dengan baik dibanding daerah Lereng Gunungapi

yang memiliki kemiringan lereng lebih curam. Kelas kemiringan lereng bergelombang, berbukit, dan bergunung banyak ditemukan pada bentuklahan Lereng Kaki Gunungapi dan Kaki Gunungapi di Kecamatan Jatinom, Kecamatan Tulung, Kecamatan Karanganom, dan Kecamatan Polanharjo. Kemiringan lereng datar dan landai memiliki lokasi yang menyebar namun mendominasi pada bentuklahan Dataran Fluvio Gunungapi dan Dataran Fluvial di Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, dan Kecamatan Juwiring.

Kerapatan Drainase

Kerapatan drainase pada daerah kajian memiliki pola tinggi menuju rendah dari bentuklahan Kaki Gunungapi dibagian barat hingga bentuklahan dataran alluvial dibagian timur. Kerapatan drainase agak tinggi hingga tinggi dapat ditemui di bagian barat daerah kajian yang memiliki kemiringan lereng relatif tinggi. Hal tersebut menyebabkan limpasan permukaan meningkat sehingga ketersediaan airtanah menjadi rendah. Kerapatan drainase sedang dengan rentang nilai 2.4 - 3.2 km/km² merupakan kelas yang paling mendominasi pada daerah kajian. Kerapatan drainase rendah dengan rentang nilai antara 0 - 1,6 km/km² termasuk pada sebagian Kecamatan Karanganom, Kecamatan Juwiring, dan Kecamatan Wonosari.

Penutup Lahan

Jenis penutup lahan yang dipetakan dibagi menjadi empat kategori yaitu sawah irigasi, lahan terbuka, permukiman, dan kebun campuran. Beragam tipe penutup lahan akan mempengaruhi ketersediaan airtanah di daerah kajian. Penutup lahan menjelaskan komponen yang mengisi suatu lahan yang ada di permukaan bumi. Kebun campuran dapat diidentifikasi melalui kunci interpretasi tutupan vegetasi heterogen yang memiliki lokasi menyebar pada daerah kajian. Penutup lahan sawah memiliki dominasi yang besar dibandingkan kategori penutup lahan lainnya. Hal tersebut dikarenakan daerah kajian memiliki kondisi yang ideal untuk dimanfaatkan sebagai

sawah, antara lain: topografi yang relatif datar, air irigasi yang mudah didapat, dan tanah relatif subur.

Tekstur Tanah

Tekstur tanah pasir kasar hingga sangat halus memiliki distribusi pada bentuklahan Lereng Gunungapi, Kaki Gunungapi, dan Dataran Fluvial Gunungapi. Menurut Peta Jenis Tanah, daerah tersebut termasuk jenis tanah Regosol kelabu yang memiliki karakteristik tanah muda yang belum ada perkembangan horizon dengan tekstur tanah pasir. Tekstur tanah debu hingga lempung dapat ditemukan pada bentuklahan Dataran Aluvial yang berada di Kecamatan Wonosari dan Kecamatan Juwiring.

Distribusi Ketersediaan Airtanah

Peta ketersediaan airtanah yang diperoleh memiliki klasifikasi bertingkat ketersediaan airtanah berdasarkan parameter lahan yang digunakan. Adapun klasifikasi ketersediaan airtanah pada penelitian ini, antara lain: rendah (1,98-2,49), agak rendah (2,491-2,731), sedang (2,731-2,919), agak tinggi (2,919-3,16), dan tinggi (>3,16). Umumnya persebaran kelas ketersediaan airtanah tinggi hingga agak tinggi memiliki persebaran pada Bentuklahan Dataran Fluvio Vulkan dan Dataran Aluvial pada Kecamatan Juwiring, Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, sebagian Kecamatan Karanganom dan Sebagian Kecamatan Polanharjo. Perbatasan tekuk lereng di perbatasan kedua bentuklahan tersebut menyebabkan banyaknya pola kelurusan, berubahnya kerapatan drainase menjadi rendah, sehingga mempengaruhi perubahan kelas ketersediaan airtanah secara mencolok. Hal tersebut menunjukkan karakteristik parameter lahan pada daerah tersebut memiliki dukungan terhadap pemunculan airtanah.

Kelas ketersediaan airtanah sedang memiliki pola persebaran memusat pada bentuklahan Kaki Gunungapi dan Lereng Gunungapi di Kecamatan Tulung dan Kecamatan Jatinom. Luas kelas ketersediaan airtanah sedang sebesar 15,92 % dari total luas daerah kajian. Berdasarkan karakteristik parameter lahannya, zona

tersebut termasuk lokasi yang cocok dimanfaatkan sebagai zona resapan airtanah.

Kelas ketersediaan airtanah agak rendah dan rendah memiliki porsi sebesar 7,7% dan 1,1% dari total luas daerah kajian. Lokasi kelas tersebut memiliki pola persebaran mengelompok pada Kecamatan Jatinom dan Kecamatan Tulung. Penutup lahan yang didominasi kebun campuran, rata-rata kemiringan lereng bergelombang hingga bergunung, kerapatan drainase relatif rapat, dan tekstur tanah pasir termasuk parameter lahan yang tidak mendukung ketersediaan airtanah, namun zona ini memiliki peran dalam proses pengisian kembali airtanah(*groundwater recharge*).

Evaluasi Hasil Pemetaan Ketersediaan Airtanah

Pemetaan ketersediaan airtanah dapat menghasilkan zonasi-zonasi yang membedakan suatu lahan menurut kelas ketersediaan airtanahnya berdasar parameter lahan yang berpengaruh.. Adapun beberapa parameter lahan yang berpengaruh terhadap ketersediaan airtanah, antara lain: litologi, bentuklahan, pola kelurusan, kemiringan lereng, kerapatan drainase, tekstur tanah, dan penutup lahan. Beragam parameter tersebut memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap kemunculan airtanah.

Berdasarkan faktor-faktor yang menentukan ketersediaan airtanah pada suatu daerah maka dapat diperoleh karakteristik parameter lahan yang mendukung ketersediaan airtanahnya. Zona ketersediaan airtanah tinggi dapat diidentifikasi melalui beberapa karakteristik antara lain: tipe litologi yang berumur Quarter, banyaknya pola kelurusan, kerapatan drainase yang rendah, kemiringan lereng yang datar, tekstur tanah pasiran, dan penutup lahan vegetasi rapat. Zona ketersediaan airtanah rendah dapat diidentifikasi melalui beberapa karakteristik, antara lain: tipe litologi berumur tua, tidak ditemui pola kelurusan, kerapatan drainase yang tinggi, kemiringan lereng yang curam, tekstur tanah lempung, dan penutup lahan kedap air.

Distribusi curah hujan menunjukan daerah yang memiliki kemiringan lereng

semakin datar memiliki nilai curah hujan yang semakin tinggi, sehingga curah hujan secara gradual meningkat dari bagian barat menuju kearah timur daerah kajian. Pola tersebut juga ditemukan pada ketersediaan air tanah daerah kajian yang semakin meningkat kearah dataran. Validasi hasil pemetaan ketersediaan airtanah dengan curah hujan di daerah kajian menunjukan hal yang saling berhubungan. Hasil uji akurasi pemetaan ketersediaan airtanah dengan data kemunculan mataair memiliki nilai sebesar 72,72%.

KESIMPULAN

1. Pemanfaatan Citra Landsat 8 dan Citra SRTM untuk pemetaan berbagai faktor ketersediaan airtanah termasuk baik dengan tingkat akurasi pemetaan sebesar 88,23% untuk penutup lahan, 89,13 % untuk bentuklahan, 92% untuk litologi, 76% untuk tekstur tanah, dan 83,72% untuk kemiringan lereng.
2. Secara umum ketersediaan airtanah yang berada di Kabupaten Klaten bagian utara memiliki ketersediaan airtanah tinggi hingga agak tinggi memiliki distribusi menyebar pada daerah penelitian dengan total luas sebesar 75,07 % dari total luas daerah kajian. Kelas ketersediaan airtanah sedang memiliki pola persebaran memusat pada bentuklahan Kaki Gunungapi dengan luas sebesar 15,92 % dari total luas daerah kajian. Kelas ketersediaan airtanah agak rendah dan rendah memiliki porsi sebesar 7,7% dan 1,1% dari total luas daerah kajian.
3. Penggunaan Citra Penginderaan jauh dapat menyadap berbagai parameter lahan penentu ketersediaan airtanah tanpa kontak langsung terhadap obyek tersebut, sehingga memiliki kelebihan terkait biaya, waktu, dan tenaga. Sistem Informasi Geografis memungkinkan pengguna efektif dalam melakukan manajemen data spasial yang digunakan dalam penelitian ini. Validasi hasil pemetaan ketersediaan airtanah

dengan data mata air daerah kajian memiliki nilai sebesar 72,72%.

DAFTAR PUSTAKA

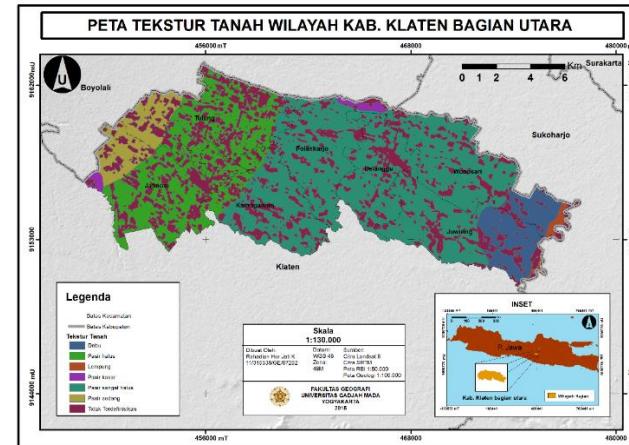
- Aronoff, Stan. 1989. "Geographic Information System a Management Perspective". Ottawa-Canada :WDL Publication
- Arifin. 2008. *Koreksi Geometri Data Citra Raster*. Diakses pada tanggal 28 Juli 2015 dari URL <http://digilib.itb.ac.id>.
- Avatar, Ram dkk. 2010. *Identification and analysis of groundwater potential zones in Ken-Betwa river linking area using Remote Sensing and GIS*. Geocarto International, 25(5). hal. 379-396. Diakses tanggal 28 Januari 2015, dari URL <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10106048.909354204>
- Bayong Tjasyono,H.K. 2004. *Klimatologi*. Bandung: Penerbit ITB
- Chay, Asdak. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Yogyakarta:Gadjah Mada Press.
- Chowdary, V.M. dkk. 2008. *Assessment surface and subsurface waterlogged area in irrigation command areas of Bihar state using remote sensing and GIS*. Agricultural Management 95 (7). Hal. 754-766
- Chuma, Constant. 2013. *Application of Remote Sensing and GIS in Determining the Groundwater Potential in the Crystalline Basement of Bulawayo Metropolitan Area, Zimbabwe*. Advances in Remote Sensing, 2. hal. 149-161. Diakses tanggal 20 November 2015 dari URL www.scirp.org/journal/ars
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Florinsky. 2000. *Relationship between topographically expressed zones of flow accumulation and sites of fault intersection*. Environmental modelling and software. hal. 87-100
- JSS (Japan Space System). 2015. *Format of SRTM* . Diakses 25 April 2015, dari (<http://www.jspaceystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/2.htm> 1
- Kerrich, R. 1986. *Fluid Transport in Lineament* . Philosophical Transaction of the Royal Society of London. Hal. 219-251
- Kim, Gyoo-Bum, 2003, *Construction of a Lineament Density Map with ArcView and Avenue*, Korea Water Resources Corporation, South Korea
- Lattman, L.H. 1958. *Technique of mapping geologic fracture traces and lineament on aerial photographs*. Photogrammetric Engineering.
- Lillesand, T.M dan Kiefer, R.W. 2007. *Remote Sensing and Image Interpretation, 5th Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Lintz J.Jr., dan D.S. Simonett. 1976. *Remote Sensing of Environment*. Addison-London:Wesley Publishing Company
- Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI) dan National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2011. *SRTM 2 Readme*. Japan & United States : METI & NASA.
- Murthy, K.S.R. dan Mamo, Abiy. 2007. *Multi-criteria Decision Evaluation in Groundwater Zones Identification in Moyale-Teltle Subbasin, South*

- Ethiopia. International Journal of Remote Sensing. Vol 30,11,2729-2740.*
- Panda, A.K. 1998. *Identification of groundwater potential zone in Kamla-Balan river basin using Remote Sensing and GIS.* Tesis. IITK
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika).* Penerbit Informatika, Bandung
- Purnama, Setyawan. 2006. *Hidrologi Air Tanah.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Purnama, Setyawan. 2000. *Bahan Ajar Geohidrologi.* Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Schmidt, F.H. dan Ferguson, J.H.A. (1951). *Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia and Western New Guinea.* Verh. Djawatan Mety. Dan Geofisik, Jakarta 42
- Suharsono, P. 1999. *Identifikasi Bentuklahan dan Interpretasi Citra Untuk Geomorfologi.* Yogyakarta: PUSPICS Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Saaty, Thomas L. 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process.* International Journal Services Sciences vol 1. Diakses tanggal 20 Desember 2015 dari URL www.colorado.edu
- Sutanto. (1994). *Penginderaan Jauh Jilid I.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology.* New York: John Wiley and Sons
- USGS. 2015. *Landsat 8 OLI Spesification.* Diakses 25 April 2015, dari (<http://Landsat.usgs.gov/Landsat8.php>)

LAMPIRAN



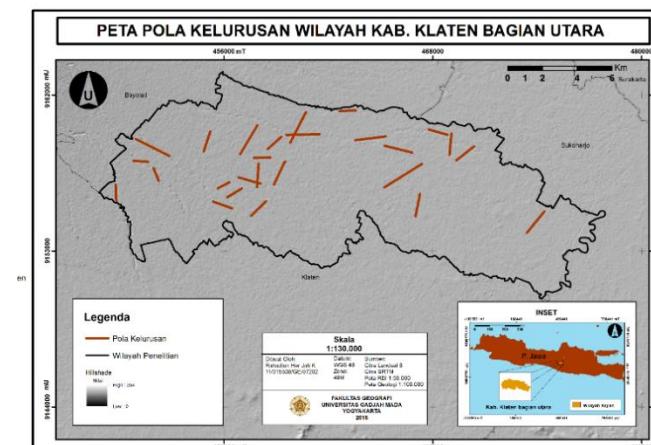
Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng Daerah Kajian



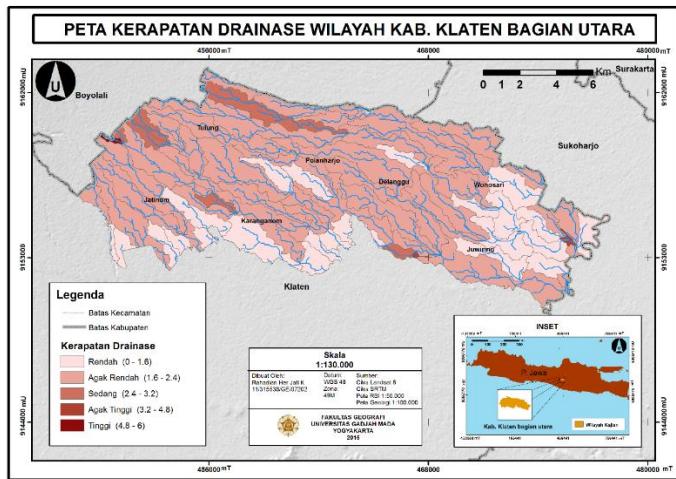
Gambar 4. Peta Tekstur Tanah Daerah Kajian



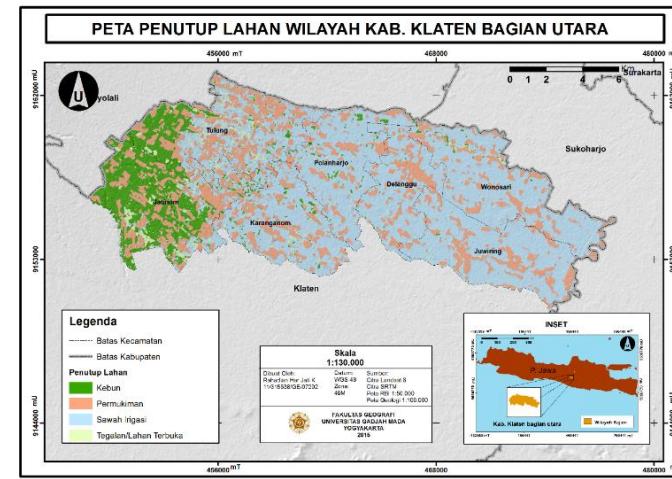
Gambar 3. Bentuklahan Daerah Kajian



Gambar 5. Peta Pola Kelurusan Daerah Kajian



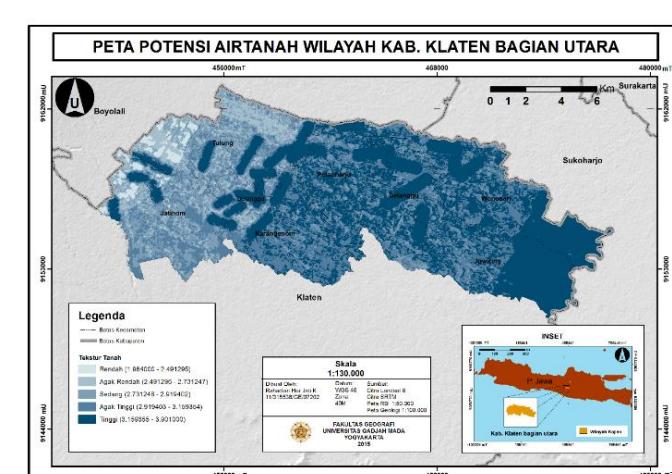
Gambar 6. Peta Kerapatan Drainase Daerah Kajian



Gambar 8. Peta Penutup Lahan Daerah Kajian



Gambar 7. Peta Litologi Daerah Kajian



Gambar 8. Peta Ketersediaan Airtanah Daerah Kajian

