

# Penentuan Laju Irigasi di Lahan Pertanian Kecamatan Sangatta Selatan Menggunakan Model Infiltrasi Terpilih

Joko Suryanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, STIPER Kutai Timur  
Jl. Soekarno-Hatta No. 01 Sangatta Kutai Timur Kalimantan Timur 75387  
Email: jokosuryanto@stiperkutim.ac.id

## ABSTRACT

*Infiltration rate is important and necessary in design irrigation project. The study aimed to determine maximum attainable irrigation rate in agricultural land Sangatta Selatan sub-district. Three empirical infiltration models; Horton, Philip and Kostiakov were used to predict infiltration and compared with measurements. The double ring infiltrometer method was used for measurement of infiltration rate on soil under different soil types. A total of eight infiltration test was conducted in the field. Models were tested statically using paired test (t-test) and standard error (Se) to determine which most suitable for estimate infiltration rate. From the results of analysis, showed that value of coefficient correlation (r) were 0.929, 0.856 and 0.924 for Horton's, Philips and Kostiakov model respectively. From coefficient correlation value, Horton's, Philips and Kostiakov model was suitable for determination infiltration rate in field land. Value of the t-test obtained Horton model was 2.959 and higher than t-table (2.074), Philip model was 0.016 and Kostiakov model was 0.332 smaller than t-table, mean predicted infiltration rate using Philip and Kostiakov model was not different with measured infiltration rate. Kostiakov model with the value of Se 0.134 gave best fit to measured infiltration rate, while Horton and Philip were provided good agreement with the value of Se 0.286 and 0.139 respectively. Thus the Kostiakov model was most suitable for determination infiltration rate in agricultural land Sangatta Selatan Sub-District. The average infiltration rate using Kostiakov model was 34.7 cm/hr, mean the application rate under irrigation system must not exceed 34.7cm/hr or runoff will occur.*

**Keywords:** Double ring infiltrometer, Infiltration models, Infiltration rate, Irrigation rate, Sangatta Selatan sub-district

## ABSTRAK

Laju infiltrasi ke dalam tanah sangat penting dalam desain irigasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju irigasi maksimum di lahan pertanian Kecamatan Sangatta Selatan. Tiga model empiris infiltrasi yaitu model infiltrasi Horton, Philip dan Kostiakov digunakan untuk memperkirakan laju infiltrasi dan membandingkan laju infiltrasi model dengan laju pengukuran di lapangan. Pengukuran laju infiltrasi di lapangan dilakukan menggunakan metode double-ring infiltrometer, sebanyak delapan titik pengukuran. Model diuji dengan membandingkan laju infiltrasi pengukuran dan hasil model, kriteria keakuratan model infiltrasi menggunakan nilai koefisien korelasi (r), uji berpasangan (t test) dan standard error (Se) antara hasil pengukuran dan hasil model untuk menentukan model infiltrasi yang lebih sesuai diterapkan di lahan pertanian Kecamatan Sangatta Selatan. Hasil penelitian menunjukkan nilai rerata koefisien korelasi 0.929, 0.856 dan 0.924 berturut-turut untuk model Horton, Philip dan Kostiakov. Nilai r tersebut mengindikasikan bahwa baik model Horton, Philip maupun Kostiakov dapat diterapkan. Nilai thitung model Horton diperoleh 2,959, lebih tinggi dari ttabel (2.074), model Philip 0.016 dan model Kostiakov 0.103. Model Kostiakov mempunyai nilai rerata standard error (Se) terkecil 0.134, sedangkan model Horton dan model Philip 0.286 dan 0.139. Maka Model Kostiakov lebih sesuai diterapkan untuk memperkirakan laju infiltrasi di lahan pertanian Kecamatan Sangatta Selatan. Rerata laju infiltrasi menggunakan model Kostiakov diperoleh 34.7 cm/jam, maka laju irigasi yang disarankan tidak melebihi 34.7 cm/jam agar tidak terjadi aliran permukaan.

**Kata kunci:** Double ring infiltrometer, Kecamatan Sangatta Selatan, Laju infiltrasi, Laju irigasi, Model infiltrasi

## **1 Pendahuluan**

Infiltrasi air ke dalam tanah berperan penting dalam manajemen air irigasi. Infiltrasi adalah proses masuknya air ke dalam tanah dari permukaan tanah, baik dari air hujan maupun irigasi (Scott, 2000), sedangkan kapasitas infiltrasi adalah laju maksimum dimana tanah mampu menyerap air yang berada di permukaan tanah. Kapasitas infiltrasi ditentukan oleh faktor jenis tanah, kadar air tanah, bahan organik tanah, vegetasi penutup dan musim (Linsley, dkk., 1996). Sedangkan Hasan, dkk.,(2015) menyebutkan bahwa kapasitas infiltrasi bergantung pada tekstur tanah, struktur, vegetasi penutup, nilai kadar lengas tanah, konduktivitas hidrolis, porositas, adanya koloid yang menyebabkan pembengkakan tanah, bahan organik, durasi hujan atau irigasi, dan kekentalan air.

Karakteristik tanah berupa infiltrasi merupakan variabel penting pada desain sistem irigasi (Igbadun dan Idris, 2007) terutama pada sistem irigasi permukaan (Akinbile, 2010), banyaknya air irigasi yang diaplikasikan untuk mencapai kebutuhan air tanaman diperlukan informasi infiltrasi tanah dan jumlah aplikasi air maksimum (Hasan, dkk., 2015). Kapasitas infiltrasi suatu tanah dapat digunakan untuk menghitung besarnya air hujan atau air irigasi yang melimpas maupun terserab ke dalam tanah (Januar dan Pandjaitan, 1999), sehingga dapat diperoleh laju irigasi yang memberikan efisiensi tinggi dan ketersediaan lengas optimal bagi pertumbuhan tanaman.

Ogbe dkk., (2011) menyatakan bahwa dalam operasi sistem irigasi permukaan, model empiris infiltrasi masih sering digunakan. Termasuk model empiris antara lain model Green and Ampt (1911), Kostiakov (1932), Horton (1940), dan Philip (1957), Holtan (196) (Al-azawi, 1985; Mawardi, 1998). Ruth dkk., (2014) menggunakan model Kostiakov untuk mensimulasi infiltrasi pada tanah geluh berpasir dan geluh liat berpasir. Kinerja model sangat memuaskan dengan hasil laju infiltrasi antara 4,6 cm/menit – 24,4 cm/menit. Kannan dan Abate (2015), menggunakan model Kostiakov dalam mendesain irigasi alur pada tanah geluh berpasir untuk menentukan waktu yang dibutuhkan air berinfiltrasi sepanjang alur.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model infiltrasi yang sesuai di lahan pertanian kecamatan Sangatta Selatan diantara model infiltrasi Horton, Philip dan Kostiakov. Tujuan yang lebih khusus yang akan dicapai antara lain : 1). memperoleh laju infiltrasi, dan 2), menentukan nilai laju irigasi permukaan berdasarkan kapasitas infiltrasi hasil model terpilih.

## **2 Metode Penelitian**

### **2.1 Lokasi, Waktu dan Bahan Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di wilayah Kecamatan Sangatta Selatan Kabupaten Kutai Timur pada bulan Juli – Agustus 2016. Secara geografis Kecamatan Sangatta Selatan terletak antara 0° 12' 20" dan 0° 26' 24" LU, 117° 26' 37" dan 117° 42' 03" BT. Bahan

penelitian berupa; peta penutupan lahan Kalimantan Timur, peta tanah Kalimantan Timur, peta Administratif Kabupaten Kutai Timur, dan data series curah hujan bulanan. Peralatan yang digunakan antara lain; double ring infiltrometer, stopwatch, ring BV, soil sampler, penggaris, GPS dan berupa program komputer ms office, ArcMap 10.1.

## 2.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam 4 tahapan, yaitu 1) persiapan, 2) pengumpulan dan penyusunan data/peta, 3) pengukuran laju infiltrasi di lapangan, dan 4) analisis data hasil penelitian. Pelaksanaan penelitian yang dilakukan diantaranya:

### a. Pengukuran infiltrasi.

Pengukuran infiltrasi dilakukan menggunakan double ring infiltrometer dengan memasukkan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman 5 – 10 cm dan kedua ring berada pada posisi datar. Pada ring dalam diletakkan penggaris untuk mengukur penurunan air. Mengisi ruang dalam ring secara bersamaan dengan ketinggian antara 15 – 20 cm. Mencatat tinggi permukaan air pada awal dan tinggi penurunan air pada interval 2, 3, 4 dan 5 menit dilakukan hingga penurunan air konstan. Menambahkan air antara kedua ring sehingga ketinggian air selalu konstan.

### b. Pengambilan sampel tanah.

Pada setiap titik sampel pengukuran infiltrasi dilakukan pengukuran infiltrasi juga dilakukan pengambilan sampel tanah dengan menggunakan ring silinder soil sampler (*undisturb*) dan soil sampler (*disturb*). Memasukkan sampel tanah ke dalam kantong plastik dan diberi label untuk selanjutnya dianalisa di laboratorium meliputi : tekstur tanah, BV, BJ, kandungan bahan organik, dan kadar lengas tanah.

## 2.3 Analisa Data.

Diantara model infiltrasi yang paling sering digunakan dalam hidrologi adalah model infiltrasi Kostiakov, Horton dan Philip.

### 1. Fitting persamaan infiltrasi Horton

Persamaan model infiltrasi Horton adalah (Jury dan Horton, 2004) :

$$F = f_c \cdot t + \frac{(f_o - f_c)}{K} \cdot (1 - e^{-K \cdot t}) \quad (1)$$

$$f = f_c + (f_o - f_c) e^{-K \cdot t} \quad (2)$$

dimana :

$f_t$  = laju infiltrasi (cm/menit)

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

$f_c$  = laju infiltrasi akhir atau laju infiltrasi konstan (cm/menit)

$t$  = waktu (menit)

$K$  = konstanta parameter tanah tergantung pada jenis tanah, kondisi permukaan tanah dan kandungan lengas tanah (l/menit)

persamaan di atas dilogartmakan pada sisi kanan dan kiri

$$f - f_c = (f_o - f_c)e^{-K.t} \quad (3)$$

$$\log(f - f_c) = \log((f_o - f_c) e^{-K.t}) \quad (4)$$

$$\log(f - f_c) = \log (f_o - f_c) - Kt \log e \quad (5)$$

$$\log(f - f_c) - \log (f_o - f_c) = -Kt \log e \quad (6)$$

maka:

$$t = \left(-\frac{1}{K \log e}\right) [\log(f - f_c) - \log(f_o - f_c)] \quad (7)$$

$$t = \left(-\frac{1}{K \log e}\right) \log(f - f_c) + \left(\frac{1}{K \log e}\right) \log(f_o - f_c) \quad (8)$$

menggunakan persamaan linier,  $y = m X + C$ , sehingga :

$$y = t \quad (9)$$

$$m = \left(-\frac{1}{K \log e}\right) \quad (10)$$

$$X = \log(f - f_c) \quad (11)$$

$$C = \left(\frac{1}{K \log e}\right) \log(f_o - f_c) \quad (12)$$

dari persamaan 10, maka K ;

$$K = \left(-\frac{1}{m \log e}\right) \quad (13)$$

## 2. Fitting persamaan infiltrasi Philip

Bentuk persamaan model infiltrasi Philip (Jury dan Horton, 2004) :

$$F = S. t^{\frac{1}{2}} + K. t \quad (14)$$

$$f_t = 1/2 . S. t^{-1/2} + K \quad (15)$$

dimana :

F = infiltrasi kumulatif (cm)

$f_t$  = laju infiltrasi (cm/menit)

t = waktu (menit)

S, K = konstanta

Proses fitting persamaan Philip menggunakan dua data infiltrasi kumulatif (misal  $F_2$  dan  $F_{10}$ ) dan waktu yang sesuai dengan data tersebut (misal  $t_2$  dan  $t_{10}$ ). Maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_2 - K. t_2 = S. t_2^{-\frac{1}{2}} \quad (16)$$

$$F_{10} - K. t_{10} = S. t_{10}^{-\frac{1}{2}} \quad (17)$$

jika persamaan kedua di atas dikalikan dengan  $t_{10}$  dan  $t_2$ , maka :

$$F_2 t_{10} - K. t_2 t_{10} = S. t_2^{-\frac{1}{2}} t_{10} \quad (18)$$

$$F_{10} t_2 - K. t_{10} t_2 = S. t_{10}^{-\frac{1}{2}} t_2$$

$$\overline{F_2 t_{10} - F_{10} t_2 = S. \left( t_2^{-\frac{1}{2}} t_{10} - t_{10}^{-\frac{1}{2}} t_2 \right)}^{(-)} \quad (19)$$

nilai S

$$S = \frac{F_2 t_{10} - F_{10} t_2}{\left( t_2^{-\frac{1}{2}} t_{10} - t_{10}^{-\frac{1}{2}} t_2 \right)} \quad (20)$$

sehingga nilai K dapat diperoleh ;

$$K = \frac{F_2 - K.t_2^{-\frac{1}{2}}}{t_2} \quad (21)$$

### 3. Fitting persamaan infiltrasi Kostiakov

Bentuk persamaan model infiltrasi Kostiakov (Al-Azawi, 1985) :

$$F = K_1 \cdot t^{\alpha_1} \quad (22)$$

$$f_t = \alpha_1 \cdot K_1 \cdot t^{\alpha_1 - 1} \quad (23)$$

dimana :

F = infiltrasi kumulatif (cm)

$f_t$  = laju infiltrasi (cm/menit)

t = waktu (menit)

K,  $\alpha$  = konstanta bergantung pada jenis tanah dan kondisi awal

parameter model K dan  $\alpha$  diperoleh dengan melogaritmakan sisi kanan dan kiri pada persamaan (22),

$$\log F = \log (K_1 \cdot t^{\alpha_1}) \quad (24)$$

$$\log F = \log K_1 + \alpha_1 \log t \quad (25)$$

Plotting nilai log F dan log t akan diperoleh persamaan linier,  $y = m X + C$ , sehingga :

$$y = \log F \quad (26)$$

$$m = \alpha_1 \quad (27)$$

$$C = \log K_1 \quad (28)$$

dari persamaan (28), maka nilai K dapat diperoleh ;

$$K = \text{antilog } C \quad (29)$$

### 4. Penentuan model terbaik untuk lokasi penelitian :

Model terbaik antara model Horton, Philip dan Kostiakov ditentukan menggunakan metode grafis dengan kriteria nilai koefisien korelasi (r), metode uji t berpasangan (*t paired test*) dua arah dan standar error (Se). Kriteria akurasi dihitung menggunakan persamaan :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (30)$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right\}} \quad (31)$$

$$t_{\text{hitung}} = \frac{x_D}{s_d / \sqrt{n}} \quad (32)$$

$$Se = \left( \frac{\sum(x_i - y_i)^2}{n-1} \right)^{0.5} \quad (33)$$

dimana:

$x_i$  = nilai pengukuran laju infiltrasi ke-i

$y_i$  = laju infiltrasi prediksi ke-i

$D$  =  $x_i - y_i$

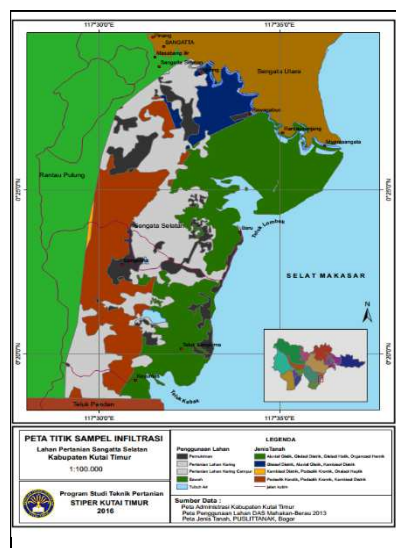
$n$  = jumlah data

$Sd$  = standard deviasi

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah Kecamatan Sangatta Selatan dengan luas wilayah 1,660.85 km<sup>2</sup> atau 4.6 % dari total luas Kabupaten Kutai Timur. Peta Kecamatan Sangatta Selatan disajikan pada Gambar 1. Karakteristik iklim di wilayah penelitian menggunakan data curah hujan bulanan Kecamatan Sangatta Utara antara tahun 2002 – 2014, hal ini disebabkan keterbatasan data curah hujan di Kecamatan Sangatta Selatan. Curah hujan tahunan rata rata sebesar 2,374 mm/tahun dengan rata-rata curah hujan terendah sebesar 132 mm pada bulan September dan tertinggi 300 mm pada bulan Januari. Perbedaan curah hujan sepanjang tahun tidak tegas dengan nilai koefisien variansi antara 0.62 – 1.13. Klasifikasi iklim Oldeman di lokasi penelitian termasuk daerah agroklimat subzona D2 dengan 3 bulan basah berturut-turut.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Dalam peta tanah Kalimantan Timur, PUSLITTANAK Bogor, wilayah Kecamatan Sangatta Selatan dikelompokkan dalam ordo tanah: 1) Organosol, 2) Aluvial, 3) Gleisol, 4) Podsolik, dan 5) Kambisol. Penggunaan lahan didominasi oleh pertanian lahan kering sebesar 28.5 %, belukar dan rawa 20.2 %, dan sawah 0.2 %. Analisa sifat fisik dan kimia tanah pada lokasi pengukuran laju infiltrasi diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisa sifat fisik dan kimia tanah titik sampel pengukuran infiltrasi.

Titik Sampel	Koordinat titik sampel	Lahan Pertanian	C organik (%)	Porositas (%)	Kadar Air (%)	Liat (%)	Tekstur
B1	00° 28' 17" LU 117° 32' 30" BT	Palawija : jagung	2.2	24.6	15.7	35.1	CL
B2	00° 27' 13" LU 117° 32' 17" BT	Palawija : singkong	1.0	18.6	17.9	35.9	CL
B3	00° 27' 13" LU 117° 32' 34" BT	Palawija : singkong	1.0	19.7	17.1	47.5	CL
C1	00° 21' 13" LU 117° 29' 10" BT	Palawija : lombok	0.9	26.5	34.9	23.2	L
C2	00° 28' 05" LU 117° 31' 01" BT	Padi sawah	3.4	5.0	2.4	42.4	C
C3	00° 28' 05" LU 117° 31' 40" BT	Padi sawah	3.5	12.9	21.6	27.8	CL
D1	00° 22' 28" LU 117° 31' 28" BT	Padi sawah	3.1	20.6	26.9	47.5	C
D2	00° 22' 35" LU 117° 31' 37" BT	Padi sawah	3.5	20.9	18.1	38.2	CL
rerata			2.3	18.6	19.3	37.2	

### 3.2 Laju Infiltrasi

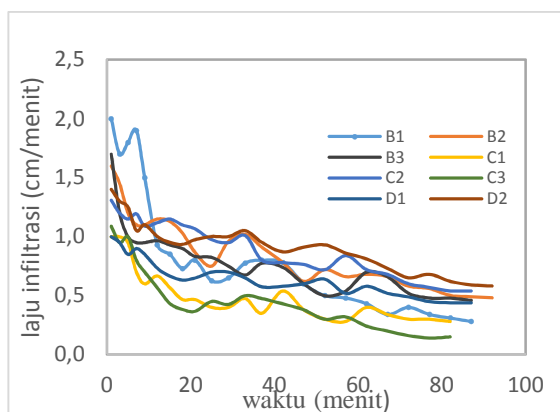
Hasil pengukuran laju infiltrasi di lahan pertanian Kecamatan Sangatta Selatan diperlihatkan pada Tabel 2. dan secara grafik pada Gambar 2a dan 2b.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran laju infiltrasi pada lahan pertanian Kecamatan Sangatta Selatan.

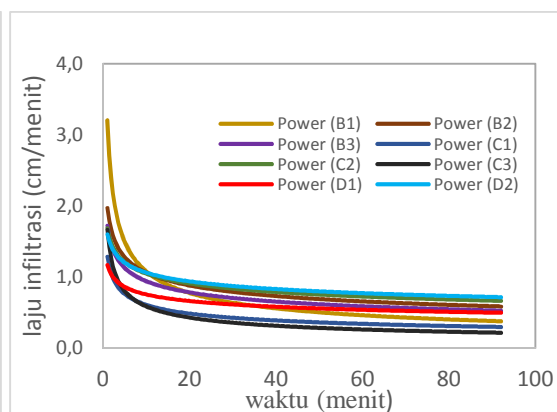
Waktu t (menit)	Laju infiltrasi (cm/menit)							
	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2
1	2.00	1.60	1.70	1.00	1.31	1.09	1.00	1.40
5	1.80	1.20	1.00	0.95	1.15	1.00	0.85	1.25
9	1.50	1.10	0.95	0.60	1.09	0.70	0.85	1.10
15	0.85	1.13	0.93	0.57	1.15	0.43	0.67	0.95
25	0.63	0.75	0.83	0.40	0.98	0.45	0.70	1.00
52	0.50	0.72	0.50	0.30	0.72	0.30	0.64	0.93
67	0.34	0.66	0.66	0.34	0.68	0.20	0.52	0.73
77	0.34	0.56	0.48	0.30	0.57	0.14	0.45	0.68
87	0.28	0.49	0.46		0.54		0.44	0.59
<b>rerata</b>	<b>0.85</b>	<b>0.87</b>	<b>0.79</b>	<b>0.51</b>	<b>0.91</b>	<b>0.48</b>	<b>0.66</b>	<b>0.92</b>

Gambar 2a menunjukkan laju infiltrasi pengukuran mengalami nilai fluktuatif, hal ini disebabkan penambahan air ke dalam ring infiltrometer berlangsung dalam waktu yang lama, penambahan air merusak keadaan permukaan tanah di dalam ring infiltrometer pada saat pengukuran, kesalahan waktu pencatatan, maupun kesalahan paralaks alat ukur. Beberapa hal tersebut diduga menyebabkan grafik laju infiltrasi berfluktuasi pada beberapa

waktu pengukuran. Sehingga analisa secara grafik digunakan regresi persamaan pangkat laju infiltrasi (Gambar 2b) dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara 0.75 – 0.88.



**Gambar 2a.** Grafik f pengukuran laju infiltrasi lahan pertanian kec. Sangatta Selatan



**Gambar 2b.** Grafik regresi f pengukuran laju infiltrasi lahan pertanian kec. Sangatta Selatan

Laju awal infiltrasi pada pengukuran B1, B3 dan C3 turun dengan cepat, sedangkan pada pengukuran yang lain turun secara landai (Gambar 2b). Hal ini berkaitan dengan pola pembasahan pada tanah liat dan kadar air awal tanah saat pengukuran. Pada saat awal infiltrasi, tanah pada keadaan kering dan ada retakan, air masuk mengisi pori-pori tanah yang sebelumnya terisi oleh udara, selain mengisi retakan tanah. Sifat tanah liat yang mengembang pada saat basah, akan menutup pori-pori tanah dan menyebabkan penurunan laju infiltrasi.

Kadar air tanah awal tertinggi (Tabel 1) terdapat pada pengukuran C1 yaitu 34.9 % dan terendah pada C2 sebesar 2.4 %. Berdasarkan Gambar 2a dan 2b., laju infiltrasi C2 lebih tinggi dibanding dengan C1, hal ini disebabkan pada tanah dengan kadar air tanah awal yang rendah (kering) gradient potensial matriks sangat besar, menyebabkan laju infiltrasi tinggi karena semakin banyak air yang dibutuhkan untuk mengisi pori-pori tanah hingga mendekati jenuh.

Kandungan liat tertinggi pada sampel pengukuran B3 yaitu 47.5 %, sedangkan terendah pada titik C1. Tanah dengan kandungan liat yang tinggi mempunyai gaya matrik yang tinggi sehingga menghambat laju infiltrasi, selain penyumbatan pori-pori makro oleh partikel liat, sehingga pada tanah kandungan liat tinggi infiltrasi kumulatif akan lebih kecil. Hasil yang berbeda diperlihatkan pada Gambar 2b. bahwa laju infiltrasi B3 lebih tinggi dibandingkan C1, hal ini disebabkan oleh rendahnya kadar air awal tanah yaitu 17.1 % sedangkan C1 sebesar 34,9 %.

Porositas tanah dan kandungan bahan organik mempunyai pengaruh yang sama terhadap kapasitas simpanan dan laju aliran, infiltrasi akan cenderung naik sebanding dengan porositas tanah dan kandungan bahan organik. Porositas tertinggi pada



pengukuran C1 sebesar 26.5 % dan terendah pada pengukuran C2 sebesar 5 %. Infiltrasi kumulatif menunjukkan bahwa C1 lebih rendah dibanding C2 yaitu 41 cm sedangkan pada C2 sebesar 58 cm. Hal ini disebabkan kadar air awal C2 jauh lebih rendah dibandingkan C1 yaitu 2.4 % dibanding 34.9 %.

Kadar bahan organik tertinggi pada pengukuran D2 dan C3 sebesar 3.5 %, sedangkan terendah pada pengukuran C1 yaitu 0.9 %. Berdasarkan kadar bahan organik tersebut maka infiltrasi kumulatif D2 dan C3 akan lebih tinggi dibandingkan pada C1. Hasil pengukuran diperoleh infiltrasi kumulatif D2, C3 sebesar 86.7 cm, 40.6 cm, sedangkan C1 sebesar 41.3 cm.

### 3.6 Fitting Parameter dan Uji Kesesuaian Model

Parameter model infiltrasi Horton, Philip dan Kostiakov pada berbagai penggunaan lahan pertanian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter model infiltrasi Horton, Philip dan Kostiakov

sample	Parameter model infiltrasi						
	Horton			Philip		Kostiakov	
	$f_o$	$f_c$	K	S	K	n	K
B1	2.279	0.279	-0.052	2.571	0.279	0.721	2.696
B2	1.899	0.479	-0.047	2.624	0.556	0.833	1.801
B3	1.543	0.459	-0.048	2.621	0.462	0.813	1.699
C1	1.006	0.279	-0.057	1.960	0.257	0.773	1.278
C2	2.038	0.529	-0.055	1.748	0.690	0.899	1.445
C3	1.278	0.137	-0.052	2.345	0.176	0.735	1.405
D1	1.258	0.469	-0.052	1.354	0.489	0.877	1.113
D2	1.456	0.569	-0.032	1.763	0.710	0.892	1.493

Hasil uji kesesuaian model pada Tabel 4., diperoleh model infiltrasi Horton sangat akurat digunakan pada penggunaan lahan jagung dengan nilai  $R^2 = 0.901$ ,  $r = 0.949$ , sedangkan pada lahan padi sawah memberikan hasil keakuratan paling rendah ( $R^2 = 0.807$ ,  $r = 0.898$ ). Model infiltrasi Philip sangat akurat pada lahan singkong dengan nilai  $R^2 = 0.888$ ,  $r = 0.942$ , keakuratan paling rendah pada lahan padi sawah ( $R^2 = 0.551$ ,  $r = 0.742$ ). Koefisien korelasi tertinggi model Kostiakov diperoleh pada lahan singkong dan terendah pada lahan padi sawah dengan nilai  $R^2 = 0.770$ ,  $r = 0.877$ . Berdasarkan kriteria koefisien korelasi, ketiga model memberikan hasil keakuratan tertinggi dan terendah yang sama pada lahan dengan jenis tanaman yang sama, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa karakteristik tanaman meliputi tekanan dan sebaran perakaran tidak berpengaruh terhadap laju infiltrasi model Horton, Philip maupun Kostiakov.

Uji *t-paired* antara laju ukur dan laju hasil model diperoleh bahwa hasil perkiraan model Horton sangat berbeda nyata dengan nilai  $t_{hitung}$  antara 1.825 – 4.591, kecuali pada sampel C3, nilai  $t_{hitung}$  lebih besar dari  $t_{tabel}$  yaitu 2.080 pada derajat bebas  $df = n-1$  pada tingkat kepercayaan 95 %. Model Philip diperoleh nilai  $t_{hitung}$  berada pada rentang 0.000 –

0.646 lebih kecil dari nilai  $t_{tabel}$  pada derajat bebas  $df = n-1$  pada tingkat signifikansi  $\alpha = 5\%$  terletak antara 2.069 – 2.080. Sehingga semua nilai rerata hasil model Philip tidak berbeda dengan rerata pengukuran.

**Tabel 4.** Hasil uji kesesuaian model infiltrasi Horton, Philip dan Kostiakov

model infiltrasi	kriteria	kesesuaian model infiltrasi							
		B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2
Horton	r	0.949	0.939	0.910	0.948	0.898	0.937	0.944	0.905
	$t_{hitung}$	-2.226	-2.949	-3.138	-2.768	-2.558	-1.823	-3.221	-4.592
	Se (cm)	0.27	0.36	0.29	0.13	0.47	0.17	0.28	0.36
Philip	r	0.858	0.865	0.942	0.881	0.742	0.877	0.849	0.820
	$t_{hitung}$	0.000	0.130	0.000	-0.021	0.013	0.000	0.010	-0.002
	Se (cm)	0.28	0.15	0.09	0.11	0.16	0.13	0.08	0.12
Kostiakov	r	0.911	0.938	0.963	0.932	0.877	0.926	0.939	0.906
	$t_{hitung}$	0.026	-0.285	0.319	0.136	-1.342	0.038	-0.577	-0.978
	Se (cm)	0.27	0.14	0.11	0.10	0.15	0.13	0.07	0.11

Laju infiltrasi model Kostiakov tidak berbeda nyata dengan pengukuran dengan nilai  $t_{hitung}$  antara 0.026 – 0.978 dan berada pada rentang  $t_{tabel}$  2.069 – 2.080. Berdasarkan nilai standard error (Se), model Horton mempunyai nilai Se paling tinggi antara 0.132 – 0.469, kemudian Se model Philip antara 0.084 – 0.278, sedangkan Se model Kostiakov paling rendah antara 0.073 – 0.274. Hasil uji-t dan nilai Se model diperoleh kesimpulan bahwa model Kostiakov lebih sesuai diterapkan di lahan pertanian lokasi penelitian dibandingkan model Horton dan Philip.

### 3.7 Laju Infiltrasi dan aplikasi irigasi

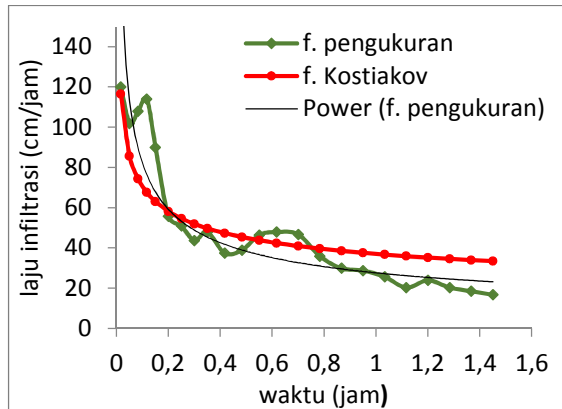
Laju infiltrasi dapat digunakan untuk mengetahui laju irigasi agar dicapai efisiensi irigasi yang tinggi. Laju irigasi harus  $\leq$  laju infiltrasi agar tidak terjadi kehilangan air melalui aliran permukaan. Laju infiltrasi pengukuran pada Tabel 5., mempunyai nilai antara 9.0 – 36.0 cm/jam dengan rerata 24.8 cm/jam, nilai tersebut lebih besar 4.5 cm/jam, sehingga termasuk dalam kelas sangat cepat. Laju infiltrasi model Kostiakov termasuk dalam kelas sangat cepat dengan nilai rerata 34.7 cm/jam pada rentang 18.6 – 48.6 cm/jam. Kesimpulan yang sama terlihat pada Gambar 3a., laju infiltrasi model lebih tinggi (*overestimate*) dibandingkan pengukuran.

**Tabel 5.** Laju infiltrasi pengukuran dan model Kostiakov (cm/jam)

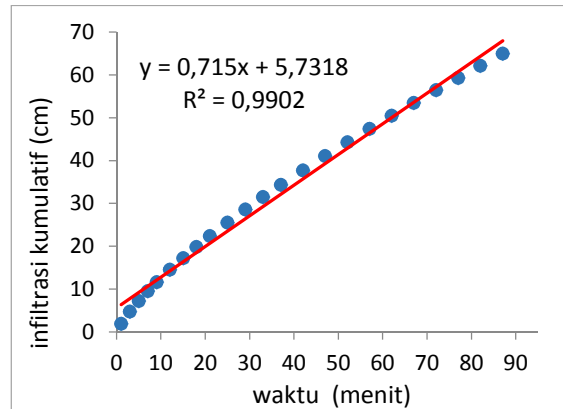
Laju (cm/jam)	Titik sampel pengukuran								rerata
	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	
ukur	18.6	29.4	28.2	17.4	33.0	9.0	26.4	36.0	24.8
model	33.6	42.0	36.0	18.6	46.8	18.6	33.6	48.6	34.7

Berdasarkan simulasi model Kostiakov, maka rata-rata laju aplikasi irigasi di lokasi penelitian harus  $\leq$  34.7 cm/jam agar tidak terjadi penggenangan dan aliran permukaan. Gambar 3b., menunjukkan bahwa terjadi simpangan positif pada menit 12 – 62, hal ini

berarti akan terjadi kelebihan air irigasi dalam bentuk genangan maupun aliran permukaan setelah irigasi pada menit ke-12 hingga menit ke 62, karena tanah sudah mencapai kapasitas serap air.



**Gambar 3a.** Grafik laju infiltrasi pengukuran dan model Kostiakov titik sampel B1



**Gambar 3b.** Grafik infiltrasi kumulatif terhadap waktu kumulatif titik sampel B1

#### 4 Kesimpulan

Penelitian ini difokuskan pada penentuan laju irigasi berdasarkan laju infiltrasi yang dihasilkan oleh model terbaik antara model infiltrasi Horton, Philip dan Kostiakov. Berdasarkan koefisien korelasi ( $r$ ), uji-t dan standard error, menunjukkan model Kostiakov paling sesuai untuk simulasi laju infiltrasi di lokasi penelitian. Nilai rerata evaluasi model Kostiakov diantaranya korelasi ( $r$ ) = 0.924,  $t_{hitung}$  0.103 < 2.074, dan  $Se$  = 0.135 cm. Model Kostiakov kemudian digunakan untuk menentukan kapasitas infiltrasi di lokasi penelitian. Hasil rerata kapasitas infiltrasi menggunakan model Kostiakov diperoleh 34.7 cm/jam termasuk dalam kelas sangat cepat. Agar diperoleh efisiensi irigasi yang tinggi, laju irigasi di lokasi penelitian sebaiknya tidak melebihi kapasitas infiltrasinya yaitu 34.7 cm/jam.

#### Daftar Pustaka

- Akinbile, C.O. 2010. Comparative Analysis of Infiltration Measurements of Two Irrigated Soils in Akure, Nigeria. *Adv. Appl. Sci. Res.*, 1 (1), 49 – 57. Diakses 5 Mei 2017, dari <https://www.imedpub.com/articles/comparative-analysis-of-Infiltration-measurement-of-twoirrigated-soils-in-akure-nigeria.pdf>
- Al-Azawi, S.A.1985. Experimental Evaluation of Infiltration Model. *Journal of Hydrology*, 24 (2), 77 – 88. Diakses 5 Mei 2017, dari [https://www.hydrologynz.co.nz/downloads/JoHNZ\\_1985\\_v24\\_2\\_Al-Azawi.pdf](https://www.hydrologynz.co.nz/downloads/JoHNZ_1985_v24_2_Al-Azawi.pdf)
- Beven, Keith & Horton, R. E. 2004. Perceptual Model of Infiltration Processes. *Hydral Process*, 18, 3447 – 3460. Diakses 5 Agustus 2016, dari [https://www.earth.biosestate.edu/jmcmamara/files/2011/10/Keven\\_HP2004.pdf](https://www.earth.biosestate.edu/jmcmamara/files/2011/10/Keven_HP2004.pdf)
- Hasan, M., Chowdury T., Drabo, M., Kassu A., & Glenn, C.2015. Modelling of Infiltration Characteristics by Modified Kostiakov Method. *Journal of Water Resources and*

Protection, 7, 1309-1317. Diakses 28 April 2017, dari [https://file.scrip.org/pdf/JWARP\\_2015111711414559.pdf](https://file.scrip.org/pdf/JWARP_2015111711414559.pdf)

- Igbadun, H.E., & Idris, U.D. 2007. Performance Evaluation of Infiltration Model in a Hydromhorpic Soil. *Nigerian Journal of Soil and Environmental Research*, 7, 53 – 59. Diakses 28 April 2017, dari [https://www.test.abu.edu.ng/abu/publications/2011-1214-124439\\_7814.pdf](https://www.test.abu.edu.ng/abu/publications/2011-1214-124439_7814.pdf)
- Januar, M. R., & Pandjaitan, N. H. 1999. Evaluasi Persamaan Infiltrasi Kostiakov dan Philip Secara Empirik Untuk Tanah Regosol Coklat Kekelabuan. *Buletin Keteknikan Pertanian*, 13, 1 – 10. Diakses 7 Agustus 2016, dari <https://core.ac.uk/download/32366919.pdf>.
- Jury, W.A., & Horton, R. 2004. *Soil Physics*. Sixth edition. John Wiley & Sons.Inc. Canada.
- Kannan, N., & Abate, B. 2015. Studies on Hydraulic Performance of Furrow Irrigation to Optimise Design Parameters Suitable to Onion Filed in Hawassa, Ethiopia. *Water Utility Journal*, 11, 17 – 30. Diakses 5 Mei 2017, dari [https://www.ewra.net/wuj/pdf/WUJ\\_2015\\_11\\_02.pdf](https://www.ewra.net/wuj/pdf/WUJ_2015_11_02.pdf)
- Linsley, R.K., Kohler, M.A., & Paulhus, J.L.H. 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Edisi ketiga. Penerjemah Yandi Hermawan. Jakarta: Erlangga.
- Mawardi, Muhjidin. 1998. *Diktat Kuliah Asas dan Praktek Irigasi Bagian III : Kandungan Air di Dalam Tanah*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ruth, U.A., Kelechi, K.I, Timothy, O.C., & Ike-Amadi, C.A. 2014. Application Kostiakov's Infiltration Model on The Soils of Umudike, Abia State- Nigeria. *American Journal of Environmental Engineering* , 4 (1), 1 – 6. Diakses 28 April 2017, dari <https://article.sapub.org/10.5923.j.ajee.20140401.html>
- Scott, H. Don. 2000. *Soil Physics : Agricultural and Environmental Applications*. Iowa: Iowa State University Press.
- Williams, J.R., & Ouyang, Y. 1998. Estimation of Infiltration Rate in Vadose Zone: Application of Selected Mathematical Model. *National Risk Management*. US.Environmental Protection Agency. Cincinnati. Diakses 5 Agustus 2016, dari <https://www.water-research.net/waterlibrary/stromwater/Infilvo2.pdf>.
- Ogbe, V.B., Jayeoba, O.J., & Ode, S.O. 2011. Comparison of Four Soil Infiltration Models on a Sandy Soil in Lafla, Southern Guinea Savanna Zone of Nigeria. *PAT*, 7 (12), 116 – 126. Diakses 5 Mei 2017, dari <https://patnsukjournal.net/Vol7No2/p14.pdf>