



## Kajian Daerah Imbuan Airtanah di Kabupaten Ngawi

Setyawan Purnama<sup>1</sup>, Tommy Ardian Tivianton<sup>2</sup>, Ahmad Cahyadi<sup>3</sup>, Erick Febriarta<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>4</sup>Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta

### INFO ARTIKEL

#### Sejarah Artikel

Dikirim 2018  
 Diterima 2019  
 Terbit 2019

#### Kata Kunci:

daerah imbuan;  
 airtanah;  
 Kabupaten Ngawi

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan daerah imbuan airtanah di daerah penelitian dan mengkaji keterkaitan daerah imbuan dengan bentuk lahan wilayahnya. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan klasifikasi daerah imbuan airtanah berdasarkan parameter konduktivitas hidrolis batuan, curah hujan, tanah penutup, kemiringan lereng dan kedalaman muka freatik. Masing-masing parameter mempunyai pengaruh terhadap resapan air ke dalam tanah yang dibedakan dengan nilai bobot. Parameter yang mempunyai nilai bobot paling tinggi merupakan parameter yang paling menentukan kemampuan peresapan untuk menambah air tanah secara alamiah pada suatu cekungan airtanah. Hasil skoring dari beberapa parameter tersebut kemudian dianalisis dengan unit analisis bentuk lahan daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Kabupaten Ngawi terdapat dua klasifikasi daerah imbuan airtanah yaitu daerah imbuan utama, dan daerah imbuan tidak berarti. Klasifikasi daerah imbuan airtanah utama didapatkan pada daerah tengah dan sisi selatan hingga bagian tengah daerah ini. Menurut bentuk lahannya, wilayah yang merupakan daerah imbuan utama merupakan lereng Gunungapi Lawu, dataran aluvial, hingga lembah Sungai Bengawan Solo, sedangkan pada daerah perbukitan struktural (sinklinal dan antiklinal) terklasifikasikan menjadi imbuan airtanah tidak berarti. Secara keseluruhan apabila dilihat dari luas total Kabupaten Ngawi, maka Kabupaten Ngawi memiliki 74,5% daerah imbuan utama, dan 25,5 % daerah imbuan tidak berarti.

### Abstract

*The purpose of this study is to determine the groundwater recharge area in the research area and examine the linkages between the recharge area and the region's landform. To achieve this goal, classification of groundwater recharge areas is carried out based on rock hydraulic conductivity parameters, rainfall, soil material, slope and depth of phreatic. Each parameter has an influence on water absorption into the soil which is distinguished by the weight value. Parameters that have the highest weight value are the parameters that most determine the ability of infiltration to naturally add groundwater to a groundwater basin. The final score of these parameters were then analyzed with a unit of analysis of the research area's landform. The results of the study show that in Ngawi Regency there are two classifications of groundwater recharge areas, namely the main recharge areas, and insignificant recharge areas. The main classification of groundwater recharge areas is found in the central and southern regions to the central part of this area. According to the landform, the area which is the main recharge area is the slope of Lawu Volcano, alluvial plain, to the Bengawan Solo River valley, while in the area of structural hills (sinklinal and anticlinal) classified as groundwater recharge is meaningless. Overall, when viewed from the total area of Ngawi Regency, Ngawi Regency has 74.5% of the main recharge area, and 25.5% of the recharge area is meaningless.*

© 2019 The Authors. Published by UNNES. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

\* E-mail : [SetyaPurna@geo.ugm.ac.id](mailto:SetyaPurna@geo.ugm.ac.id)  
 Address : Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok,  
 Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

## PENDAHULUAN

Airtanah adalah salah satu sumberdaya alam yang sangat penting keberadaannya sebagai sumber air minum sehari-hari untuk manusia. Seperti sumberdaya alam lainnya, airtanah juga dieksploitasi dengan laju yang semakin meningkat di seluruh dunia. Airtanah umumnya disukai sebagai sumber air untuk keperluan rumah tangga karena ketersediannya yang relatif tetap dan lebih terlindungi secara alami dari pencemaran (Hoque *et al.*, 2007). Disamping itu, jumlah airtanah juga lebih banyak daripada jenis air tawar lainnya, sehingga dapat lebih mendukung kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Purnama & Marfai, 2012 ; Cahyadi *et al.*, 2018).

Menurut Jasrotia *et al.* (2012), kebutuhan airtanah semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perluasan lahan pertanian serta perkembangan industri, sedangkan menurut Tam & Nga (2018), peningkatan pengambilan airtanah untuk memenuhi kebutuhan penduduk di daerah perkotaan yang semakin meningkat menyebabkan penurunan muka airtanah di kota-kota besar. Dapat dikatakan bahwa peningkatan jumlah penduduk, pemanfaatan air yang semakin banyak, perpindahan air antar daerah aliran sungai dalam satu cekungan airtanah dan dampak dari perubahan iklim global dapat menyebabkan perubahan kedudukan muka airtanah (Tillman & Leake, 2010). Dalam jangka panjang, peningkatan pengambilan airtanah dapat menyebabkan terjadinya penurunan tanah (Seiler & Gat, 2007; Qing-hai *et al.*, 2007).

Airtanah bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh beberapa faktor alami, terutama oleh geologi dan geomorfologi (Adji & Sejati, 2012 ; Cahyadi *et al.*, 2018)). Cekungan airtanah adalah wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologi dimana di dalamnya terjadi semua proses hidrogeologi (Purnama, 2019). Penurunan laju infiltrasi dapat menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan debit banjir di suatu daerah (Wannielista *et al.*, 1997 ; Davie, 2008). Di sisi lain, penurunan laju infiltrasi dapat menyebabkan penurunan jumlah air yang meresap ke dalam tanah sebagai imbuhan untuk akuifer (Purnama, 2017).

Dalam proses pengalirannya dalam akuifer, secara alami airtanah dapat muncul ke permukaan tanah sebagai mataair atau rembesan karena beberapa penyebab seperti misalnya akibat tekuk lereng yang tajam ataupun karena adanya patahan dan retakan pada batuan (Fetter, 1988 ; Rushton, 2003 ; Todd, & Mays, 2005). Wilayah tempat munculnya airtanah ke permukaan tanah sebagai mataair atau rembesan ini disebut daerah pengeluaran..

Memperhatikan pola alirannya, aliran air-

tanah pada daerah imbuhan cenderung menjauhi muka airtanah, sehingga untuk mendapatkan airtanah di daerah ini akan lebih sulit karena airtanah berada pada tempat yang relatif dalam. Sebaliknya di daerah pengeluaran, muka airtanah cenderung dangkal karena aliran airtanah akan menuju muka airtanah dan mendekati permukaan tanah. Menurut Keputusan Presiden RI No.32 Tahun 1990, persyaratan kawasan imbuhan airtanah adalah daerah dengan curah hujan tinggi, daerah dengan struktur tanah yang mudah meresapkan air, daerah dengan bentuk geomorfologi yang mampu meresapkan air hujan secara besar-besaran, seperti misalnya kerucut gunung api dengan endapan lahar dan daerah dengan elevasi tinggi.

Kawasan Kabupaten Ngawi termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Solo dan Madiun yang bertemu di Kota Ngawi, dimana di dalamnya terdapat beberapa sistem sungai seperti Sungai Banger, Sawur, Sidolaju, Alas Tuwo, Batu Bunder, Kenteng, Kelompok dan Ketonggo. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan terjadinya perbedaan debit air yang cukup besar anatar musim penghujan dan musim kemarau di sungai-sungai tersebut. Menurut Wannielista *et al.* (1997), fluktuasi debit tahunan yang besar mengindikasikan ketidakseimbangan antara proses imbuhan air ke dalam tanah dengan meningkatnya aliran permukaan (*run off*). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah menentukan daerah imbuhan airtanah di daerah penelitian dan mengkaji keterkaitan daerah imbuhan dengan bentuk lahan wilayahnya.

## METODE PENELITIAN

Kabupaten Ngawi adalah salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur bagian barat dan berbatasan dengan Provinsi Jawa Tengah. Wilayah Kabupaten Ngawi secara astronomis terletak pada 110°10' - 111°40' BT dan 7°21' - 7°31' LS. Adapun batas wilayah Kabupaten Ngawi adalah di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Grobogan, Kabupaten Blora dan Kabupaten Bojonegoro, di sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Madiun dan Kabupaten Magetan, di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Sragen, dan di sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Madiun.

### Penentuan Daerah Imbuhan Airtanah

Klasifikasi daerah imbuhan airtanah ditentukan berdasarkan parameter konduktivitas hidrolis batuan, curah hujan, tanah penutup, kemiringan lereng dan kedalaman muka freatik (Tabel 1, 2, 3, 4 dan 5). Masing-masing parameter mempunyai-

ai pengaruh terhadap resapan air ke dalam tanah yang dibedakan dengan nilai bobot (Tabel 6). Parameter yang mempunyai nilai bobot paling tinggi merupakan parameter yang paling menentukan kemampuan peresapan untuk menambah air tanah secara alamiah pada suatu cekungan air tanah.

Tabel 1. Nilai Peringkat Konduktivitas Hidrolik Batuan

No.	Konduktivitas Hidrolik (m/hari)	Nilai Rating	Kriteria
1	$> 10^3$	5	Sangat cepat
2	$10^1 - 10^3$	4	Cepat
3	$10^{-2} - 10^1$	3	Sedang
4	$10^{-4} - 10^{-2}$	2	Lambat
5	$< 10^{-4}$	1	Sangat lambat

Sumber : (Todd dan Mays, 2005)

Tabel 2. Nilai Peringkat Curah Hujan

No.	Curah Hujan (mm/tahun)	Nilai Rating	Kriteria
1	$< 4000$	5	Sangat tinggi
2	3000 - 4000	4	Tinggi
3	2000 - 3000	3	Sedang
4	1000 - 2000	2	Rendah
5	$< 1000$	1	Sangat rendah

Sumber : Oldeman (dengan modifikasi)

Tabel 3. Nilai Peringkat Tanah Penutup

No.	Tekstur Tanah	Nilai Rating	Kriteria
1	Kerikil	5	Sangat tinggi
2	Pasir kerikilan	4	Tinggi
3	Lempung pasir/lanau pasir	3	Cukup
4	Lanau lempungan	2	Sedang
5	Lempung lanauan	1	Rendah

Sumber : Al-Amoush *et al.*, 2010 (dengan modifikasi)

Tabel 4. Nilai Peringkat Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan Lereng (%)	Nilai Rating	Kriteria
1	$< 5$	5	Datar
2	5 - 10	4	Agak datar
3	10 - 20	3	Sedang
4	20 - 40	2	Curam
5	$> 40$	1	Sangat curam

Sumber : Zuidam, 1985 (dengan modifikasi)

Tabel 5. Nilai Peringkat Kedalaman Muka Freatik

No.	Kedalaman Muka Freatik (m)	Nilai Rating	Kriteria
1	$> 30$	5	Sangat dalam
2	20 - 30	4	Dalam
3	10 - 20	3	Sedang
4	5 - 10	2	Dangkal
5	$< 5$	1	Sangat dangkal

Sumber : Majandang & Sarapirome, 2013 (dengan modifikasi)

Tabel 6. Bobot Parameter Resapan Air

No.	Parameter Resapan Air	Nilai Bobot
1	Konduktivitas hidrolik batuan	5
2	Curah hujan	4
3	Tanah penutup	3
4	Kemiringan lereng	2
5	Kedalaman muka freatik	1

Sumber : hasil analisis

$$\text{Nilai imbuhan} = (\text{Kb.Kp}) + (\text{Hb.Hp}) + (\text{Sb.Sp}) + (\text{Lb.Lp}) + (\text{Mb.Mp})$$

dengan K adalah konduktivitas hidrolik, H adalah curah hujan rata-rata tahunan, S adalah tanah penutup, L adalah kemiringan lereng, M adalah kedalaman muka freatik, b adalah nilai bobot dan p adalah nilai peringkat

Kelompok daerah imbuhan airtanah dibedakan menjadi daerah imbuhan utama, daerah imbuhan tambahan, dan daerah imbuhan tidak berarti. Daerah imbuhan utama, merupakan daerah imbuhan airtanah dengan nilai imbuhan lebih besar dari 33. Daerah imbuhan tambahan, merupakan daerah imbuhan airtanah dengan nilai imbuhan antara 30 sampai 33, sedangkan daerah imbuhan tidak berarti, merupakan daerah imbuhan airtanah dengan nilai imbuhan lebih kecil dari 30.

Hasil skoring dari beberapa parameter tersebut selanjutnya dianalisis dengan unit analisis fisiografi. Terdapat 8 unit fisiografi di daerah penelitian yaitu dataran aluvial kaki Gunungapi Lawu, dataran aluvial kaki Gunungapi Wilis, lembah Sungai Bengawan Solo, lereng atas Gunungapi, lereng bawah Gunungapi, lereng kaki gunungapi, lereng tengah Gunungapi, dan Perbukitan Struktural. Pembagian unit fisiografi ini menggunakan pendekatan bentuklahan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Topografi dan Fisiografi

Secara umum kondisi topografi di Kabupaten Ngawi cukup bervariasi, yaitu topografi datar,

bergelombang, berbukit dan pegunungan tinggi, dengan ketinggian 40 - 3.031 m di atas permukaan laut. Di bagian tengah adalah daerah dataran yang merupakan lahan pertanian subur, di bagian selatan merupakan daerah perbukitan dan pegunungan yang membujur dari timur ke barat, meliputi wilayah Kecamatan Kendal, Kecamatan Jogorogo, Kecamatan Ngrambe dan Kecamatan Sine yang berada di lereng Gunung Lawu. Di bagian utara, membujur dari timur ke barat merupakan deretan Pegunungan Kendeng yang terhitung kurang subur yang terdiri atas batuan gamping dan dibatasi oleh Sungai Bengawan Solo.

Menurut pembagian van Bammelen (1970), fisiografi Kabupaten Ngawi merupakan zona depresi tengah Pulau Jawa. Zona depresi ini merujuk pada daerah cekungan diantara fisiografi sebelah utara dan selatan kabupaten ini. Kabupaten Ngawi secara regional memiliki fisiografi yang terbagi menjadi 3 bagian dari sisi selatan hingga utara. Sisi selatan merupakan bagian yang masih dipengaruhi oleh bentukan fisiografi gunungapi kuartar, sedangkan fisiografi bagian utara berupa Antiklinorium Kendeng.

### **Kondisi Geologi dan Hidrogeologi**

Berdasarkan Peta Geologi Wilayah Ngawi dan Sekitarnya Skala 1 : 100.000, secara regional Kabupaten Ngawi memiliki struktur geologi yang mengelompok pada sisi selatan dan utara. Sisi selatan terindikasi berupa struktur patahan yang berada pada wilayah yang masih terpengaruh dari kelompok patahan di sekitar Gunungapi Lawu. Sisi utara didominasi oleh struktur regional berupa lipatan dan terdapat sesar geser dan sesar naik. Kondisi tersebut tidak lepas dari kondisi fisiografi sisi utara kabupaten ini yang berupa deretan perbukitan yang merupakan bagian dari Antiklinorium Kendeng.

Litologi terdiri atas beberapa kelompok formasi batuan kuartar dan tersier yang tersebar di wilayah kajian. Umur litologi yang tersebar di kabupaten ini berkisar dari umur batuan pada Kala Miosen Akhir hingga pada Kala Holosen. Litologi dengan umur Miosen akhir didominasi oleh kelompok formasi batuan yang berada pada fisiografi sisi utara kabupaten ini, sedangkan pada sisi selatan cenderung merupakan kelompok batuan dengan formasi yang berumur pleistosen hingga holosen.

Berdasarkan Peta Hidrogeologi Wilayah Ngawi dan Sekitarnya Skala 1 : 100.000, ditinjau dari produktivitasnya, akuifer di daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat zona, yakni (1) daerah akuifer langka, (2) akuifer produktivitas rendah, (3) akuifer produktivitas sedang, dan akuifer pro-

duktivitas tinggi. Akuifer dengan produktivitas sedang mendominasi dengan luas cakupan mencapai 56,32% dari total wilayah, diikuti dengan daerah akuifer langka (26,82%), akuifer produktivitas tinggi (11,38%) dan akuifer produktivitas rendah menempati luas yang paling kecil, yakni sekitar 5,48% dari luas wilayah.

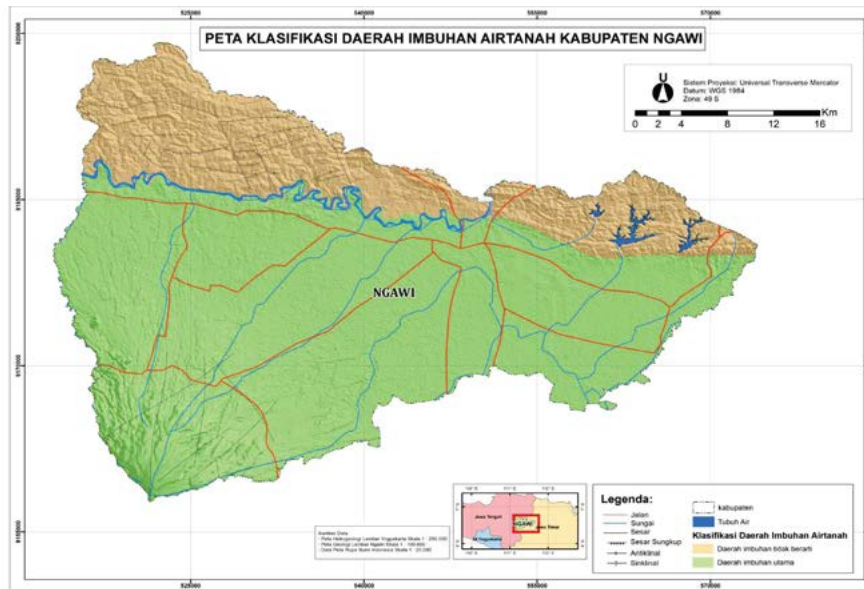
Secara garis besar, hidrogeologi Kabupaten Ngawi terkait dengan geomorfologi dan geologinya. Satuan kelompok akuifer di lokasi kajian dapat dibedakan menjadi (1) Satuan Lereng Gunungapi Lawu, (2) Satuan Pegunungan Struktural Lipatan dan (3) Satuan Akuifer Zona Depresi (Aluvial Bengawan Solo). Ketiga kelompok satuan akuifer memiliki luas yang hampir sama, di mana satuan akuifer zona depresi memiliki luas yang paling besar.

### **Klasifikasi Daerah Imbuan Airtanah Kabupaten Ngawi**

Daerah imbuan airtanah Kabupaten Ngawi diklasifikasikan berdasarkan penilaian dari beberapa parameter untuk mendapatkan satu penilaian akhir kelas imbuan airtanah. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, terdapat 5 parameter dalam penentuan zonasi daerah imbuan airtanah di daerah penelitian yaitu konduktivitas hidrolik batuan, curah hujan, tanah penutup, kemiringan lereng dan kedalaman muka freatik. Parameter konduktivitas hidrolik memiliki bobot tertinggi yang menjadikan parameter ini merupakan parameter paling berpengaruh dalam menentukan klasifikasi imbuan airtanah, sedangkan parameter lain memiliki pengaruh yang lebih kecil dalam menentukan besarnya imbuan airtanah. Bobot dari masing-masing parameter tersebut didapatkan dari data sekunder, data pengukuran di lapangan dan hasil analisis. Berdasarkan kriteria ini, terdapat 2 klasifikasi imbuan airtanah di Kabupaten Ngawi, yaitu daerah imbuan utama dan daerah imbuan tidak berarti, yang sebarannya secara spasial dapat dilihat pada Gambar 1.

Memperhatikan Gambar 2 tersebut, daerah yang terklasifikasikan sebagai daerah imbuan airtanah utama di Kabupaten Ngawi berada di daerah tengah dan sisi selatan kabupaten ini, sedangkan daerah imbuan airtanah tidak berarti berada di bagian utara. Secara keseluruhan apabila dilihat dari luas total wilayahnya, Kabupaten Ngawi memiliki 74,5% daerah imbuan utama dan 25,5 % daerah imbuan tidak berarti.

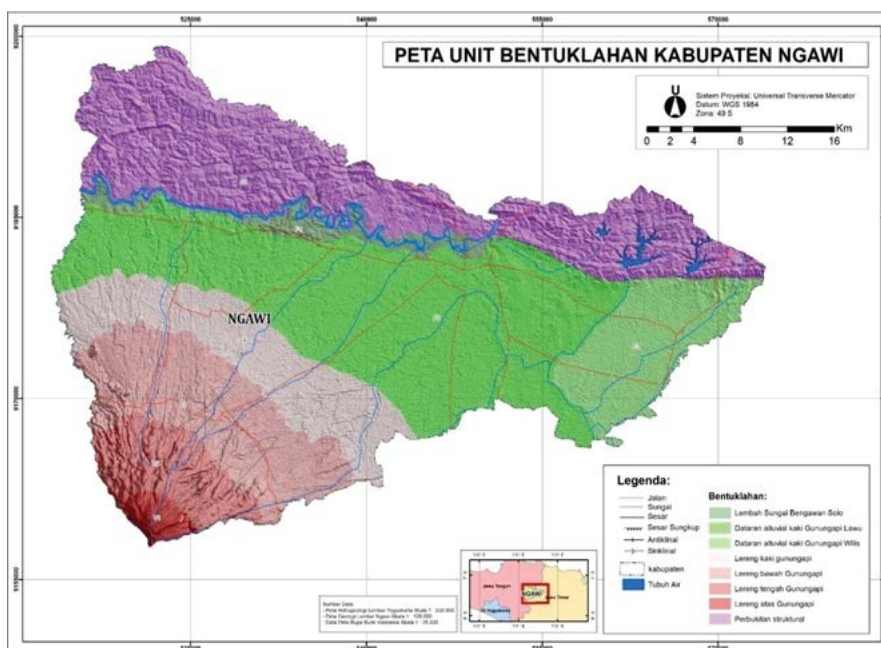
Seperti telah dikemukakan pada metode penelitian, hasil skoring dari beberapa parameter tersebut dianalisis dengan unit analisis fisiografi, dengan pendekatan bentuklahan. Tabel 7 menun-



Gambar 1. Sebaran spasial daerah imbuhan airtanah di daerah penelitian

Tabel 7. Persentase luas daerah imbuhan airtanah Kabupaten Ngawi

Bentuk Lahan	Luas Daerah Imbuhan Airtanah (Ha)	
	Daerah Imbuhan Utama	Daerah Imbuhan Tidak Berarti
Dataran aluvial kaki Gunungapi Lawu	44769,88	0,00
Dataran aluvial kaki Gunungapi Wilis	11587,77	0,00
Lembah Sungai Bengawan Solo	4739,06	0,00
Lereng atas Gunungapi	1780,55	0,00
Lereng bawah Gunungapi	17011,44	0,00
Lereng kaki Gunungapi	15778,04	0,00
Lereng tengah Gunungapi	7596,20	0,00
Perbukitan struktural	0,00	35416,63
Total (Ha)	103262,94	35416,63
Persentase (%)	74,46	25,54



Gambar 2. Peta unit bentuk lahan daerah penelitian



jukan persentase dan luasan klasifikasi setiap daerah imbuhan airtanah berdasarkan bentuk lahan Kabupaten Ngawi.

Berdasarkan bentuk lahannya, wilayah yang merupakan daerah imbuhan utama merupakan lereng Gunungapi Lawu (dataran aluvial kaki Gunungapi Lawu, lereng kaki Gunungapi Lawu, lereng bawah Gunungapi Lawu, lereng tengah Gunungapi Lawu, lereng atas Gunungapi Lawu), lereng Gunungapi Wilis (dataran aluvial kaki Gunungapi Wilis), dataran aluvial, dan lembah Sungai Bengawan Solo. Daerah perbukitan struktural (sinklinal dan antiklinal) terklasifikasikan menjadi imbuhan airtanah tidak berarti (Gambar 2).

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Biro Penelitian dan Kerjasama (BPKS) Fakultas Geografi UGM yang telah memfasilitasi penelitian ini.

### KESIMPULAN

Di daerah penelitian terdapat dua daerah imbuhan airtanah yaitu daerah imbuhan utama dan daerah imbuhan tidak berarti. Daerah imbuhan airtanah utama di Kabupaten Ngawi didapatkan pada daerah tengah dan sisi selatan hingga bagian tengah kabupaten ini, sedangkan daerah imbuhan airtanah tidak berarti berada di bagian utara. Secara keseluruhan apabila dilihat dari luasnya, maka Kabupaten Ngawi memiliki 74,5% daerah imbuhan utama, dan 25,5 % daerah imbuhan tidak berarti.

Wilayah yang merupakan daerah imbuhan airtanah utama adalah lereng Gunungapi Lawu, dataran aluvial, hingga lembah Sungai Bengawan Solo, sedangkan pada daerah perbukitan struktural (sinklinal dan antiklinal) terklasifikasikan menjadi imbuhan airtanah tidak berarti.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adji T. N & Sejati S.P. 2012. Identification of groundwater potential zones within an area with various geomorphological units by using several field parameters and a GIS approach in Kulon Progo Regency, Java, Indonesia. *Arab J Geosci* (2012) 7 : 161-172.
- Al-Amoush H ; Hammouri N A ; Zunic F ; Salameh E. 2010. Intrinsic Vulnerability Assessment for The Alluvial Aquifer in The Northern Part of Jordan Valley. *Water Resources Management* 24 : 3461-3485
- Bemmelen, R. W. V. 1970. *The Geology of Indonesia : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. The Hague : Martinus Nijhoff.
- Cahyadi, A.; Fatchurohman, H.; Riyanto, I.A. 2018. [Groundwater quality analysis in dry seasons in Panggang Cay, Kepulauan Seribu, Jakarta, Indonesia](#). *Earth and Environmental Science*, 212(1): 1 – 8.
- Cahyadi, A.; Agniy, R.F.; Khakhim, N.; Purnama, S.; Bachtiar, I.Y. and Prihartanto, W.J. 2018. [The hydrogeological mapping of the southwestern part of Serang Regency, Banten, Indonesia](#). *International Conference on Science and Technologi (ICST)* 2018. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Davie T. 2008. *Fundamentals of Hydrology*. Routledge, Taylor & Francis Group, London
- Fetter, C. W. 1988. *Applied Hydrogeology*. Merrill Publishing Company, Columbus-Ohio.
- Hoque A.M., Hoque M.M., Ahmed K.M. 2007. Declining groundwater level and aquifer dewatering in Dhaka Metropolitan Area, Bangladesh : cause and quantification. *Hydrogeology Journal* (2007) 15 : 1523-1534.
- Jasrotia A.S., Bhagat B.D., Kumar A., Kumar R. 2012. Remote Sensing and GIS Approach for Delineation of Groundwater Potential and Groundwater Quality Zones of Western Doon Valley, Uttarakhand, India. *J Indian Soc Remote Sens* (June 2013) 41 (2) : 365-377.
- Majandang J & Sarapirome S. 2013. Groundwater vulnerability assessment and sensitivity analysis in Nong Rua, Khon Kaen, Thailand, using a GIS-based SINTACS model. *Environ Earth Sci* (2013) 68:2025–2039
- Purnama S & Marfai M.A. 2012. Saline water intrusion toward groundwater: Issues and its control. *Journal of Natural Resources and Development* 2012; 02: 25-32.
- Purnama S. 2017. Water Infiltration Into Soil and Its Effect to Surface Runoff in Subdistrict of Kasihan, Bantul Regency. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* (79) : 87-91.
- Purnama S. 2019. Spatial distribution of dominant ions in the groundwater in Banyumudal Groundwater Basin, Central Java, Indonesia. *E3S Web of Conferences* 76, 02005 (2019) : 1-6.
- Qing-hai, Deng, Feng-shan, M.A., Ren-mao, Yuan, Bing-kui, Yao, 2007. Geological environment problems caused by controlling groundwater exploitation in Jiangyin City. *J. Chin. Univ. Min. Technol.* 17 (1), 0085–0089.
- Rushton K.R. 2003. *Groundwater Hydrology : Conceptual and Computational Models*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex
- Seiler, K.-P., Gat, J.R., 2007. *Groundwater Recharge from Run-Off, Infiltration and Percolation*. Springer, The Netherlands (Chapter 6).
- Tam V.Y., Nga T.T.V. 2018. Assesment of urbanization impact on groundwater resources in Hnaoi, Vietnam. *Journal of Environmental Management* 227 (2018) : 107-116.
- Tillman, F.D., Leake S.A., 2010. Trends in groundwater levels in wells in the active management areas of Arizona, USA. *Hydrogeol. J.* 18, 1515–1524
- Todd, D.K. & Mays L.W. 2005. *Groundwater Hydrology*. John Wiley & Sons, New York.
- Wannielista, M., R. Kersten and R. Eaglen. 1997. *Hydrology : Water Quantity and Quality Control*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Zuidam, V. C. (1985) *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphological Mapping*. Smits Publishers, The Hague