

**KAJIAN LAJU INFILTRASI TANAH  
DAN IMBUHAN AIR TANAH LOKAL  
SUB DAS GENDOL PASCA ERUPSI MERAPI 2010**

Sri Ningsih  
sih\_ningsih91@yahoo.com

Ig L. Setyawan Purnama  
setyapurna@ugm.ac.id

**Abstract**

*This research was done at Sub DAS Gendol which is one of recharge area on Merapi Aquifer Unit. The aim adapted in this research are to know the value of land infiltration rate post Merapi eruption at 2010, and to calculate the value of groundwater recharge by water balance method.*

*The result of this research shows that the lowest infiltration rate is on the land which covered by ash, that is 0,051 cm/minutes. The highest infiltration rate is on lahars (sand and gravel) covered land, that is 0,487 cm/minutes, even though on the uncovered land by pyroclastic material layer has 0,375 cm/minutes infiltration rate.*

*Groundwater recharge's value of Sub DAS Gendol is 357 mm/tahun.m<sup>2</sup> at steep slope class (>40%), 359 mm/tahun.m<sup>2</sup> at oblique slope class (8% - 25%) and 347 mm/tahun.m<sup>2</sup> at slightly slope class (3% - 8%). Temporally analysis show that groundwater recharge doesn't occur at dry season.*

*Keywords: infiltration, groundwater recharge, Merapi eruption, Sub DAS Gendol*

**Abstrak**

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Gendol yang termasuk dalam kawasan resapan Satuan Akuifer Merapi (SAM). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai laju infiltrasi tanah pasca erupsi Gunungapi Merapi 2010, serta menghitung nilai imbuhan airtanah menggunakan metode imbuhan air.

Hasil penelitian menunjukkan rerata laju infiltrasi pada lahan tertutup abu adalah yang paling rendah yaitu 0,051 cm/menit. Rerata laju infiltrasi paling tinggi adalah pada lahan tertutup material lahar (pasir dan kerikil) yaitu 0,487 cm/menit, sedangkan pada lahan yang tidak tertutup material piroklastik memiliki rerata laju infiltrasi 0,375 cm/menit.

Nilai imbuhan airtanah lokal Sub DAS Gendol adalah 357 mm/tahun.m<sup>2</sup> pada lereng terjal (>40%), 359 mm/tahun.m<sup>2</sup> pada lereng miring (8%-25%) dan 347 mm/tahun.m<sup>2</sup> pada lereng landai (3%-8%). Secara temporal, imbuhan airtanah tidak terjadi pada musim kemarau.

*Kata kunci: infiltrasi, imbuhan airtanah, erupsi Merapi, Sub DAS Gendol*

## PENDAHULUAN

Infiltrasi adalah proses masuknya air ke dalam tanah. Proses ini sangat berperan dalam siklus geohidrologi, karena merupakan proses awal keberadaan airtanah dalam akuifer. Air yang terinfiltrasi dan lolos dari zona aerasi, akan menambah airtanah dalam akuifer dan disebut sebagai komponen imbuan airtanah. Selain berasal dari imbuan airtanah lokal yang bersumber dari perkolasi air hujan, airtanah juga terimbuh oleh imbuan airtanah regional yang bersumber dari aliran airtanah dalam akuifer (Sophocleus, 2004).

Salah satu faktor yang mempengaruhi infiltrasi adalah jenis tutupan lahan. Faktor ini kemudian akan menentukan sifat fisik tanah seperti tekstur tanah, yang berpengaruh kuat terhadap perilaku peresapan air ke dalam tanah. Faktor curah hujan berpengaruh, dimana kapasitas infiltrasi akan tercapai jika hujan melebihi kapasitas infiltrasi, sedangkan pada hujan yang lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka rerata infiltrasi sama dengan curah hujan (Seyhan, 1990).

Erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 termasuk cukup besar dan telah memuntahkan material piroklastik sekitar 140 juta m<sup>3</sup> (Attamami dkk, 2011). Salah satu material piroklastik, abu vulkanik, memiliki sifat yang cepat mengeras dan sulit ditembus oleh air, baik dari atas maupun dari bawah permukaan (Suriadikarta dkk, 2010). Material piroklastik meluncur dan mengendap oleh tenaga gravitatif saat bencana aliran awan panas. Salah satu

akibatnya adalah rusaknya tegakan hutan dan perubahan tutupan lahan oleh material piroklastik. Perubahan tersebut kemudian berpengaruh terhadap perilaku peresapan airtanah melalui infiltrasi, sehingga lebih jauh juga berperan pada imbuan airtanah lokal wilayah tersebut.

Wilayah penelitian adalah Sub DAS Gendol, yang berada di lereng selatan Gunungapi Merapi. Selain sebagai kawasan rawan bencana, Sub DAS Gendol juga berperan sebagai kawasan resapan airtanah bagi kawasan di bawahnya. Berdasarkan fungsi tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi terhadap permasalahan airtanah pasca erupsi Merapi 2010. Salah satunya dengan mengetahui perilaku peresapan air dengan infiltrasi, serta perhitungan terhadap imbuan airtanah lokal di Sub DAS Gendol. Selain untuk mengetahui dampak erupsi di bidang geohidrologi, penelitian ini juga dapat digunakan sebagai pembanding pada penelitian selanjutnya.

## METODE PENELITIAN

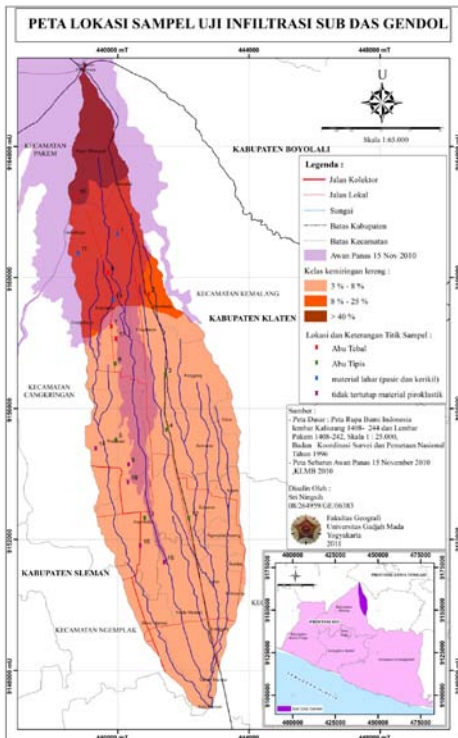
### Pemilihan Sampel

Sub DAS Gendol dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan lokasi terparah terkena aliran awan panas Merapi 2010 berdasarkan peta aliran awan panas dari KLMB, 2010. Sampel dilakukan untuk penentuan lokasi pengukuran infiltrasi.

Metode pemilihan sampel dilakukan secara *stratified random sampling* dengan strata utama adalah pembagian Sub DAS Gendol berdasarkan kemiringan lerengnya.

Relief yang terdapat di daerah penelitian adalah landai (3-8 %), miring (8 – 25%) dan sangat terjal (>40%).

Sebagai asumsi adalah lapisan pasir dan abu bersumber dari gerakan awan panas yang meluncur secara gravitasional, sehingga dalam hal ini peranan kemiringan lereng akan mempengaruhi ketebalan lapisan material pasir dan abu. Dalam tiap satuan kemiringan lereng tersebut, diambil sampel untuk pengukuran infiltrasi berdasarkan keberadaan dan jenis material piroklastik yang menutupi lahan.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian

## Infiltrasi

Pengukuran infiltrasi dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat *double ring infiltrometer*. Alat tersebut dimasukkan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman sekitar 10 cm dan kedua ring dalam posisi datar (Suprayogi, 1999). Pengukuran dilakukan dengan menghitung volume air yang perlu ditambahkan pada ring bagian dalam untuk kembali pada ketinggian air semula setiap periode waktu tertentu.

Pengolahan data infiltrasi lapangan menggunakan metode Horton. Metode ini termasuk metode *time dependent*.

$$f(t) = fc + (f0 - fc)e^{-kt}$$

Keterangan :

$f(t)$  = laju infiltrasi pada waktu ke t (cm/menit)

$fc$  = laju infiltrasi konstan (cm/menit)

$f0$  = laju infiltrasi awal (cm/menit)

$e$  = bilangan eksponensial (2,718)

$k$  = konstanta laju pengurangan kapasitas infiltrasi

$t$  = waktu (menit)

Nilai rerata infiltrasi kemudian dianalisa secara deskriptif kuantitatif dan komparatif setiap titik pada setiap perbedaan jenis material piroklastik yang menutupi lahan.

## Imbuhan Airtanah

Perhitungan imbuhan airtanah Sub DAS Gendol dilakukan dengan metode imbuhan air. Metode ini mengasumsikan setiap masukan oleh air hujan akan sama dengan keluaran oleh *evapotranspirasi*, *run off* dan *lekas tanah*. Metode ini mudah

diaplikasikan jika ketersediaan data mencukupi. Kelemahan dari metode ini adalah terdapatnya *error* yang cukup besar, karena merupakan penjumlahan dari *error-error* dari perhitungan komponen imbuan airtanah.

Metode pengolahan data menggunakanimbangan air Thornthwaith-Matter, dimana lengas tanah yang dihitung bersiklus tahunan sehingga bernilai nol.

$$R = P - RO - Ea$$

Keterangan :

R = Imbuan airtanah

P = Presipitasi

RO= Run Off

Ea = Evapotranspirasi Aktual

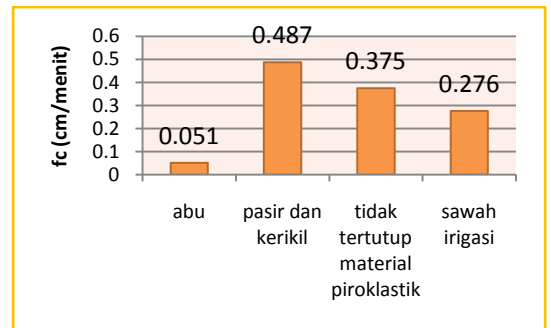
Nilai imbuan dihitung pada tiap kelas kemiringan lereng. Asumsi pada perhitungan ini adalah airtanah dalam akuifer hanya bersumber dari aliran infiltrasi dan perkolasi, dan tidak memperhatikan adanya *inflow* dari akuifer lain. Imbuan pada tiap kemiringan lereng menggunakan data hujan dan suhu dari stasiun yang mempengaruhi tiap kemiringan lereng. Daerah pengaruh tiap stasiun didapatkan dari Peta *Polygon Thiessen*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Infiltrasi

Persebaran secara umum untuk material abu vulkanik adalah pada lahan yang berada di hulu dan tengah Sub DAS Gendol dan cukup jauh dari badan Sungai Gendol. Sedangkan untuk material pasir dan kerikil (lahar), berada di bagian hulu dan tengah Sub DAS Gendol, sekitar 50-100 m dari badan Sungai Gendol.

Hasil uji infiltrasi lapangan menunjukkan hasil yang bervariasi antar tempat. Sehingga dalam analisis perlu dikelompokkan berdasarkan perbedaan material piroklastik yang menutupi lahan. Secara umum, urutan rerata laju infiltrasi dari yang terendah adalah pada lahan tertutup abu, lahan tidak tertutup material piroklastik dan pada lahan tertutup material lahar (pasir dan kerikil), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Perbandingan Infiltrasi

Berikut adalah pemaparan setiap kelompok lahan :

- a) Lahan Tertutup Material Lahar (Pasir dan Kerikil)

Uji infiltrasi pada sekitar bagian hulu Sub DAS Gendol dengan material permukaan ukuran pasir hingga kerikil terdapat pada sampel 1, 11 dan 18. Lokasinya tidak jauh dari badan sungai yang merupakan jalur utama aliran piroklastik pada erupsi Merapi 2010. Pengamatan pada tiap lokasi menunjukkan bahwa ukuran tiap material pasir dan kerikil berbeda-beda. Laju infiltrasi pada lahan ini berkisar antara 0,207 – 0,634 cm/menit. Tabel 1.1 menunjukkan hasil uji infiltrasi pada titik-titik tersebut.

Tabel 1.1 Infiltrasi Lahan tertutup Lahar

No Sampel	Material Piroklastik	Tebal (cm)	fc (cm/menit)
1	Campuran pasir dan abu	25	0,6337
11	Pasir dan abu	9,2	0,4875
18	Campuran pasir, kerikil dan abu	24	0,207

Sumber : Perhitungan data primer, 2011

Perbedaan rerata laju infiltrasi lahan ini dipengaruhi oleh tekstur tanah permukaan. Sampel 18 memiliki tekstur paling halus, yaitu geluh lempung pasir, sedangkan sampel 1 dan 11 bertekstur geluh pasir. Berdasarkan pengamatan, sampel 18 memiliki lapisan piroklastik yang paling kompak dibandingkan lainnya, sehingga rerata laju infiltrasinya yang paling rendah. Sampel 1 adalah yang paling gembur, sehingga memiliki rerata infiltrasi tertinggi.

b) Lahan Tertutup Material Abu

Infiltrasi pada lahan tertutup abu jauh lebih kecil dibandingkan lahan lainnya. Penyebabnya adalah ukuran butir abu yang sangat halus, memiliki gaya kapiler yang tinggi. Juga sifat lapisan abu yang akan cepat mengeras pada kondisi basah. Lapisan yang keras tersebut disebut *crust* yang terjadi karena abu memiliki gaya kohesi yang tinggi saat basah. Lapisan ini menjadikan air sulit terinfiltrasi, dan laju infiltrasi menjadi cepat konstan. Lahan tertutup material abu adalah padalokasi sampel 2, 6, 7, 10 dan 17. Hasil infiltrasi lahan tertutup abu disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Infiltrasi Lahan Tertutup Abu

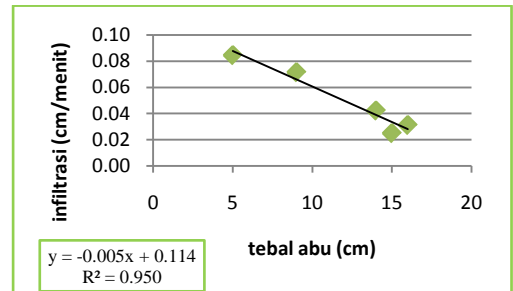
No Sampel	material proklastik	tebal (cm)	f c (cm/menit)
-----------	---------------------	------------	----------------

10	Abu	5	0,0845
6	Abu	9	0,0715
2	Abu	14	0,0422
7	Abu	16	0,0312
17	Abu	15	0,0250

Sumber : Perhitungan data primer, 2011

Terdapat perbedaan pola laju infiltrasi pada sampel 7 dan 17, dimana infiltrasi meningkat hingga mencapai konstan. Faktor yang mempengaruhi salah satunya adalah tekstur, dimana sampel 10, 6, dan 2 memiliki tekstur geluh pasir dan sampel 7 dan 17 bertekstur geluh debu. Sehingga semakin halus tekstur abu, maka infiltrasi makin rendah.

Selain itu terdapat faktor ketebalan abu yang juga sangat berpengaruh, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.3. Semakin tebal abu maka laju infiltrasi menjadi semakin rendah.



Gambar 1.3 Grafik Infiltrasi dan Ketebalan Abu

c) Lahan Tidak Tertutup Material Piroklastik

Beberapa lahan memiliki lapisan abu yang tipis, yaitu kurang dari 3cm. tipisnya lapisan abu tidak begitu mempengaruhi laju infiltrasi seperti pada lahan tertutup abu yang tebal.

Hal ini dikarenakan abu yang tipis mudah tererosi saat hujan dan bercampur dengan tanah di bawahnya, sehingga tidak membentuk lapisan kerak. Oleh karena itu, pada lahan abu tipis ini dianalisa bersama dengan lahan tidak tertutup material piroklastik. Tabel 1.3 menunjukkan hasil uji infiltrasi pada lahan tidak tertutup material piroklastik.

Tabel 1.3 Infiltrasi Lahan Tidak Tertutup Material Piroklastik

No Sampel	material proklastik	Tebal (cm)	f c (cm/menit)
8	abu	3	0,3250
3	abu	0,5	0,4387
4	abu	1	0,5525
5	abu	0,5	0,3510
9	Tidak ada	0	0,2437
12	abu	3	0,2600
13	abu	2,8	0,4550
15	Tidak ada	0	0,0162
16	Tidak ada	0	0,2600
19	Tidak ada	0	0,2925
14	Tidak ada	0	0,9099

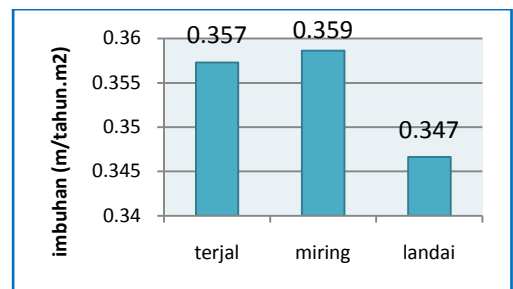
Sumber : Perhitungan data primer, 2011

Faktor yang mempengaruhi perbedaan laju infiltrasi adalah pada sifat fisik tekstur tanah. Sebagian besar tanah di Sub DAS Gendol bertekstur pasir bergeluh, karena terbentuk dari material hasil erupsi gunungapi. Selain itu penggunaan lahan juga berpengaruh. Pada umumnya urutan laju infiltrasi dari yang terkecil adalah pada sawah irigasi, kebun, tegalan dan lahan kosong.

### Imbuan Airtanah

Perhitungan imbuan airtanah local menggunakan metodeimbangan air Thornthwaith-Matter. Perhitungan tiap kelas kemiringan lereng menggunakan data hujan dan suhu dari masing-masing stasiun yang mempengaruhi tiap kelas lereng. Perhitungan *evapotranspirasi* dan *run off* juga menggunakan metode Thornthwaith.

Hasil perhitungan secara umum menunjukkan imbuan airtanah tertinggi adalah di bagian tengah Sub DAS Gendol, di kelas kemiringan lereng miring. Berdasarkan peta Isohyet Sub DAS Gendol, rerata hujan tahunan tertinggi adalah di bagian tengah Sub DAS. Hal ini mempengaruhi tingginya imbuan airtanah lokal di kelas lereng miring. Perbandingan imbuan tiap kelas lereng ditunjukkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik Imbuan Airtanah

Sedangkan secara temporal, imbuan airtanah hanya terjadi di musim hujan dimana presipitasi cukup untuk menjadi imbuan, seperti bulan November, Desember, Januari dan Februari. Pada musim kemarau, presipitasi kecil sehingga tidak mencukupi untuk menjadi imbuan airtanah. Berikut adalah rincian perhitungan imbuan airtanah pada setiap kelas kemiringan lereng :

a) Lereng Terjal (>40%)

Lereng terjal termasuk dalam puncak Gunungapi Merapi dan sebagian lereng atas Gunungapi Merapi. Materialnya tersusun atas endapan hasil erupsi gunungapi. Bagian puncak tersusun atas batuan beku lava yang bersifat *akuifug* karena tidak dapat meloloskan dan menyimpan air. Oleh karena itu dalam perhitungan imbuan airtanah, bagian lereng terjal dikurangi dengan bagian puncak Gunungapi seluas 1,29 km<sup>2</sup>. Maka luasan lereng terjal yang diperhitungkan menjadi 2,55 km<sup>2</sup>.

Stasiun hujan yang mempengaruhi lereng terjal adalah Stasiun Deles. Perhitungan disajikan pada Tabel 1.4. Dengan rerata hujan tahunan sekitar 2143 mm/tahun, imbuan di lereng terjal adalah 910.025 m<sup>3</sup>/tahun, atau 357 mm/tahun.m<sup>2</sup>. nilai ini setara dengan 16,67% dari air hujan menjadi imbuan airtanah.

Tabel 1.4 Imbuan Airtanah Lereng Terjal

Parameter	Nilai	Satuan
Q (imbuan)	357	mm/tahun
A (luas)	2.546.947	m <sup>2</sup>
WR ( <i>water recharge</i> )	910.025	m <sup>3</sup> /thn

b) Lereng Miring (8-25%)

Seluruh area dalam bagian lereng miring ini termasuk dalam daerah tangkapan air karena dapat menyimpan dan meloloskan airtanah. Namun akuifer di sini termasuk dalam akuifer yang dalam karena tinggi muka airtanahnya sangat dalam, sehingga tidak memungkinkan bagi

warga sekitar untuk mendapatkan air dengan pembuatan sumur. Luas area lereng miring adalah sekitar 9,25 km<sup>2</sup> dengan hujan yang terjadi termasuk dalam daerah pengaruh dari stasiun Deles, Stasiun Bronggang dan Stasiun Stasiun Kempu. Berikut hasil perhitungan imbangan air pada daerah lereng miring seperti ditunjukkan pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Imbuan Airtanah Lereng Miring

Parameter	Nama Stasiun			Satuan
	Deles	Bronggang	Kempu	
Q (imbuan)	357	407	396	mm
A (luas)	8.940.006	20.489	293.335	m <sup>2</sup>
WR ( <i>Water Recharge</i> )	3.194.266	8.342	116.084	m <sup>3</sup> /thn
Total	3.318.692			m <sup>3</sup> /thn

Distribusi hujan yang terjadi pada bagian tengah ini memiliki rerata hujan tahunan yang lebih tinggi dibandingkan rerata hujan di lereng terjal, yaitu 2376 mm/tahun. Dibandingkan dengan hujan rerata tahunan tersebut, maka sekitar 15,1% air hujan akan menjadi imbuan airtanah. Nilai potensi imbuan airtanah lokal di lereng miring adalah 3.318.692 m<sup>3</sup>/tahun atau sama dengan 0,359 m<sup>3</sup>/tahun.m<sup>2</sup>

c) Lereng Landai (2-8%)

Luas bagian lereng landai di Sub DAS Gendol adalah 42,7 km<sup>2</sup>. Pada kemiringan ini, lereng terbentuk oleh material piroklastik yang mengendap oleh hasil aktivitas tenaga air Hujan di lereng landai menurut Peta *Polygon Thiessen* termasuk dalam daerah pengaruh stasiun Candisewu, Deles, Kempu, Bronggang dan Woro.

Tabel 1.6 Imbuan Airtanah lereng Landai

Parameter	Nama Stasiun					Satuan
	Candisewu	Deles	Kemput	Bronggang	Woro	
Q (imbuan)	187	357	396	407	293	mm
A (luas)	7.383.778	4.082.276	65.559	24.533.548	6648514,2	m <sup>2</sup>
WR (Water Recharge)	1.382.505	1.458.598	25.944	9.989.036	1.949.816	m <sup>3</sup> /thn
Total	14.805.899					m <sup>3</sup> /thn

Berikut adalah hasil perhitungan imbuan airtanah lokal lereng landai yang ditunjukkan pada Tabel 1.6.

Hujan rerata tahunan Sub DAS Gendol bagian lereng landai adalah 2159 mm/tahun. Angka ini lebih rendah dibandingkan rerata hujan tahunan pada lereng miring. Hal ini terjadi karena pengaruh hujan tipe orografis yang biasa terjadi pada kawasan pegunungan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar awan menjadi jenuh pada bagian tengah Sub DAS Gendol. Dengan luasan sekitar 42,7 km<sup>2</sup>, bagian ini memiliki nilai imbuan airtanah sebanyak 14.805.899 m<sup>3</sup>/tahun, atau setara dengan 0,347 m/tahun.m<sup>2</sup>. Maka air hujan yang menjadi imbuan adalah sekitar 16,06%

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karakteristik laju infiltrasi pada lahan tertutup abu adalah memiliki rerata laju infiltrasinya adalah 0,051 cm/menit. Semakin tebal abu maka laju infiltrasi semakin rendah. Semakin halus tekstur abu maka infiltrasi juga semakin rendah
2. Karakteristik laju infiltrasi pada lahan tertutup pasir-kerikil adalah dengan rerata laju inifiltrasi

konstannya adalah 0,487 cm/menit. Semakin kompak campuran pasir dan kerikil serta abu, maka laju infiltrasi semakin rendah. Begitu pula dengan tekstur yang makin kasar maka laju infiltrasi semakin besar.

3. Karakteristik laju infiltrasi pada lahan tidak tertutup material piroklastik adalah memiliki rerata laju infiltrasi 0,375 cm/menit. Perbedaan pada masing-masing sampel pengujian infiltrasi adalah dikarenakan perbedaan tekstur tanah, selain itu juga pengaruh dari penggunaan lahan.
4. Imbuan airtanah lokal Sub DAS Gendol menggunakan metode imbangan air adalah 357 mm/tahun.m<sup>2</sup> pada lereng terjal, 359 mm/tahun.m<sup>2</sup> pada lereng miring dan 347 mm/tahun.m<sup>2</sup> pada lereng landai. Secara total Sub DAS Gendol memiliki nilai imbuan airtanah lokal 19.034.165 m<sup>3</sup>/tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

Attamami, M., Rusqiyati, E.A. 2011. Menanti Habisnya Material Erupsi Merapi. *Bernas Jogja* 31 Januari 2011. hal. 4



Seyhan, E. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press

Sophocleus. 2004. *Groundwater Recharge*. United States : University of Kansas

Suprayogi, S.. 1999. *Respon sifat Tanah Terhadap Hujan (Kajian Tentang Infiltrasi dan Permeabilitas) di Wilayah Kabupaten Sleman Yogyakarta*. Yogyakarta : Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada.

Suriadikarta, D.A., Abbas, A., Sutono, Erfandi,D., Santoso,Edi., Kasno,A. 2010. *Identifikasi Sifat Kimia Abu Volkan, Tanah dan Air di Lokasi Dampak Letusan Gunung Merapi*. Bogor : Balai Penelitian Tanah