

DOI: 10.29303/jrpb.v8i1.157
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

KOMPARASI TIGA MODEL INFILTRASI PADA LAHAN PERTANIAN DAN AGROFORESTRI DI DAS MERAWU – BANJARNEGARA

Comparison of Three Infiltration Models in Farming Land and Agroforestry of Merawu Watershed – Banjarnegara

**Ngadisih^{1,3*}, Hatma Suryatmojo^{2,3}, M. Chrisna Satriagasa²,
Maya Annisa¹, Cahyo Kumolo¹**

¹Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

²Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Agro, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

³Pusat Studi Bencana (PSBA), Universitas Gadjah Mada, Jl. Mahoni C-16, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

Email*): ngadisih@ugm.ac.id

Diterima: Desember 2019

Disetujui: Februari 2020

ABSTRACT

Merawu is the most risky watershed to water erosion and landslides. As a volcanic mountain, the soil is fertile and thick. When the soil laid on steep land associated with heavy rainfall and less cover crop, then it has a high hazard to erosion and landslides. Both erosion and landslides are closely related to infiltration. This study aimed to compare the selected infiltration model i.e., Horton, Philip, and Kostiakov in predicting infiltration rate in farming land and agroforestry. Soil samples and infiltration measurements were conducted in farming land and agroforestry demplot in area ± 0.1 ha. A purposive random sampling was adopted to define sampling and measurement points. The points represented upland, middle, and lowland with three replications, so there were 18 points. Infiltration measurement used Double Ring Infiltrometer. Three statistic values (MAE, Bias, RMSE) were applied to evaluate the infiltration models. Based on the analysis of topsoil, the farming land and agroforestry were characterized as Sandy Loam and grain structure. The particle density $1.74 - 1.92 \text{ g.cm}^{-3}$, bulk density $0.48-0.60 \text{ g.cm}^{-3}$, porosity $69 - 72\%$, and organic content $3.6 - 7.5\%$. Infiltration rate of farming land by Horton, Phillip, dan Kostiakov models were 340 mm.hour^{-1} , 385 mm.hour^{-1} , 390 mm.hour^{-1} , respectively. Whereas, agroforestry 254 mm.hour^{-1} , 337 mm.hour^{-1} , dan 435 mm.hour^{-1} , respectively. Based on MAE and RMSE, the Horton model was the best fit than other for farming land and agroforestry. The best model infiltration was useful for predicting surface runoff, erosion and landslide.

Keywords: *agroforestry, farming land, infiltration rate, model, soil*

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Merawu di Banjarnegara terancam kelestarian lingkungannya karena erosi dan longsor. Tanah di DAS ini merupakan tanah vulkanik yang tebal dan subur. Ancaman erosi dan longsor muncul karena tanah berada pada lahan miring, intensitas hujan tinggi, dan penutupan lahan yang rendah. Erosi dan longsor sangat berkaitan dengan proses masuknya air ke dalam tanah (infiltrasi). Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan tiga model infiltrasi (Horton, Philip, Kostiakov) dalam memprediksi kecepatan proses masuknya air ke dalam tanah pada dua penggunaan lahan yang berbeda di DAS Merawu. Sampel tanah dan pengukuran laju infiltrasi dilakukan pada demplot: i) lahan pertanian dan ii) agroforestri dengan masing-masing luas 0,1 Ha. Titik pengambilan sampel tanah dan pengukuran infiltrasi ditetapkan berdasarkan metode *purposive sampling* yang mewakili lereng bagian atas, tengah dan bawah, masing-masing sejumlah 3 titik, sehingga total ada 18 titik sampel. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan menggunakan alat *Double Ring Infiltrimeter*. Evaluasi model menggunakan parameter statistik MAE, Bias, dan RMSE. Penelitian ini menunjukkan bahwa tanah pada demplot pertanian dan agroforestri adalah jenis Latosol dengan kelas tekstur *Sandy Loam*, struktur granuler, berat jenis 1,74 – 1,92 g.cm⁻³, berat volume 0,48 – 0,60 g.cm⁻³, porositas 69 – 72%, dan kandungan bahan organik 3,6-7,5%. Laju infiltrasi pada lahan pertanian dengan model Horton, Phillip, dan Kostiakov secara berturut-turut, yaitu 340 mm.jam⁻¹, 385 mm.jam⁻¹ dan 390 mm.jam⁻¹. Sedangkan pada agroforestri, dengan urutan yang sama: 254 mm.jam⁻¹, 337 mm.jam⁻¹, dan 435 mm.jam⁻¹. Berdasarkan nilai MAE dan RMSE, model infiltrasi Horton lebih baik dalam memprediksi laju infiltrasi pada lahan pertanian dan agroforestri.

Kata kunci: agroforestri, lahan pertanian, laju infiltrasi, model, tanah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proses masuknya air hujan atau air irigasi ke dalam tanah dikenal sebagai infiltrasi (Jury dan Horton, 2004), sebagai salah satu komponen siklus air di bumi (Sihag, dkk., 2017). Awal perjalanan air dalam sistem litosfer, dalam suatu rentang tertentu terhenti dan tersimpan dalam tubuh tanah sehingga dapat diambil oleh perakaran tanaman dan organisme tanah (Haghnazari, dkk., 2015). Selain diambil akar dan organisme tanah, air bergerak perlahan-lahan secara vertikal (*deep percolation*) dan horisontal (*seepage*) menjadi komponen air tanah yang terkumpul pada zona air tanah (*ground water, perch water*) ataupun keluar sebagai mata air (*spring*). Air dalam tanah ini yang menjamin ketersediaan air bagi makhluk hidup sepanjang musim.

Beberapa literatur mendeskripsikan peran infiltrasi dalam konservasi tanah dan

air seperti Bisset dan Oleary (1996); Hangen dkk., (2002); Sun, dkk., (2018). Ketika jumlah air yang berinfiltrasi meningkat, maka limpasan permukaan (*surface runoff*) akan berkurang yang selanjutnya dapat meminimalkan erosi dan potensi banjir, dan sebaliknya. Namun, ketika air tanah berada pada topografi yang miring, kelebihan infiltrasi akan menambah beban lereng sehingga meningkatkan potensi longsor. Oleh karena itu, infiltrasi menjadi salah satu parameter yang digunakan dalam prediksi erosi dan longsor. Studi infiltrasi umumnya melibatkan faktor-faktor mempengaruhi seperti penggunaan lahan (Návar dan Synnott, 2000; Shukla, dkk., 2003; Neris, dkk., 2012), jenis tanah (Levin, dkk., 1991; Adekalu, dkk., 2006), kadar air tanah (Anderson, dkk., 2008).

Infiltrasi ditirukan sistemnya oleh beberapa ahli dalam suatu model. Sihag, dkk., (2017), mengklasifikasikan tiga model infiltrasi. Pertama, model fisik yang

bertolak dari hukum konservasi massa hukum Darcy. Model ini antara lain Green dan Ampt (1911), Richards (1931), dan Philips (1957) dalam Jury dan Horton (2004). Kedua, model semi-empiris, hipotesis sederhana tentang hubungan laju dan kumulasi infiltrasi (Holtan, 1961; Singh dan Yu, 1990 dalam Sihag, dkk., 2017). Ketiga, model empiris yang didasarkan pada data lapangan dan eksperimen laboratorium (Kostiakov, 1932; Horton, 1941 dalam Jury dan Horton, 2014). Komparasi model infiltrasi telah banyak didiskusikan Hopmans (1995), Mishra, dkk., (2003), Chahinian, dkk. (2005), Haghighi, dkk., (2010). Sihag, dkk., (2017) menjelaskan bahwa model dapat digunakan pada suatu kondisi tertentu seperti jenis tanah, penutupan lahan, posisi geografi dengan tingkat akurasi model yang berbeda-beda. Tuner (2006) dalam Sihag, dkk., (2017), menegaskan bahwa hingga saat ini belum bisa dipastikan model infiltrasi manakah yang terbaik.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan model fisik (Philip, 1957) dan empiris infiltrasi (Horton, 1941 dan Kostiakov, 1932) pada demplot lahan pertanian dan agroforestri di DAS Merawu Banjarnegara Jawa Tengah. Hasil penelitian ini digunakan sebagai dasar dalam penilaian laju infiltrasi tanah untuk prediksi bahaya erosi dan longsor, langkah awal dan penting dalam mitigasi bencana.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah antara lain bor tanah, *rubber hammer*, *ring soil sample* (AMS, Jerman), *double ring infiltrometer*, timbangan analitik (OHAUS, China), dan oven (MEMMERT, Jerman).

Bahan utama penelitian adalah lahan pertanian dan agroforestri di DAS Merawu. Sampel tanah terusik (*disturbed soil sample*) dan tidak terusik (*undisturbed soil*

sample) lapisan atas tanah 0 – 30 cm (*top soil*) digunakan untuk uji sifat tanah. Pengujian tanah mencakup sifat fisik (tekstur, struktur, berat jenis, berat volum, porositas) dan sifat kimia (kandungan bahan organik) dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sumberdaya Lahan dan Air Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Bahan yang digunakan dalam uji sifat tanah antara lain Hidrogen Peroksida (H_2O_2); Asam Klorida (HCL) 0,2 N; Natrium Hidroksida (NaOH) 1 N; dan Aquadest (Lambe, 1969).

Metode

Pengambilan Sampel Tanah

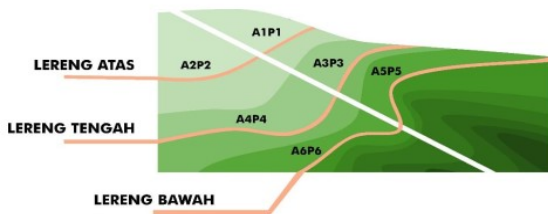
Sampel tanah terusik (*disturbed*) dan tak terusik (*undisturbed*) dari lapisan atas (*top soil*, kedalaman 0-30 cm) diambil di demplot lahan pertanian dan agroforestri di Dusun Tamansari Desa Leksana Kecamatan Karangobar Kabupaten Banjarnegara seperti ditunjukkan pada Gambar 1a. Karena lokasinya yang berada pada daerah berlereng, maka sampling tanah dilaksanakan dengan mempertimbangkan lereng bagian atas, tengah, dan bawah (Gambar 1b). Hal ini didasarkan pada fenomena bahwa proses pembentukan tanah dan sifatnya dipengaruhi posisinya pada suatu lereng. Sampel pada masing-masing lereng berjumlah 3, yang diambil secara acak di setiap lereng.

Sampel tanah selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk uji sifat fisik (tekstur, struktur, berat jenis, dan berat volume) dan sifat kimia (kandungan bahan organik). Uji sifat fisik tanah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sumberdaya Lahan dan Air Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Sedangkan uji bahan organik dilaksanakan di Laboratorium Tanah Fakultas Geografi UGM. Tekstur tanah diuji dengan metode Hydrometer, berat jenis dengan metode Pycnometer, berat volume dengan metode *Undisturbed Soil Sample*. Porositas dihitung dengan pendekatan empiris hubungan berat jenis dan berat volume. Struktur tanah dilihat

dengan menggunakan mikroskop (Lambe, 1969).



(a)



(b)

Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah: a) dalam DAS Merawu, b) sketsa titik pengambilan sampel

Pengukuran Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan di sekitar lokasi pengambilan sampel tanah. Pengukuran infiltrasi mengacu pada metode *double ring infiltrometer* (Johnson, 1991). Ring bagian dalam memiliki diameter 16,5 cm dan tinggi 25 cm, sedangkan ring luar berdiameter 27,5 cm dan tinggi 15 cm. Salah satu faktor yang mempengaruhi infiltrasi adalah kadar air dalam tanah (Haghighi, dkk., 2010), maka pengukuran dilaksanakan minimal 7 hari setelah hari hujan atau irigasi.

Analisis Data

Model fisik infiltrasi Philip (1957) dan dua model empiris infiltrasi Horton (1941) dan Kostiakov (1932) digunakan untuk mengkuantifikasi kecepatan proses masuknya air ke dalam tanah di demplot pertanian dan agroforestri. Jury dan Horton (2004) memformulasikan model infiltrasi Philip (1957) tersaji pada Persamaan 1 dan

model infiltrasi Horton (1941) tersaji pada Persamaan 2. Hillel (1980) mempresentasikan model Kostiakov (1932) dengan Persamaan 3. Sihag, dkk., (2017), membandingkan *performance* model infiltrasi dengan menggunakan parameter statistik *Maximum Absolut Error* (MAE) yang tersaji pada Persamaan 4, Bias (Persamaan 5) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang tersaji pada Persamaan 6.

$$i = St^{-\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

Laju infiltrasi, *i* dalam satuan mm.menit⁻¹ sebagai fungsi konstanta *sorptivity* (*S*), serta waktu (*t*).

$$i = i_f + (i_0 - i_f)e^{-\beta t} \dots\dots\dots (2)$$

Laju infiltrasi, *i* dalam satuan mm.menit⁻¹ sebagai fungsi *i*₀ yakni laju infiltrasi pada saat *t* = 0, laju infiltrasi konstan (*i_f*), konstanta sebagai cerminan parameter tanah (*β*), serta waktu (*t*).

$$i = \beta t^{-n} \dots\dots\dots (3)$$

Laju infiltrasi, *i* dalam satuan mm.menit⁻¹ sebagai fungsi konstanta (*B*) dan (*n*) serta waktu (*t*).

$$MAE = \max(|x - y|) \dots\dots\dots (4)$$

MAE digunakan untuk menilai keandalan estimasi numerik, dimana *x* adalah data pengamatan (aktual) dan *y* adalah data prediksi.

Bias suatu model infiltrasi didefinisikan sebagai rerata perbedaan antara nilai aktual dan prediksi. Sihag, dkk., (2017), menjelaskan bahwa ketika nilai bias sama dengan nol maka dikatakan sebagai tidak bias. Persamaan bias tersaji pada Persamaan 5.

$$Bias = \frac{\sum_i^n (x-y)}{n} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana *x* adalah nilai aktual, *y* adalah nilai prediksi dan *n* adalah jumlah data. Simbol

yang sama ini digunakan untuk menghitung RMSE.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^n(x - y)^2)} \dots\dots\dots (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah pada Lahan Pertanian dan Agroforestri

Demplot lahan pertanian dan agroforestri berada di dusun Tamansari desa Leksana kecamatan Karangkoar kabupaten Banjarnegara. Secara geografis, demplot berada pada koordinat -7,2551041 LS dan 109,7377099 BB dan ketinggian 1.025 m dpl. Berdasarkan rekaman data hujan dari stasiun penakar hujan Karangkoar, dusun Tamansari berada pada zona hujan 2.500 – 3.000 mm/tahun. Temperatur udara antara 20°C – 26°C, terdingin yaitu 3°C – 18°C yang terjadi pada musim kemarau bersamaan dengan fenomena embun upas di Dataran Tinggi Dieng. Kelembaban udara berkisar antara 80% – 85%. BPDAS SOP (2015) melaporkan bahwa jenis tanah di dusun Tamansari adalah Latosol. USDA (*Universal State Department of Agriculture*) menjelaskan bahwa tanah Latosol merupakan salah satu jenis tanah zona iklim hutan hujan tropis dengan rerata hujan tahunan 3.000 mm. Jenis tanah ini memiliki kedalaman > 150 cm (kategori solum dalam), tekstur lempung, permeabilitas cukup baik, dan agregat tanah stabil (Supriyo, dkk., 2009). Bentuk lahan daerah penelitian adalah lereng tengah gunung berapi yang terbentuk karena

proses vulkanik (Sartohadi, 2004). Hasil uji sifat tanah tersaji pada Tabel 1.

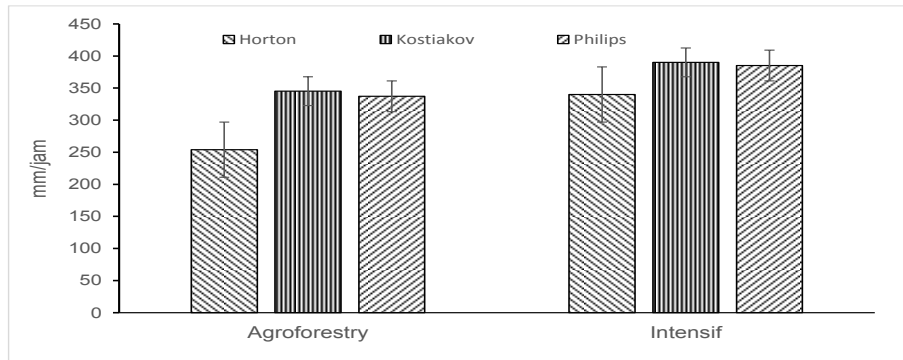
Tabel 1 menunjukkan bahwa kelas tekstur tanah kedua jenis penggunaan lahan adalah *Sandy Loam* dengan fraksi tanah didominasi oleh pasir (*sand*). Kandungan debu atau silt antara 30% hingga 31%. Fraksi lempung hanya < 10%. Namun, apabila dilihat dari profil tanah (Gambar 2) lapisan lempung terakumulasi pada kedalaman 50 – 100 cm. Keberadaan fraksi lempung pada lapisan dalam inilah yang menjadi bidang gelincir pada proses longsor (*landslide*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardiyatmo (2006). Longsor di daerah Banjarnegara disebabkan salah satunya oleh sifat tanah *clay*, selain faktor curah hujan, lereng, sesar, geologi, dan kedalaman regolith (Susanti, dkk., 2017).



Gambar 2. Profil tanah di lokasi penelitian

Tabel 1. Uji sifat tanah lapisan atas (*top soil*) di demplot pertanian dan agroforestri

No.	Sifat tanah	Satuan	Pertanian intensif	Agroforestri
1	Kelas tekstur tanah		<i>Sandy Loam</i>	<i>Sandy Loam</i>
	<i>Clay</i>	%	4	8
	<i>Silt</i>	%	30	31
	<i>Sand</i>	%	65	62
2	Struktur tanah		<i>Granular</i>	<i>Granular</i>
3	Berat jenis (rs)	(g.cm ⁻³)	1,82	1,73
4	Berat volum (rb)	(g.cm ⁻³)	0,55	0,56
5	Porositas	%	67,00	68,00
6	Kandungan organik	%	7,51	3,60



Gambar 3. Laju infiltrasi rata-rata pada lahan agroforestri dan pertanian dengan menggunakan model Philip, Horton, dan Kostiakov

Tabel 1 menunjukkan bahwa tekstur tanah lapisan atas yang berupa *Sandy Loam* dan struktur granular sehingga kemampuan meloloskan airnya tinggi. Pada lapisan dalam terdapat lapisan lempung sehingga air infiltrasi akan menambah beban lereng dan melemahkan kuat geser tanah. Oleh karena itu, frekuensi kejadian longsor di Banjarnegara relatif tinggi.

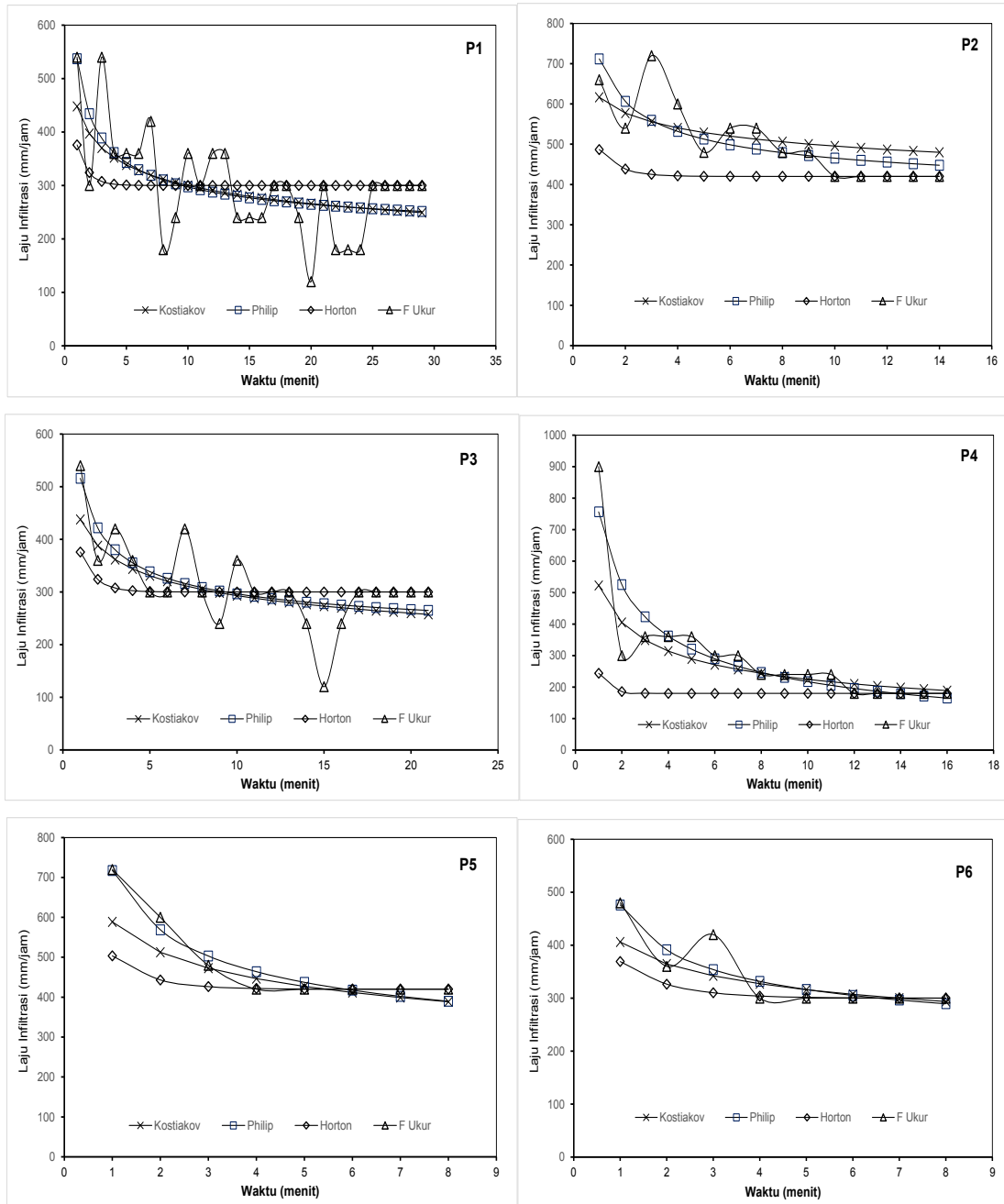
Berat jenis tanah berkisar antara $1,73 \text{ g.cm}^{-3}$ – $1,82 \text{ g.cm}^{-3}$. Berat volum tanah menunjukkan nilai yang rendah, $0,55 \text{ g.cm}^{-3}$ – $0,56 \text{ g.cm}^{-3}$ dan porositas relatif tinggi (67% – 68%). Pairunan-Yulius, dkk., (1987), berpendapat bahwa berat volume

tanah mineral khususnya tekstur *Sandy Loam* sekitar $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$. Berat volume tanah dan porositas merupakan sifat dinamis tanah, faktor yang mempengaruhi adalah pengolahan tanah, kandungan bahan organik, dan pemupukan (Lipiec, dkk., 2006). Umumnya, kandungan bahan organik tanah pertanian sebesar 5% (Hillel, 1980).

Dari Tabel 1, terlihat bahwa kandungan bahan organik tanah relatif tinggi, khususnya pada lahan pertanian intensif (7,51%). Nilai berat volume tanah penelitian yang rendah disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik tanah

Tabel 2. Laju infiltrasi awal dan akhir, serta kadar lengas tanah pada setiap lokasi pengukuran infiltrasi

Sampel	Laju infiltrasi (mm/jam)		Kadar lengas (%massa)	Waktu untuk konstan (menit)
	Awal	Akhir		
A1	540	180	20	14
A2	840	300	30	16
A3	660	480	35	9
A4	300	120	18	14
A5	360	60	10	17
A6	660	300	29	7
Rerata	-	-	24	13
P1	540	300	32	26
P2	660	420	37	10
P3	540	300	31	17
P4	900	180	23	12
P5	720	420	35	4
P6	480	300	35	4
Rerata	-	-	32	12



Gambar 4. Perbandingan laju infiltrasi aktual dengan prediksi dengan beberapa model infiltrasi lahan pertanian

dari pupuk kandang yang digunakan petani untuk meningkatkan produksi tanaman. Pupuk kandang (Agbede, dkk., 2008; Haynes dan Naidu, 1998) dan pengolahan

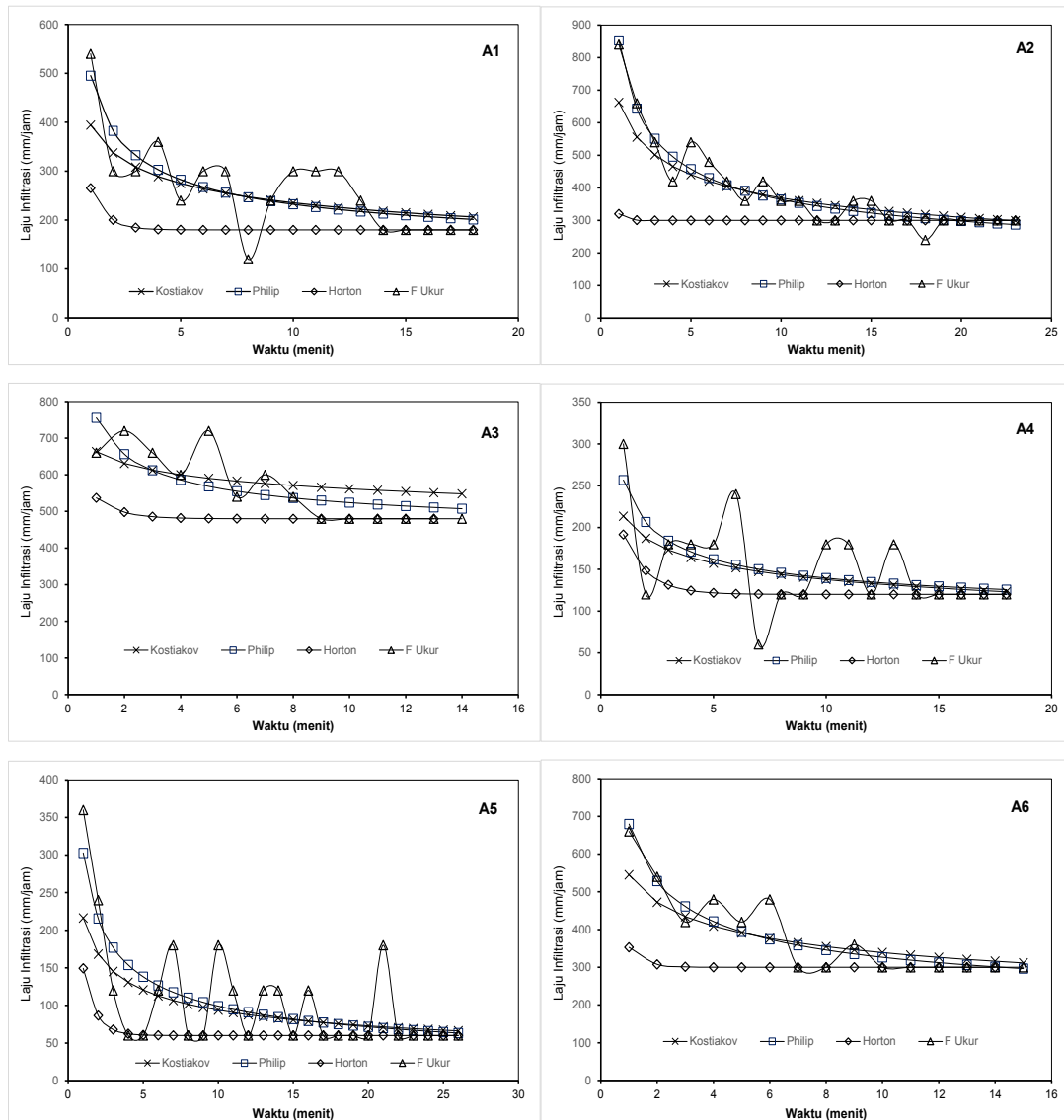
tanah intensif (Lipiec, dkk., 2006) dapat menurunkan nilai berat volum tanah dan meningkatkan porositas tanah.

Pemodelan Laju Infiltrasi

Kondisi laju infiltrasi awal dan akhir serta kadar lengas tanah pada setiap lokasi pengukuran infiltrasi tersaji pada Tabel 2. Rerata laju infiltrasi pada demplot pertanian intensif dan agroforestri tersaji pada Gambar 4. Rerata laju infiltrasi lahan pertanian 372 mm.jam⁻¹ dan agroforestri 342 mm.jam⁻¹. Betancur-Vargas, dkk. (2017) menegaskan bahwa laju infiltrasi berada pada rentang 152,4 – 508 mm.jam⁻¹ termasuk kelas cepat. Karena tingginya porositas tanah baik di lahan pertanian maupun agroforestri, maka air akan cepat masuk ke dalam tanah. Dari Gambar 3

dapat dilihat bahwa nilai laju infiltrasi model Kostiakov (1932) paling tinggi, baik pada lahan pertanian maupun agroforestri. Sedangkan model Horton (1941) menghasilkan nilai laju infiltrasi terendah. Perbedaan ketiga model ini terkait dengan parameter model yang digunakan. Model Horton memiliki 3 parameter, sedangkan yang lainnya hanya 2 parameter. Hasil pemodelan infiltrasi tersaji pada Gambar 4 dan Gambar 5 dengan nilai parameter model tersaji pada Tabel 3.

Tanah agroforestri memiliki kadar lengas antara 10% – 35% basis massa dengan rerata 29%, sedangkan tanah



Gambar 5. Perbandingan laju infiltrasi aktual dengan prediksi dengan beberapa model infiltrasi lahan pertanian

Tabel 3. Parameter model infiltrasi

Sampel	Horton			Philip		Kostiakov	
	i_0	i_f	b	S	K	n	b
A1	0,9	0,30	-1,44	1,28	0,18	0,776	0,847
A2	1,4	0,50	-3,29	2,38	0,23	0,746	1,479
A3	1,1	0,80	-1,15	1,13	0,69	0,928	1,191
A4	0,5	0,20	-0,92	0,57	0,14	0,810	0,439
A5	0,6	0,10	-1,21	0,99	0,008	0,637	0,567
A6	1,1	0,50	-1,92	1,72	0,27	0,794	1,145
P1	0,9	0,50	-1,15	1,17	0,31	0,826	0,904
P2	1,1	0,70	-1,28	1,20	0,59	0,905	1,136
P3	0,9	0,50	-1,15	1,07	0,32	0,826	0,883
P4	1,5	0,30	-2,42	2,63	-0,05	0,633	1,377
P5	1,2	0,70	-1,28	1,69	0,35	0,800	1,226
P6	0,8	0,50	-0,96	0,96	0,31	0,844	0,801

Tabel 4. Nilai MAE, Bias, dan RMSE dari model infiltrasi Philip, Horton, dan Kostiakov

Sampel	Horton			Philip			Kostiakov		
	MAE	Bias	RMSE	MAE	Bias	RMSE	MAE	Bias	RMSE
A1	0,10	0,04	0,07	0,14	0,01	0,08	0,12	0,01	0,07
A2	0,10	0,03	0,06	0,14	-0,00001	0,06	0,13	-0,01	0,06
A3	0,10	0,03	0,05	0,11	-0,01	0,07	0,15	-0,05	0,10
A4	0,10	0,03	0,06	0,14	0,01	0,06	0,15	0,01	0,07
A5	0,10	0,03	0,05	0,13	-0,001	0,06	0,14	-0,0002	0,07
A6	0,10	0,01	0,04	0,10	-0,01	0,05	0,12	-0,01	0,07
Rerata	0,10	0,03	0,06	0,13	0,01	0,06	0,14	-0,01	0,07
P1	0,10	0,01	0,07	0,14	0,01	0,08	0,14	0,01	0,08
P2	0,10	0,02	0,05	0,11	-0,02	0,07	0,13	-0,04	0,09
P3	0,10	-0,01	0,05	0,11	0,005	0,06	0,11	0,02	0,06
P4	0,10	0,04	0,07	0,11	0,01	0,04	0,12	0,02	0,05
P5	0,09	0,01	0,04	0,07	-0,00003	0,04	0,15	0,03	0,06
P6	0,06	0,01	0,02	0,11	-0,00001	0,05	0,13	0,02	0,07
Rerata	0,09	0,02	0,05	0,11	0,0008	0,06	0,13	0,01	0,07

pertanian 23% – 37% basis massa dengan rerata 32%. Petani menerapkan irigasi serta penyemprotan pestisida untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Aktivitas ini berdampak pada peningkatan kadar lengas dalam tanah. Johnson (1991) menjelaskan bahwa kadar lengas tanah akan mempengaruhi kecepatan masuknya air ke dalam tanah. Tanah yang banyak mengandung air (kadar lengas tinggi) akan menurunkan laju infiltrasi, karena pori-pori tanah telah terisi massa air. Hal ini terlihat

dari waktu yang diperlukan untuk mencapai laju infiltrasi konstan. Tanah agroforestri mencapai laju infiltrasi konstan pada rentang 7 – 17 menit dengan rerata 13 menit, sedangkan tanah pertanian 4 – 26 menit dengan rerata 12 menit. Sihag, dkk. (2017) berpendapat bahwa semakin tinggi kadar lengas tanah maka infiltrasi semakin cepat konstan. Kecenderungan ini juga terjadi pada infiltrasi tanah pertanian dan agroforestri, meski perbedaan rerata waktu

infiltrasi konstan kurang bermakna (1 menit).

Selain kadar lengas, kondisi permukaan tanah (Johnson, 1991) juga mempengaruhi infiltrasi. Di lokasi penelitian, bahwa frekuensi pengolahan tanah pertanian lebih tinggi daripada agroforestri. Pengolahan tanah ini dimaksudkan untuk mendapatkan komposisi ideal fase padar, cair, dan gas dalam tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Evaluasi model infiltrasi menggunakan MAE, Bias, dan RMSE seperti tersaji pada Tabel 4. Nilai MAE pemodelan laju infiltrasi agroforestri dengan model Horton, Philip, dan Kostiakov berturut-turut 0,10; 0,13; dan 0,14. Pada lahan pertanian diperoleh nilai 0,09; 0,11; dan 0,13. Chai dan Draxler (2014) menjelaskan bahwa MAE merupakan salah satu parameter statistik yang cukup handal dalam evaluasi suatu model. Dalam hal ini, model dikatakan baik apabila MAE adalah nol. Pada penelitian ini, Nilai MAE model Horton paling rendah MAEnya untuk prediksi laju infiltrasi tanah agroforestri dan pertanian. RMSE memiliki fungsi yang sama untuk mengevaluasi suatu model, banyak digunakan untuk evaluasi model di bidang meteorologi dan klimatologi (Chai dan Draxler, 2014). Nilai RMSE nol mencirikan bahwa model sangat bagus.

Tabel 4 menunjukkan bahwa rerata RMSE model Horton dan Philip adalah sama (0,06) dan Kostiakov 0,07 pada kasus tanah agrofoetsri. RMSE model Horton, Philip, dan Kostiakov pada tanah pertanian berturut-turut: 0,05; 0,06; dan 0,07. Dari parameter RMSE, bahwa model Horton paling baik dibandingkan model lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Tanah di demplot menunjukkan tekstur *Sandy Loam*, dengan berat volum yang rendah ($< 1 \text{ g.cm}^{-3}$) dan porositas yang tinggi (69-72%). Hal ini

menyebabkan laju infiltrasinya sangat tinggi ($> 250 \text{ mm.jam}^{-1}$). Hasil evaluasi model infiltrasi menunjukkan bahwa MAE dan RMSE model Horton paling rendah sehingga model ini paling tepat untuk prediksi laju infiltrasi baik pada lahan pertanian maupun agroforestri di tanah vulkanik dataran tinggi Dieng.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan yang diberikan kepada kami melalui skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun anggaran 2017.

DAFTAR REFERENSI

- Adekalu, K.O., Okunade, D.A., Osunbitan, J.A. (2006). Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils. *Geoderma*, 137, 226–230. doi:10.1016/j.geoderma.2006.08.012.
- Anderson, S.H., Udawatta, R.P., Seobi T., Garrett, H.E. (2008). Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agroforest Syst.*, 75, 5–16. doi: 10.1007/s10457-008-9128-3.
- Agbede, T.M., Ojeniyi, S.O., Adeyemo, A.J. (2008). Effect of Poultry Manure on Soil Physicals and Chemical Properties, Growth and Grain Yield of Sorghum in Southwest, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(1): 72-77.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Serayu Opak Progo (BPDAS SOP). (2015). *Laporan Aplikasi Program Hidrologi Soil Water Aessment Tool (SWAT) di Wilayah Sub DAS Merawu-DAS Serayu*. BPDAS Serayu Opak Progo. Yogyakarta.

- Betancur-Vargas, T., Martínez-Uribe, C., García-Aristizábal, E.F., & Escobar-Martínez, J.F. (2017). Identification and characterization of regional water flows contributing to the recharge of an unconfined aquifer. *Rev.fac.ing.univ. Antioquia no.85*. doi:10.17533/udea.redin.n85a07.
- Bissett, M.J., & O'Leary, G.J. (1996). Effects of Conservation Tillage and Rotation on Water Infiltration in Two Soils in South-Eastern Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 34(2), 299-308. doi: 10.1071/SR9960299.
- Chai, T., & Draxler, R.R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE) - Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geosci. Model Dev.*, 7, 1247–1250. doi:10.5194/gmd-7-1247-2014.
- Sun, D., Yang, H., Guan, D., Yang, M., Wu, J., Yuan, F., Jin, C., Wang, A., Zhang, Y. (2018). The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 626, 1394–1401. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.104.
- Haghazari, F., Shahgholi, H., & Feizi, M. (2015). Factors affecting the infiltration of agricultural soils: review. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6 (5), 21-35.
- Green, W.H., & Ampt, G. (1911). Studies on soil physics, 1. The flow of air and water through soils. *Journal Agriculture Science*, 4, 1–24.
- Haghighi, F., Gorji, M., Shorafa, M., Sarmadian, F., & Mohammadi, M.H. (2010). Evaluation of some infiltration models and hydraulic parameters. *Span.J.Agric.Res.*, 8(1), 210–217. doi:10.5424/sjar/2010081-1160.
- Hangen, E., Buczko, E., Bens, O., Brunetto, J., & Hüttl, R.F. (2002). Infiltration pattern into two soils under conventional and conservation tillage: influence of the spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. *Soil and Tillage Research*, 63, 181-186.
- Hardiyatmo, H.C. (2006). *Penanganan Tanah Longsor & Erosi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Haynes, R.J., & Naidu, R. (1998). Influence of Lime, Fertilizer and Manure Application on Soil Organic Matter Content and Soil Physical Conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123–137.
- Hillel, D. (1980). *Fundamental of Soil Physics*. Academic Press. New York.
- Holtan, H.N. (1961). *Concept for Infiltration Estimates in Watershed Engineering*, ARS41-51. U.S. Department of Agricultural Service, Washington, DC.
- Hopmans, J. (1995). Evaluation of various infiltration models. *Sci.Agric.*, 140, 5–8.
- Horton, R.E. (1941). An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 5(C), 399–417.
- Johnson, A.I. (1991). *A Field Method for Measurement of Infiltration*. 2nd Printing. United States Government Printing Office. Washington.

- Jury, A., & Horton, R., (2004). *Soil Physics*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kostiakov, A.N. (1932). On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Trans*, 6, 17–21.
- Lambe, T.W. (1969). *Soil Testing for Engineers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lipiec, J., Kus', J., Słowińska-Jurkiewicz, A., & Nosalewicz, A. (2006). Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil & Tillage Research*, 89, 210–220. doi:10.1016/j.still.2005.07.012.
- Levin, J., Ben-Hur, M., Gal, M., & Levy, G.J. (1991). Rain energy and soil amendments effects on infiltration and erosion of three different soil types. *Australian Journal of Soil Research*, 29(3), 455–465. doi:10.1071/SR9910455.
- Mishra, S.K., Tyagi, J.V., & Singh, V.P. (2003). Comparison of infiltration models. *Hydrol. Processes*, 17(13), 2629–2652. doi:10.1002/hyp.1257.
- Chahinian, N., Moussa, R., Andrieux, P., & Voltz, M. (2005). Comparison of infiltration models to simulate flood events at the field scale. *Journal of Hydrology*, 306, 191–214.
- Návar, J., & Synnott, T.J. (2000). Soil infiltration and land use in Linares, NL, Mexico. *Terra*, 18(3), 255–262.
- Neris, J., Jiménez, C., Fuentes, J., Morillas, G., & Tejedor, M. (2012). Vegetation and land-use effects on soil properties and water infiltration of Andisols in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Catena*, 98, 55–62. doi:10.1016/j.catena.2012.06.006.
- Pairunan-Yulius, A.K, Nenere, J.L., Arifin, S.S.R., Samosir, R.T, Lalopua, J.R., Ibrahim, B., & Asmadi, H. (1987). *Dasar-dasar Ilmu Tanah. Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Indonesia Bagian Timur*. Makasar.
- Philips, J.R. (1957). The theory of infiltration: the infiltration equation and its solution. *Soil Sci.*, 83(5), 345–357.
- Richards, L.A. (1931). Capillary conduction of liquids through porous mediums. *J. Appl. Phys*, 1(5), 318–333.
- Singh, V.P., & Yu, F.X. (1990). Derivation of infiltration equation using systems approach. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 116(6), 837–858. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(1990)116:6(837).
- Sihag, P., Tiwari, N.K., & Ranjan, S. (2017). Estimation and inter-comparison of infiltration models. *Water Science*, 31, 34–43. doi:10.1016/j.wsj.2017.03.001.
- Sartohadi, J. (2004). Geomorfologi tanah DAS Serayu Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, 18(2), 135–150.
- Susanti, P.D., Miardini, A., & Harjadi, B. (2017). Analisis kerentanan tanah longsor sebagai dasar mitigasi di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 1(1), 49-59.
- Supriyo, H., Koranto, C.A.D., & Bale, A. (2009). *Buku Ajar Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta: Lab. Ilmu Tanah Hutan Fakultas Kehutanan UGM.

Shukla, M.K., Lal, R., Owens, L.B., & Unkefer, P. (2003). Land use and management impacts on structure and infiltration characteristics of soils in the North Appalachian Region of Ohio. *Soil Science*, 168(3), 167-177.

doi:10.1097/01.ss.0000058889.60072.aa.

Turner, E.R. (2006). *Comparison of Infiltration Equation and Their Field Validation with Rainfall Simulation*. Doctoral Dissertation.