

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur penurunan air yang menyerap ke tanah menggunakan alat infiltrometer cincin ganda (*double ring infiltrometer*). Melalui nilai pengukuran penurunan air, didapatkan nilai kapasitas infiltrasi hingga nilai persamaan metode Horton dan Philip. Besarnya nilai laju infiltrasi tidak selalu sama karena dipengaruhi faktor kondisi tanah dengan sifat fisik, kimia, biologi dan mineralogi yang berbeda-beda. Jika kondisi tanah tersebut kering, pada menit awal laju infiltrasi sangat besar kemudian berangsur-angsur turun dan menjadi konstan (Hillel, 1980).

Pada saat pengujian menggunakan alat infiltrometer cincin ganda (*double ring infiltrometer*) penurunan air yang diamati ada dua, yaitu cincin dalam dan cincin antara. Cincin dalam merupakan memegang peranan paling penting dalam penelitian ini. Demikian karena hasil penurunan air yang terjadi cenderung sedikit dan tidak terjadi penyerapan air ke arah samping. Jadi, pada penelitian ini lebih difokuskan hasil pada cincin dalam.

4.1. Perhitungan Model Infiltrasi Horton

Berikut merupakan perhitungan model infiltrasi Horton pada titik TP 16. TP 16 merupakan titik pengujian yang berlokasi di Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, DIY. Kondisi tanah pada TP 16 cenderung datar dan basah akibat hujan. Lokasi pengujian dengan sumber air dekat karena berada di sekitar rumah warga. Pada saat pemasangan alat infiltrometer cincin ganda (*double ring infiltrometer*) tidak begitu sulit karena tanah tidak terdapat banyak kerikil di dalamnya.

4.1.1. Kapasitas Infiltrasi (f)

Berdasarkan SNI 7752:2012, kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum yang dapat diserap tanah pada kondisi tertentu. Nilai kapasitas infiltrasi akan berkurang seiring bertambahnya waktu interval hingga mendekati angka konstan. Penurunan kapasitas infiltrasi lebih dikontrol oleh faktor yang beroperasi di permukaan tanah dibanding dengan proses aliran dalam tanah.

Tabel 4.1 Data pengujian infiltrasi TP 16

t (jam)	t (menit)	Δt (menit)	h (cm)	Δh (cm)	Kumulatif Δh (cm)	f (cm/jam)
0.00	0	0	20.0	0.0	0.0	0.00
0.02	1	1	19.6	0.4	0.4	24.00
0.03	2	1	19.4	0.2	0.6	12.00
0.05	3	1	19.2	0.2	0.8	12.00
0.07	4	1	19.0	0.2	1.0	12.00
0.08	5	1	18.7	0.3	1.3	18.00
0.12	7	2	18.6	0.1	1.4	3.00
0.15	9	2	18.5	0.1	1.5	3.00
0.18	11	2	18.4	0.1	1.6	3.00
0.22	13	2	18.3	0.1	1.7	3.00
0.25	15	2	18.2	0.1	1.8	3.00
0.33	20	5	18.0	0.2	2.0	2.40
0.42	25	5	17.7	0.3	2.3	3.60
0.50	30	5	17.4	0.3	2.6	3.60
0.67	40	10	17.1	0.3	2.9	1.80
0.83	50	10	16.6	0.5	3.4	3.00
1.00	60	10	16.1	0.5	3.9	3.00
1.17	70	10	15.7	0.4	4.3	2.40
1.33	80	10	15.3	0.4	4.7	2.40
1.50	90	10	14.9	0.4	5.1	2.40
1.67	100	10	14.5	0.4	5.5	2.40
1.83	110	10	14.1	0.4	5.9	2.40
2.00	120	10	13.7	0.4	6.3	2.40

dengan,

t = waktu (menit),

Δt = beda waktu antara dua penukuran berurutan (menit),

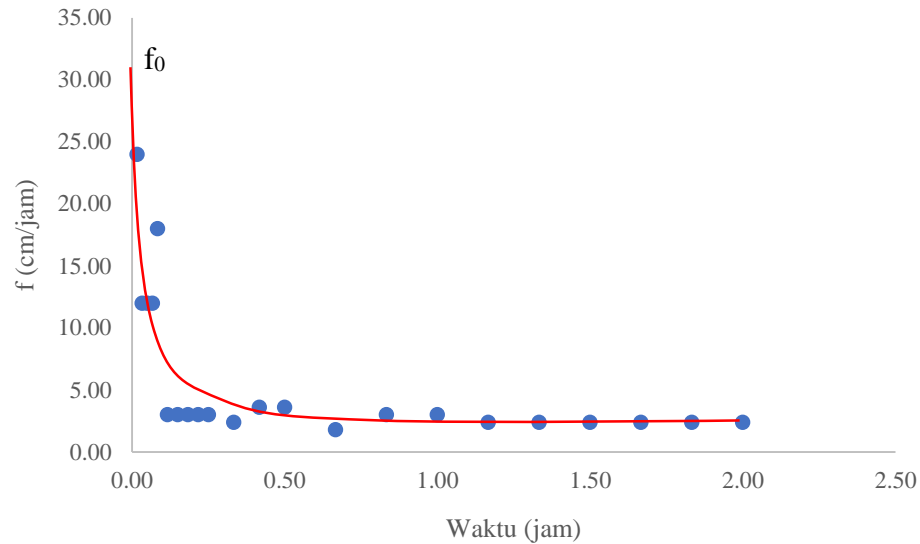
h = penurunan muka air (cm),

Δh = tinggi muka air yang meresap ke dalam tanah (cm),

f = kapasitas infiltrasi, $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ (cm/jam).

4.1.2. Laju nfiltrasi Awal (f_0)

Nilai f_0 didapat dari kurva yang dibuat berdasarkan titik-titik data kapasitas infiltrasi (f) yang telah dihitung pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 di atas.



Gambar 4.1 Kurva *fitting* infiltrasi pada TP 16

Berdasarkan *trendline* kurva *fitting* pada Gambar 4.1 didapatkan nilai f_0 pada titik pengujian TP 16, yaitu 31 cm/jam.

4.1.3. Nilai f_c

Nilai f_c didapatkan dari nilai perhitungan kapasitas infiltrasi (f) dari waktu pengujian terakhir. Dapat disimpulkan, nilai f_c adalah 2,40 cm/jam.

4.1.4. Nilai gradien (m)

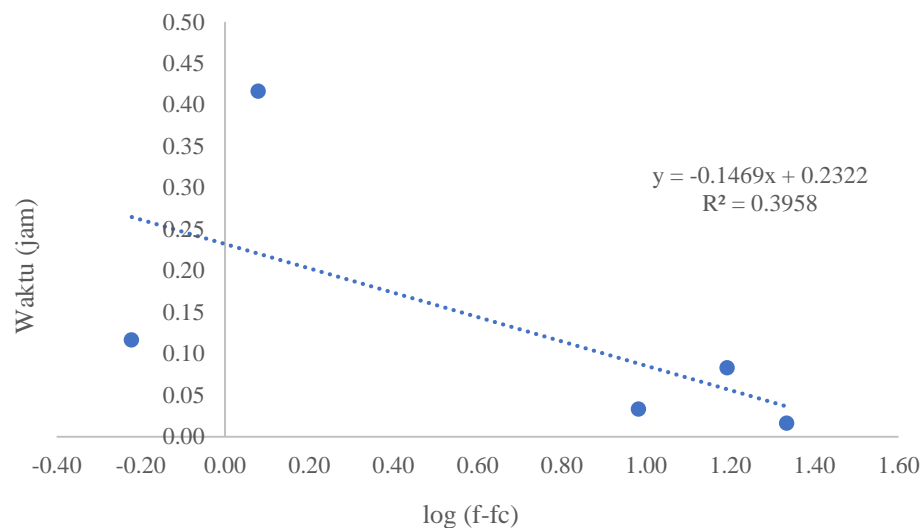
Nilai gradien (m) didapat dengan membuat grafik hubungan antara waktu dan $\log(f-f_c)$. Berdasarkan *trendline* grafik tersebut, didapatkan persamaan grafik tersebut ($y = mx + C$).

Tabel 4.2 Data perhitungan $\log(f-f_c)$ untuk mencari nilai gradien (m) pada TP 16

Waktu (jam)	$\log(f-f_c)$
0.00	-
0.02	1.33
0.03	0.98
0.05	-

Tabel 4.3 Data perhitungan log (f-fc) untuk mencari nilai gradien (m) pada TP 16
(lanjutan)

Waktu (jam)	log (f-fc)
0.07	-
0.08	1.19
0.12	-0.22
0.15	-
0.18	-
0.22	-
0.25	-
0.33	-
0.42	0.08



Gambar 4.2 Grafik mencari nilai gradien (m) pada TP 16

Jika ada data nilai log (f-fc) pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 ada nilai yang sama, maka diambil satu saja untuk membuat garis *trendline* pada Gambar 4.2. Hal ini dilakukan agar nilai gradien (m) sesuai dan kurva model infiltrasi Horton yang didapat tidak berantakan. Nilai gradien (m) sangat berpengaruh untuk mencari nilai konstanta (k) hingga hasil persamaan model Horton. Berdasarkan *trendline* Gambar 4.2 didapatkan nilai gradien (m) pada titik pengujian TP 16, yaitu -0,1469.

4.1.5. Nilai konstanta (k)

Nilai konstanta (k) merupakan fungsi tekstur permukaan, ketika permukaan ada tanah nilai konstanta (k) kecil, sedangkan jika pada lahan halus nilai konstanta (k) besar (Triatmodjo, 2014).

$$k = \frac{-1}{m \cdot \log e} \quad (4.1)$$

$$m = -0,1469$$

$$k = \frac{-1}{m \cdot \log e}$$

$$k = \frac{-1}{-0,1469 \times \log e}$$

$$k = 15,68$$

Berdasarkan perhitungan nilai k di atas, maka nilai k adalah 15,68.

4.1.6. Analisis model infiltrasi Horton

Persamaan untuk menghitung laju infiltrasi model Horton adalah:

$$F(t) = fc + (f_0 - fc) e^{-kt} \quad (4.2)$$

$$F(t) = fc + (f_0 - fc) e^{-kt}$$

$$F(0,02) = 2,40 + (31 - 2,40) e^{-15,68 \cdot 0,02}$$

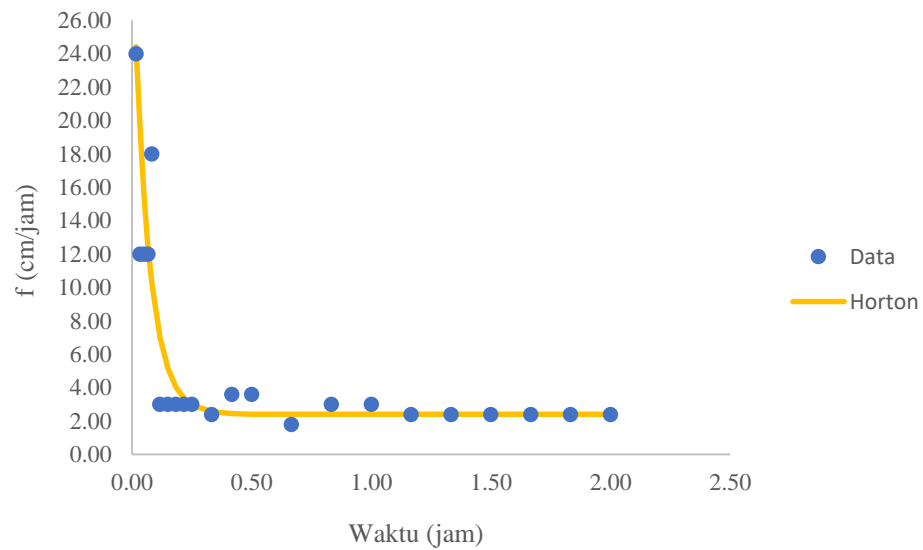
$$F(0,02) = 24,42 \text{ cm/jam}$$

Tabel 4.4 Data perhitungan nilai F(t) pada TP 16

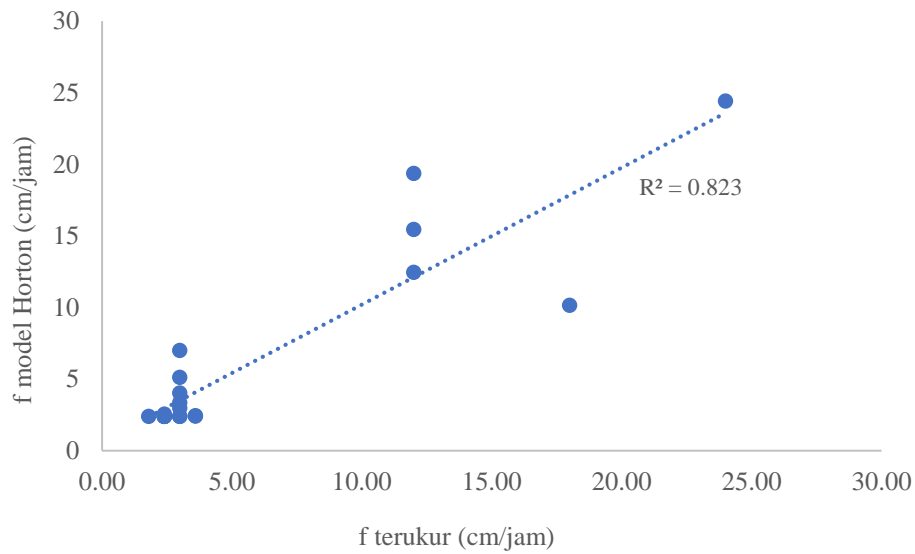
Waktu (jam)	Ft (cm/jam)
0.00	
0.02	19.36
0.03	15.46
0.05	12.46
0.07	10.15
0.08	6.99
0.12	5.12
0.15	4.02
0.18	24.42

Tabel 4.5 Data perhitungan nilai $F(t)$ pada TP 16 (lanjutan)

Waktu (jam)	F_t (cm/jam)
0.22	3.36
0.25	2.97
0.33	2.55
0.42	2.44
0.50	2.41
0.67	2.40
0.83	2.40
1.00	2.40
1.17	2.40
1.33	2.40
1.50	2.40
1.67	2.40
1.83	2.40
2.00	2.40



Gambar 4.3 Kurva model infiltrasi Horton pada TP 16



Gambar 4.4 Grafik perbandingan laju infiltrasi hasil terukur dan laju infiltrasi perhitungan model Horton pada TP 16

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.3, hasil kurva model infiltrasi Horton pada jam pertama sampai 0,50 jam mengalami penurunan dan pada 0,67 jam sampai 2 jam kurva sudah mulai konstan. Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa perbandingan tersebut memiliki angka R^2 sebesar 0,823 dan dapat disimpulkan bahwa persamaan regresi tersebut baik dan sesuai dengan laju infiltrasi terukur.

4.2. Perhitungan Model Infiltrasi Philip

Berikut merupakan perhitungan model infiltrasi Philip pada TP 16.

1. Luas penampang cincin infiltrometer

$$A = 2 \times \pi \times r^2 \quad (4.3)$$

$$A = 2 \times \pi \times 30^2$$

$$A = 706,86 \text{ cm}^2$$

2. Nilai Cp

$$t_1 = 1 \text{ menit}$$

$$t_2 = 120 \text{ menit}$$

$$F_{p1} = 4 \text{ mm}$$

$$F_{p2} = 63 \text{ mm}$$

$$C_p = \frac{(F_{p1} t_2) - (F_{p2} t_1)}{2((t_1^{0,5} t_2) - (t_2^{0,5} t_1))} \quad (4.4)$$

$$C_p = \frac{(4 \times 120) - (63 \times 1)}{2((1^{0,5} \times 120) - (120^{0,5} \times 1))}$$

$$C_p = 1,9120$$

3. Nilai C

a. Persamaan 1

$$F_{p1} t_2 - C t_1 t_2 = 2 C_p t_1^{0,5} t_2 \quad (4.5)$$

$$(4 \times 120) - C (1 \times 120) = 2 (1,9120 \times 1^{0,5} \times 120)$$

$$480 - 120 C = 485,8908$$

$$C = 0,1759$$

b. Persamaan 2

$$F_{p2} t_1 - C t_2 t_1 = 2 C_p t_2^{0,5} t_1 \quad (4.6)$$

$$(63 \times 1) - C (120 \times 1) = 2 (1,9120 \times 120^{0,5} \times 1)$$

$$63 - 120 C = 41,8908$$

$$C = 0,1759$$

4. Analisis model infiltrasi Philip

$$F_p = C_p t^{-0,5} + C \quad (4.7)$$

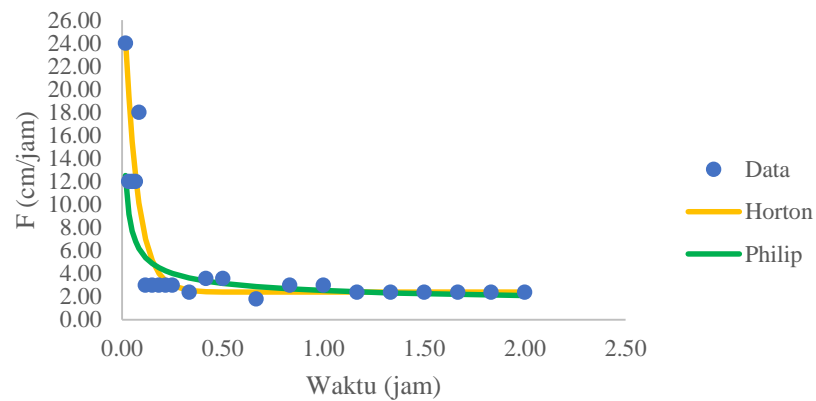
$$F_p = 1,9120 t^{-0,5} + 0,1759$$

Tabel 4.6 Data perhitungan nilai F_p pada TP 16

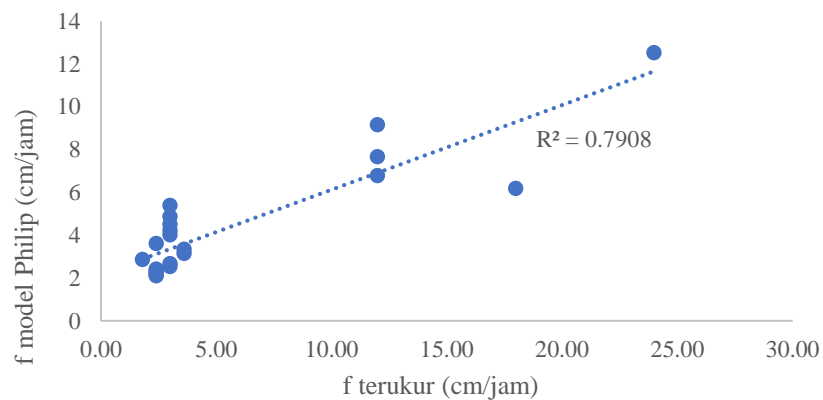
Waktu (jam)	F_p (cm/jam)
0.00	
0.02	12.53
0.03	9.17
0.05	7.68
0.07	6.79
0.08	6.19
0.12	5.39
0.15	4.88
0.18	4.51
0.22	4.24

Tabel 4.7 Data perhitungan nilai Fp pada TP 16 (lanjutan)

Waktu (jam)	Fp (cm/jam)
0.25	4.02
0.33	3.62
0.42	3.35
0.50	3.15
0.67	2.87
0.83	2.68
1.00	2.54
1.17	2.43
1.33	2.34
1.50	2.26
1.67	2.20
1.83	2.15
2.00	2.10



Gambar 4.5 Kurva perbandingan model infiltrasi Horton dan Philip pada TP 16

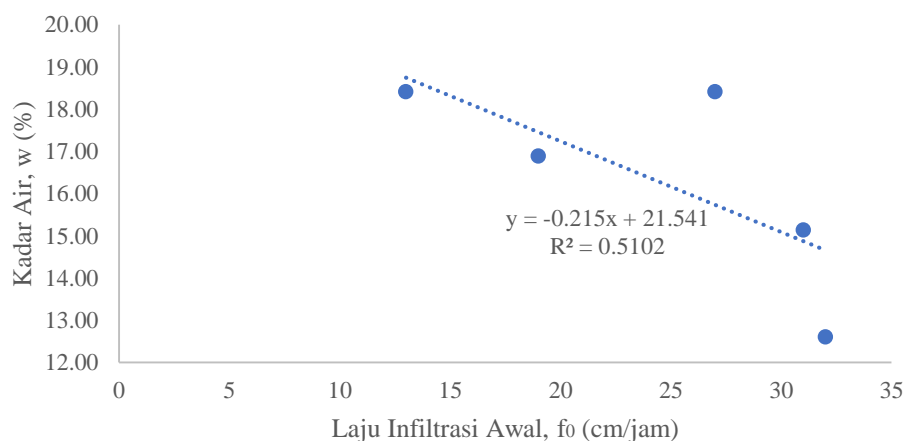


Gambar 4.6 Grafik perbandingan laju infiltrasi hasil pengukuran dan laju infiltrasi perhitungan model Philip pada TP 16

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.5, hasil kurva model infiltrasi Philip pada jam pertama sampai 0,50 jam mengalami penurunan dan pada 0,67 jam sampai 2 jam kurva sudah mulai konstan. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa perbandingan tersebut memiliki angka R^2 sebesar 0,7908 dan dapat disimpulkan bahwa persamaan regresi tersebut baik dan sesuai dengan laju infiltrasi terukur.

4.3. Nilai Kadar Air Tanah

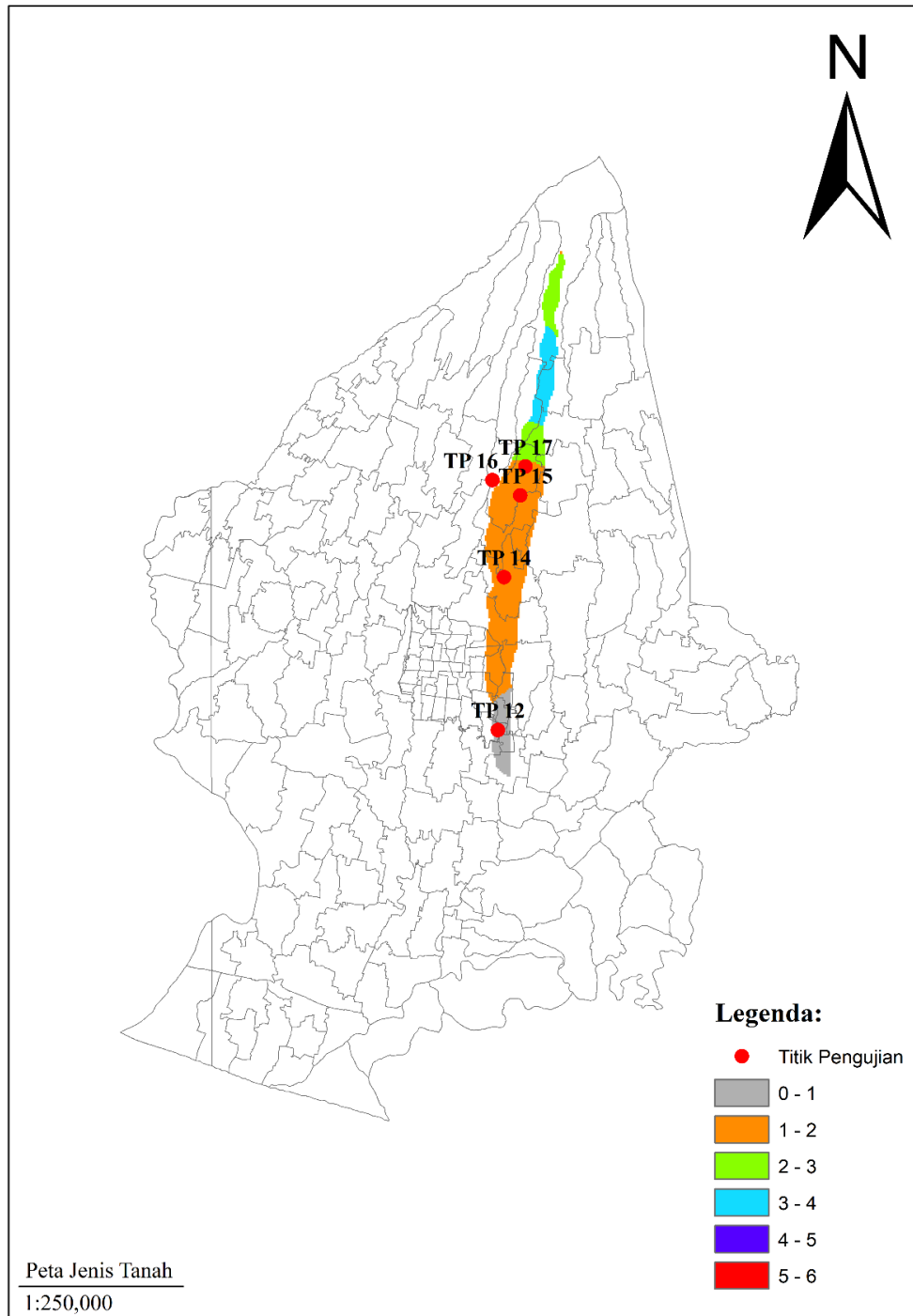
Berdasarkan pada Gambar 4.7, hubungan antara nilai laju infiltrasi dan kadar air memiliki perbandingan terbalik. Semakin tinggi nilai kadar air, maka nilai laju infiltrasi semakin rendah. Hal ini dapat terjadi jika kondisi tanah memiliki nilai kadar air tinggi, maka pori-pori tanah sudah memiliki simpanan air dan menyebabkan kemampuan tanah dalam menyerap air berkurang.



Gambar 4.7 Grafik hubungan laju infiltrasi awal dan kadar air

4.4. Analisis Data Tanah

Analisis data tanah dari berbagai instansi dan data *DMSW* dengan menggunakan aplikasi *ArcGIS*. Berdasarkan analisis *ArcGIS* pada data tanah yang telah diuji dari berbagai instansi didapatkan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong terdapat empat tanah jenis, yaitu pasir, pasir berlempung, lanau, dan lanau berpasir. Sedangkan untuk analisis *ArcGIS* pada data tanah menurut *FAO* hanya ada satu jenis tanah yaitu tanah lempung berpasir (*sandy loam*) karena pembagian jenis tanahnya berdasarkan kesamaan, kemiripan sifat, dan ciri-ciri tanah. Lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Lampiran 1-5.



Gambar 4.8 Peta jenis tanah Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong

Keterangan:

1 = pasir

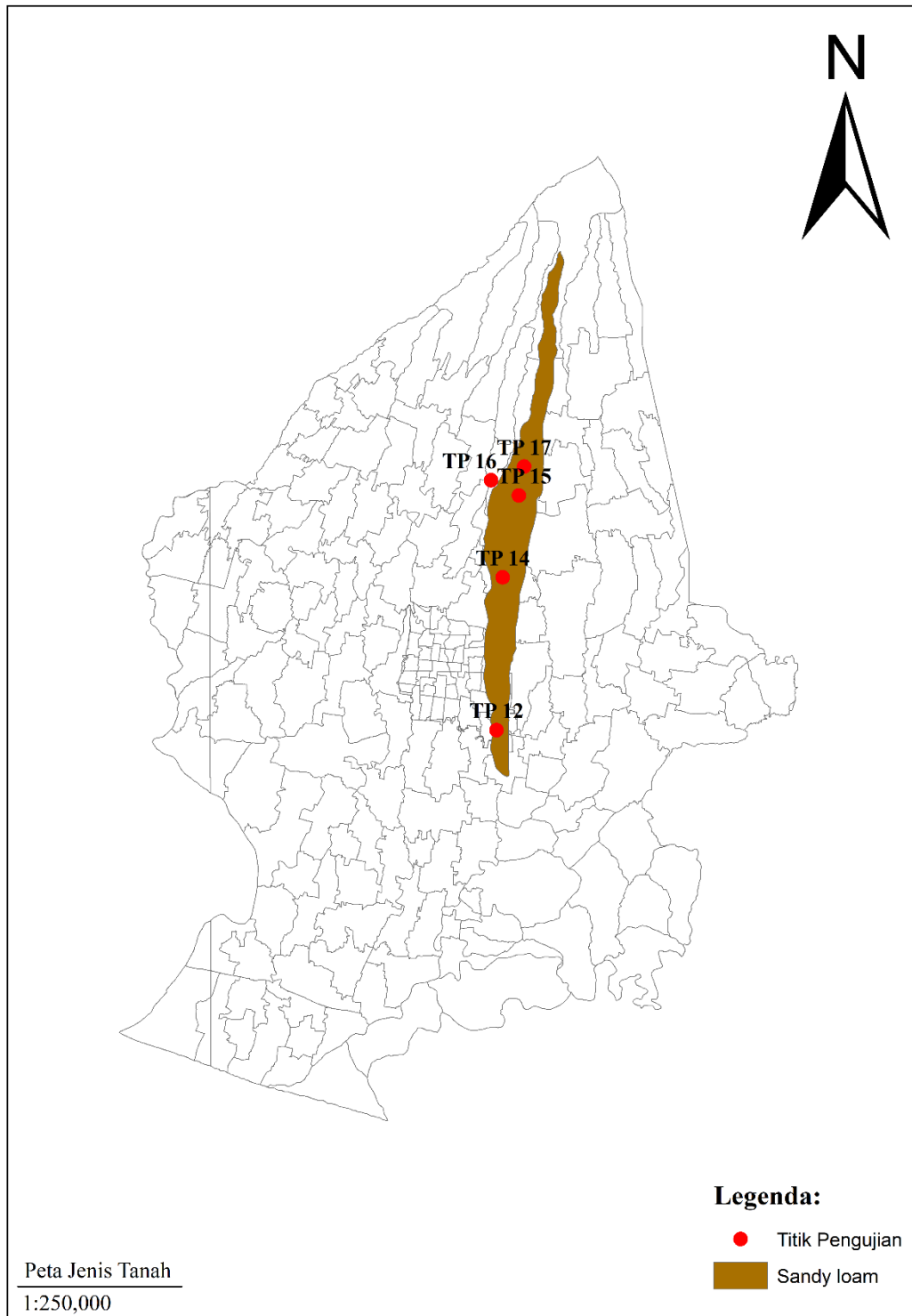
2 = pasir berlempung

3 = lanau

4 = lanau berpasir

5 = lempung berpasir

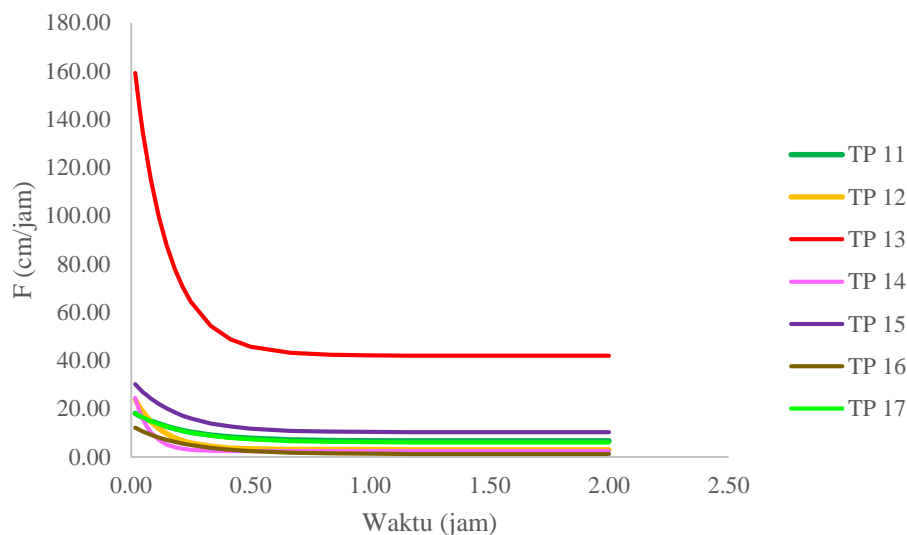
6 = pasir berlempung (*loamy sand*)



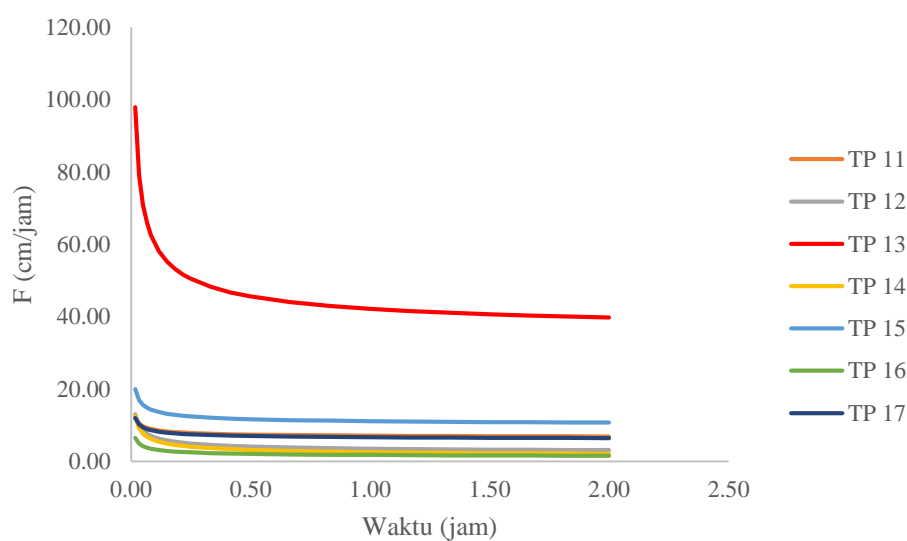
Gambar 4.9 Peta jenis tanah *FAO* Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong

4.5. Perbandingan Model Infiltrasi Horton dan Philip

Perbandingan model infiltrasi Horton dan Philip perlu untuk menentukan persamaan mana yang paling mendekati data perhitungan kapasitas infiltrasi (f).



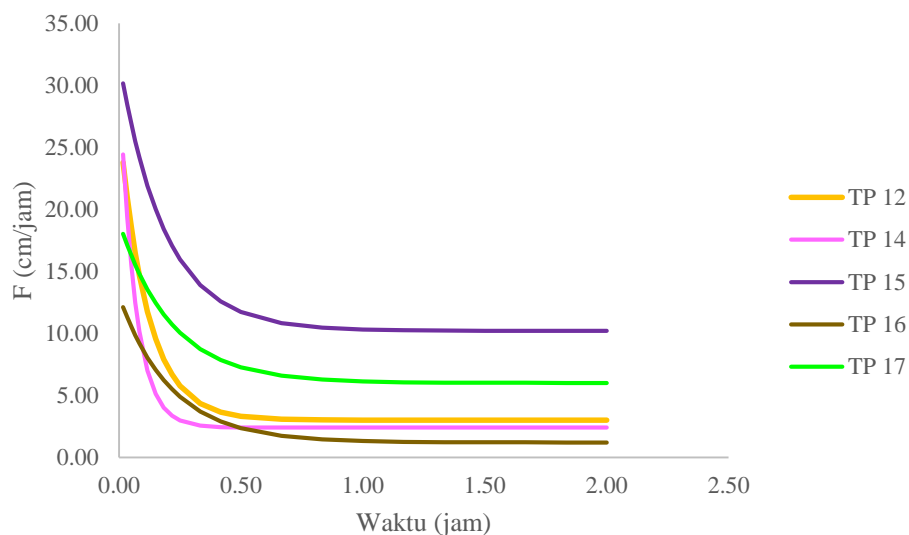
Gambar 4.10 Kurva infiltrasi model Horton TP 11 sampai TP 17



Gambar 4.11 Kurva infiltrasi model Philip TP 11 sampai TP 17

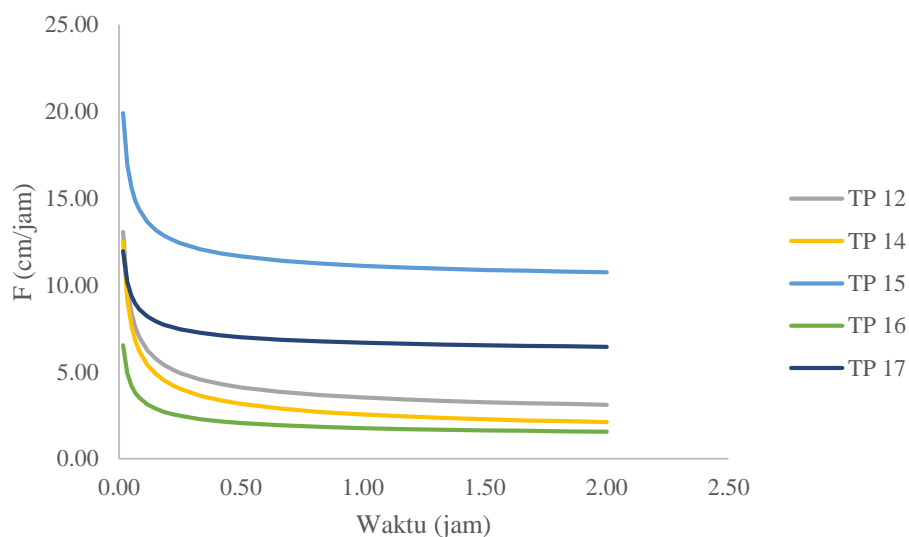
Berdasarkan kurva pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, titik TP 13, nilai laju infiltrasi yang sangat tinggi. Hal tersebut terjadi karena penyerapan air pada saat pengujian di lapangan sangat cepat dan jenis tanah pasir kering urugan. Titik TP 11 dan TP 13 tidak memenuhi pada daerah aliran sungai (DAS) Gajah Wong, sehingga titik tersebut tidak digunakan. Hasil kurva infiltrasi model Horton dan

Philip tanpa TP 11 dan TP 13 menunjukkan bahwa, kedua model tersebut baik digunakan untuk memprediksi nilai laju infiltrasi. Lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13. Berdasarkan kurva pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, titik TP 15 memiliki nilai laju infiltrasi yang paling tinggi.



Gambar 4.12 Kurva infiltrasi model Horton TP 12, TP 14, TP 15, TP 16, dan TP

17



Gambar 4.13 Kurva infiltrasi model Philip TP 12, TP 14, TP 15, TP 16, dan TP 17