

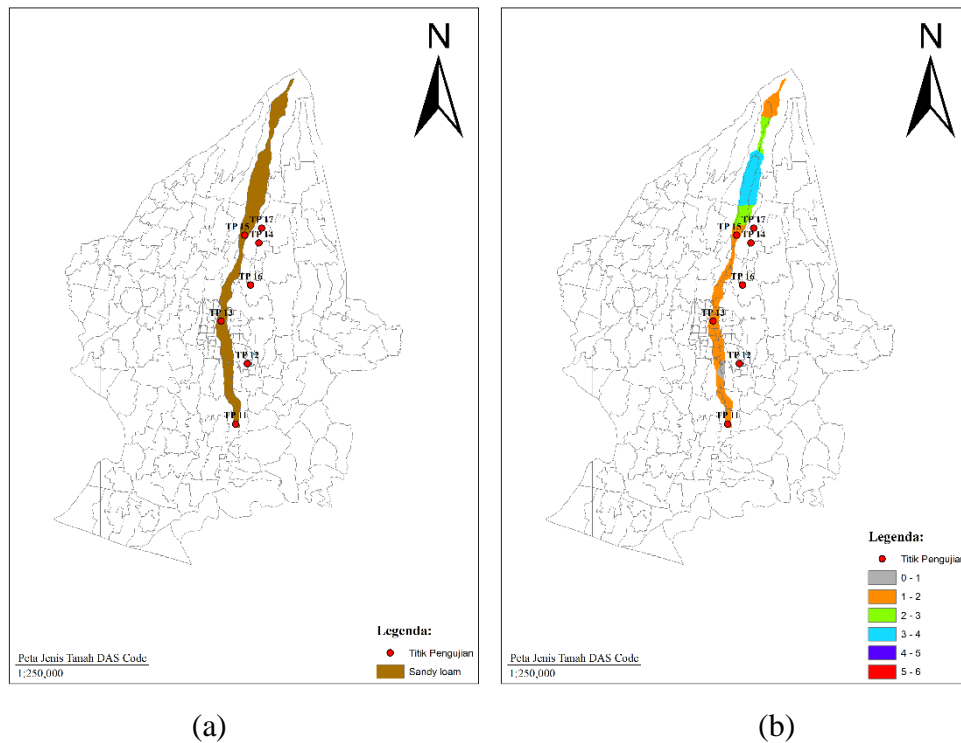
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah di dapatkan data infiltrasi dan data berat tanah maka selanjutnya dilakukan analisa kapasitas infiltrasi, perhitungan infiltrasi metode Horton, perhitungan infiltrasi metode Green-Ampt dan dilakukan perbandingan terhadap model Horton terhadap model Green-Ampt.

4.1. Peta Tanah

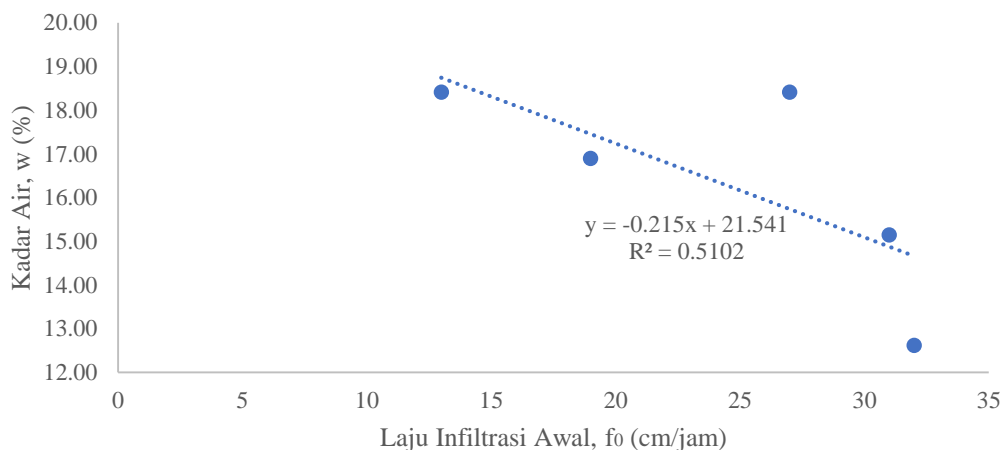
Untuk memberikan gambaran bentuk sebaran infiltrasi dilakukan interpolasi terhadap sebaran jenis tanah, interpolasi ini menggunakan bantuan software *ArcMap 10.2.1* melalui 2 metode yaitu Kriging dan *FAO*. Model interpolasi ini ditinjau dari segi visual dimana dari kedua metode ini interpolasi menggunakan metode Kriging memiliki bentuk sebaran titik dan interpolasi lebih bagus dari *FAO*. Model Kriging memiliki sebaran jenis tanah berupa pasir. Model *FAO* hanya memiliki satu sebaran jenis tanah yaitu *sandy loam* yang dapat di lihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Peta tanah hasil interpolasi 2 metode (a) Metode *FAO* (b) Metode Kriging

4.2. Analisa Kadar Air Tanah

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kadar air maka laju infiltrasi akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kadar air suatu tanah maka tanah tersebut mempunyai cadangan air sehingga kemampuan tanah untuk menyerap air akan berkurang.



Gambar 4.2 Grafik hubungan laju infiltrasi awal dan kadar air

Adapun hasil analisis terhadap kadar air pada TP 11-TP 17 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil analisis kadar air

Titik Pengujian	Kadar Air
	(w) (%)
TP 11	19.83%
TP 12	18,41%
TP 13	11.79%
TP 14	15.14%
TP 15	12.61%
TP 16	43.99%
TP 17	16.89%

4.3. Analisa Kapasitas Infiltrasi

Seperti yang dijelaskan sesuai SNI 7752 (BSN, 2012) bahwa tata cara pengukuran laju infiltrasi tanah dilapangan menggunakan infiltrometer cincin ganda atau *double ring infiltrometer*. Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa kapasitas infiltrasi akan berkurang seiring bertambahnya interval waktu hingga

mendekati konstan. Jenis tanah berperan penting sebagai faktor penentu kapasitas infiltrasi.

Tabel 4.2 Data pengujian infiltrasi lokasi uji TP 11

t (jam)	t (menit)	Δt (menit)	h (cm)		Δh (cm)		Kumulatif Δh (cm)		f (cm/jam)	
			dalam	antara	dalam	antara	dalam	antara	dalam	antara
0.00	0		20.0	20.0						
0.02	1	1	19.7	19.4	0.3	0.6	0.3	0.6	18.00	36.00
0.03	2	1	19.5	19.0	0.2	0.4	0.5	1.0	12.00	24.00
0.05	3	1	19.3	18.6	0.2	0.4	0.7	1.4	12.00	24.00
0.07	4	1	19.0	18.2	0.3	0.4	1.0	1.8	18.00	24.00
0.08	5	1	18.7	17.8	0.3	0.4	1.3	2.2	18.00	24.00
0.12	7	2	18.5	17.7	0.2	0.1	1.5	2.3	6.00	3.00
0.15	9	2	18.2	17.2	0.3	0.5	1.8	2.8	9.00	15.00
0.18	11	2	17.9	17.1	0.3	0.1	2.1	2.9	9.00	3.00
0.22	13	2	17.7	16.8	0.2	0.3	2.3	3.2	6.00	9.00
0.25	15	2	17.4	16.5	0.3	0.3	2.6	3.5	9.00	9.00
0.33	20	5	16.7	15.4	0.7	1.1	3.3	4.6	8.40	13.20
0.42	25	5	16.0	14.3	0.7	1.1	4.0	5.7	8.40	13.20
0.50	30	5	15.2	13.3	0.8	1.0	4.8	6.7	9.60	12.00
0.67	40	10	14.0	10.6	1.2	2.7	6.0	9.4	7.20	16.20
0.83	50	10	13.0	8.6	1.0	2.0	7.0	11.4	6.00	12.00
1.00	60	10	11.9	6.3	1.1	2.3	8.1	13.7	6.60	13.80
1.17	70	10	10.7	4.4	1.2	1.9	9.3	15.6	7.20	11.40
1.33	80	10	9.6	2.6	1.1	1.8	10.4	17.4	6.60	10.80
1.50	90	10	8.5	0.8	1.1	1.8	11.5	19.2	6.60	10.80
1.67	100	10	7.4	0.0	1.1	1.8	12.6	21.0	6.60	10.80
1.83	110	10	6.3	0.0	1.1	1.8	13.7	22.8	6.60	10.80
2.00	120	10	5.2	0.0	1.1	1.8	14.8	24.6	6.60	10.80

4.4. Analisa Model Infiltrasi Horton

Berikut merupakan contoh analisis titik pengujian TP 11 pada Tabel 4.2

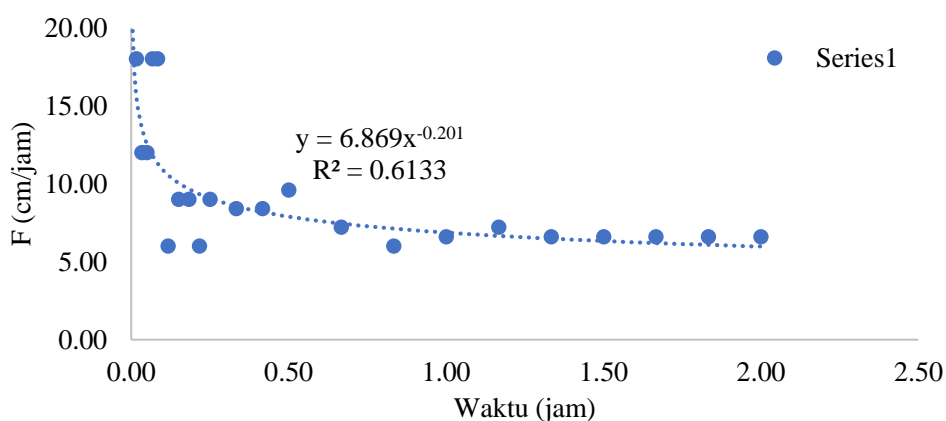
Tabel 4.3 Data analisis kapasitas infiltrasi metode Horton

t (Menit)	Δt (Menit)	Δt (Jam)	Δh cm
0		0.00	
1	1	0.02	0.3
2	1	0.03	0.2
3	1	0.05	0.2
4	1	0.07	0.3
5	1	0.08	0.3
7	2	0.12	0.2
9	2	0.15	0.3
11	2	0.18	0.3
13	2	0.22	0.2
15	2	0.25	0.3
20	5	0.33	0.7
25	5	0.42	0.7
30	5	0.50	0.8

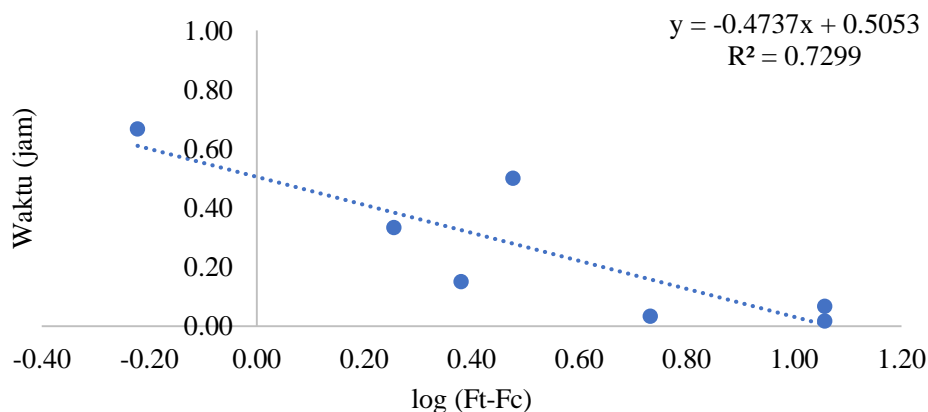
Tabel 4.4 Data analisis kapasitas infiltrasi metode Horton (lanjutan)

40	10	0.67	1.2
50	10	0.83	1.0
60	10	1.00	1.1
70	10	1.17	1.2
80	10	1.33	1.1
90	10	1.50	1.1
100	10	1.67	1.1
110	10	1.83	1.1
120	10	2.00	1.1

Laju infiltrasi dilapangan didapatkan dengan $f = \Delta h / \Delta t$ jam, sedangkan laju infiltrasi pada $t=0$ (f_0) didapatkan dengan perpanjangan kurva *fitting* infiltrasi. Dari hasil kurva *fitting* menggunakan *trendline* titik didapatkan f_0 sebesar 19 cm/jam yang disajikan pada Gambar 4.3

Gambar 4.3 Kurva *fitting* infiltrasi pada TP 11

Setelah itu dilakukan pencarian nilai konstanta menggunakan plot grafik garis lurus antara t dan $\log(f-f_c)$ dengan kemiringan m .

Gambar 4.4 Grafik mencari gradient m pada TP 11

Dari gambar 4.4 diperoleh gradient $m = 0,5053$ dihitung dengan persamaan, maka

$$K = \frac{-1}{-0.5053 e}$$

$$K = 4.86$$

Setelah didapatkan nilai konstanta (K) kapasitas infiltrasi Horton $f(t)$ dapat dicari dengan persamaan $f(t) = fc (f_0 - fc) e^{-kt}$ sebagai berikut:

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

$$f(0,02) = 6,60 + (19 - 6,60) e^{-4,86 \cdot 0,02}$$

$$f(0,02) = 18.04 \text{ cm/jam}$$

Tabel 4.5 Hasil perhitungan f , fc , dan K

f cm/jam	fc cm/jam	$f - fc$	$\text{Log } \frac{f - fc}{fc}$	K	$f(t)$
18.00	6.6	11.4	1.06	4.86	18.04
12.00		5.4	0.73		17.15
12.00		5.4	0.73		16.32
18.00		11.4	1.06		15.57
18.00		11.4	1.06		14.87
6.00		-0.6			13.63
9.00		2.4	0.38		12.58
9.00		2.4	0.38		11.69
6.00		-0.6			10.93
9.00		2.4	0.38		10.28
8.40		1.8	0.26		9.05
8.40		1.8	0.26		8.24
9.60		3	0.48		7.69
7.20		0.6	-0.22		7.09
6.00		-0.6			6.82
6.60		0			6.70
7.20		0.6	-0.22		6.64
6.60		0			6.62
6.60		0			6.61
6.60		0			6.60
6.60		0			6.60
6.60		0			6.60

dengan:

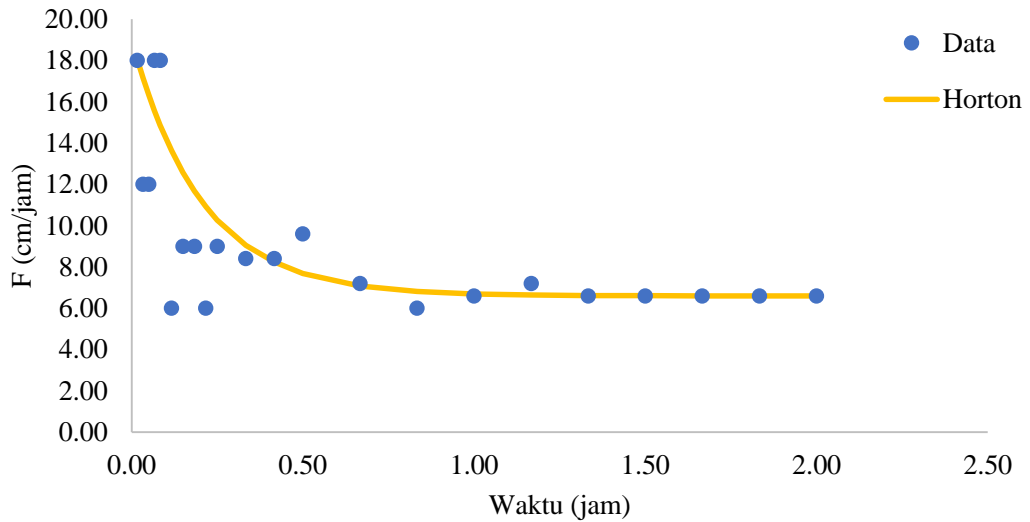
f = Laju infiltrasi lapangan

fc = Laju infiltrasi konstan

K = Konstanta

f(t) = Kapasitas infiltrasi

Perhitungan dilakukan pada tiap rentan waktu yang dilakukan pada pengujian sehingga didapat kurva infiltrasi dapat di lihat pada Gambar 4.5.



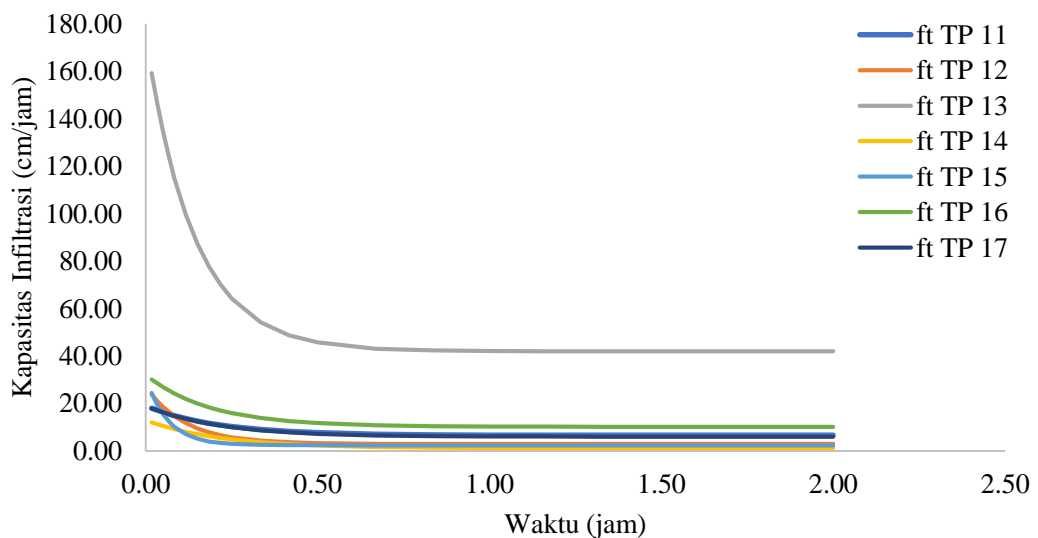
Gambar 4.5 Grafik kapasitas infiltrasi model Horton pada TP 11

Sedangkan untuk menghitung kapasitas infiltrasi selama dua jam digunakan persamaan $f(t) = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$ yaitu:

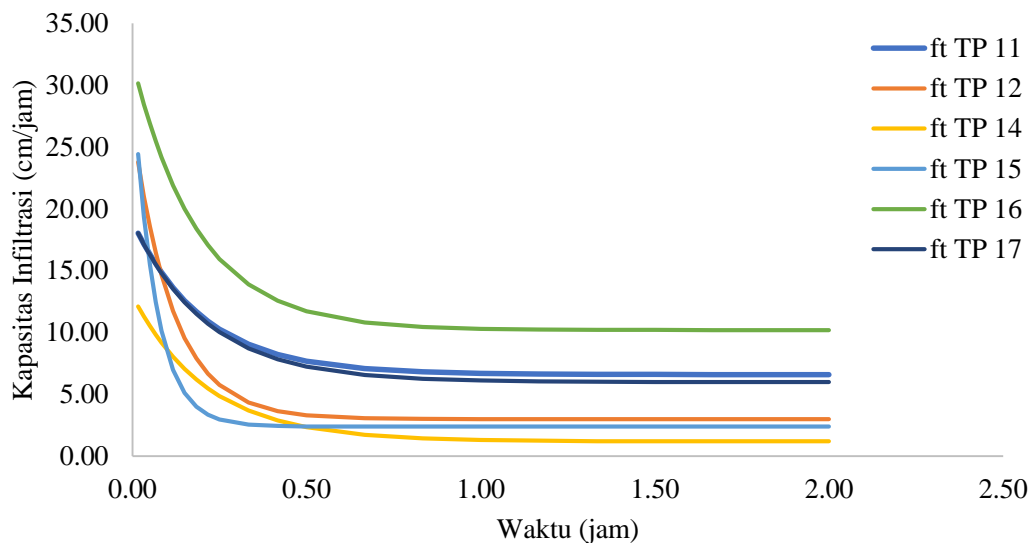
$$F(t) = 6,6 + (19 - 6,6) e^{-4,86 \times 0,02}$$

$$F(t) = 18,04 \text{ cm/jam}$$

Berikut merupakan grafik kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi model Horton yang disajikan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Grafik kapsitas infiltrasi model Horton TP 11-TP 17



Gambar 4.7 Grafik laju infiltrasi model Horton

Pada Tabel 4.7 ditunjukkan nilai kapasitas infiltrasi pada TP 13 adalah 159.22 yang mana nilainya terlalu tinggi dari titik pengujian yang lain. Hal ini disebabkan karena pada lokasi yang diuji memiliki jenis tanah pasir yang begitu kering dan menyebabkan kapasitas infiltrasi mengalami lonjakan yang tinggi.

Tabel 4.6 Kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi konstan

No	Kode titik	Kapasitas infiltrasi $F(t)$	Laju infiltrasi konstan (f_c)	Laju infiltrasi awal (f_0)
1	TP 11	18.04	6.60	19.00
2	TP 12	23.77	3.00	27.00
3	TP 13	159.22	42.00	174.00
4	TP 14	12.12	1.20	13.00
5	TP 15	24.42	2.40	31.00
6	TP 16	30.15	10.20	32.00
7	TP 17	18.02	6.00	19.00

4.5. Analisa Model Infiltrasi Green-Ampt

Sebelum menghitung model infiltrasi Green-Ampt terlebih dahulu harus mengetahui jenis tanah yang diuji pada lokasi pengujian. Tiap tanah memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung jenisnya dan sesuai dengan yang sudah dijelaskan pada Tabel 2.2.

Setelah mengetahui jenis tanahnya, maka selanjutnya adalah menentukan range nilai dari setiap parameter, karena untuk mendapatkan grafik yang terbaik harus dengan cara trial dan eror tiap range nilai. Berikut adalah nilai dari tiap parameter dengan jenis tanah pasir.

Tabel 4.7 Parameter nilai untuk jenis tanah pasir

<i>Porosity</i> η	<i>Effective Porosity</i> θ_e	<i>Effective Saturation</i> S_e	<i>Suction head</i> ψ	<i>Hydraulic conductivity</i> K (cm/hr)
0.5	0.48	0.3	20	3.74

Kemudian untuk mencari nilai $\Delta\theta$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta\theta &= (1 - S_e) \times \theta_e \\ &= (1 - 0.3) \times 0.48 \\ &= 0.34\end{aligned}$$

Setelah mencari nilai $\Delta\theta$ selanjutnya adalah mencari nilai infiltrasi kumulatif sebagai berikut:

$$\begin{aligned}F(t) &= Kt + \Psi\Delta\theta \ln \left(1 + \frac{F(t)}{\Psi\Delta\theta} \right) \\ K \times t &= Kt + \Psi\Delta\theta \ln \left(1 + \frac{F(t)}{\Psi\Delta\theta} \right) \\ 3.74 \times 0.02 &= 3.74 \times 0.02 + 20 \times 0.34 \times \ln \left(1 + \frac{F(t)}{20 \times 0.34} \right)\end{aligned}$$

$$0.96 = 0.078 \times 6.87 \times \ln \left(1 + \frac{F(t)}{6.72} \right)$$

Dicoba nilai $F(t)$ 0.96

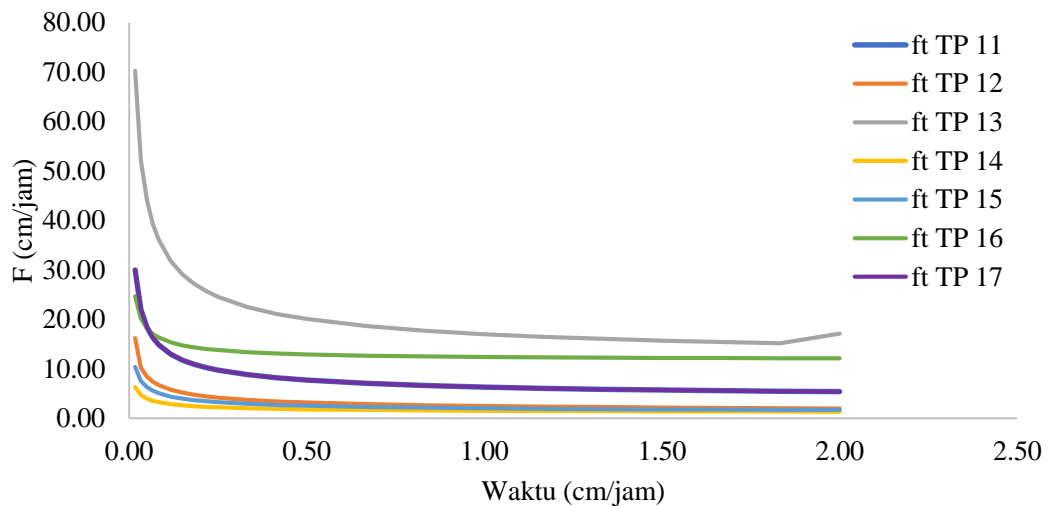
$$0.96 = 0.078 \times 6.87 \times \ln \left(1 + \frac{0.96}{6.72} \right)$$

$$0.96 = 0.96$$

maka digunakan nilai $F(t) = 0,96$

Selanjutnya untuk menghitung nilai infiltrasi menggunakan persamaan 2.26 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}f(t) &= K \left(\frac{\Psi\Delta\theta}{F(t)} + 1 \right) \\ &= 3.74 \times \left(\frac{20 \times 0.34}{0.96} + 1 \right) \\ &= 29.99 \text{ cm/jam}\end{aligned}$$

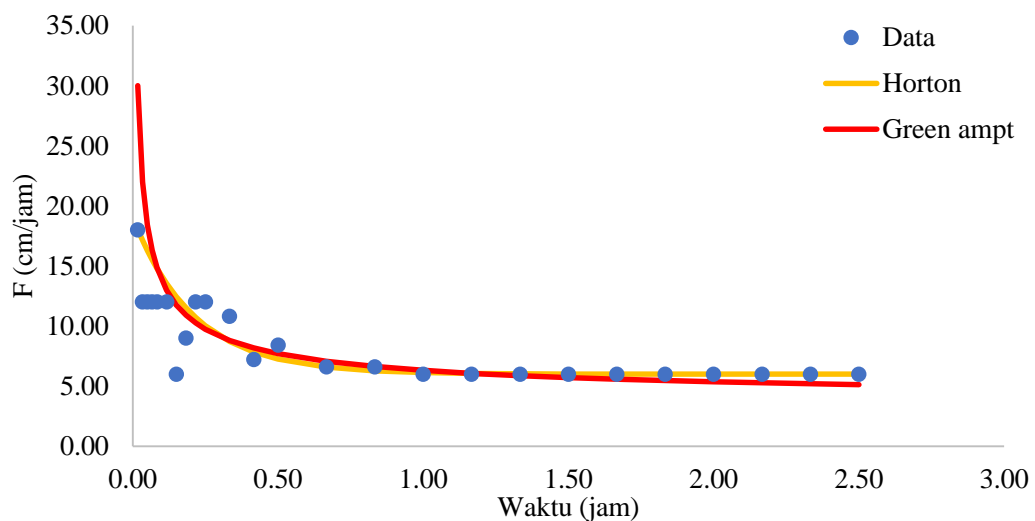


Gambar 4.8 Grafik infiltrasi model Green-Ampt TP 11 – TP 17

Gambar 4.8 menunjukkan laju infiltrasi pada pengukuran TP 13 turun dengan cepat, sedangkan pada pengukuran yang lain turun secara landai. Hal ini disebabkan karena jenis tanah yang berupa pasir, pada saat awal infiltrasi tanah dalam keadaan kering dan dalam keadaan belum jenuh air.

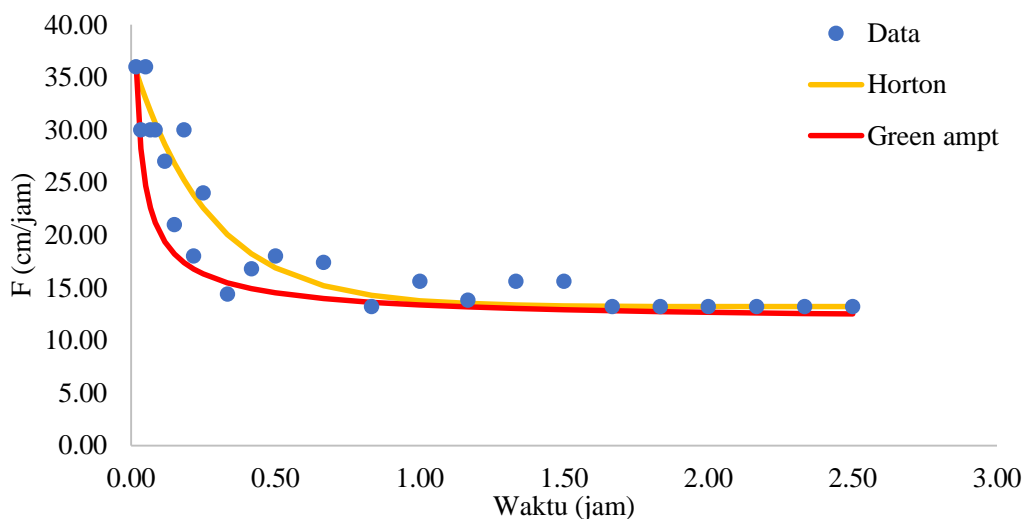
4.6. Perbandingan Model Infiltrasi Horton dan Green-Ampt

Perbandingan model Horton dan Green-Ampt dapat dilihat pada Gambar 4.9 bahwa model Horton bisa digunakan dalam pendugaan nilai laju infiltrasi di lapangan karena memiliki selisih nilai yang tidak begitu jauh dengan pengukuran di lapangan. Model Green-Ampt juga memiliki nilai yang tidak begitu jauh dengan pengukuran di lapangan bahkan hampir mendekati model Horton.



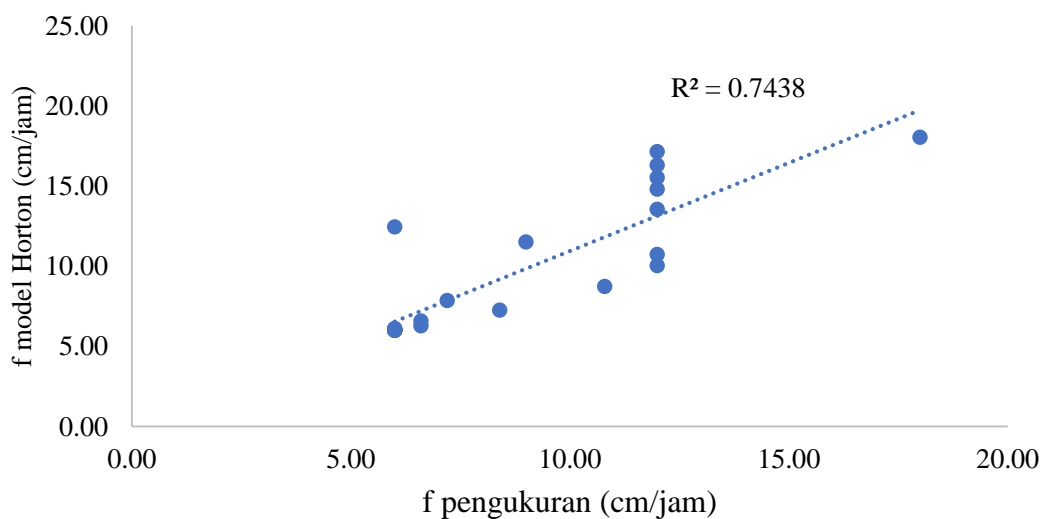
Gambar 4.9 Perbandingan model infiltrasi Horton dan Green-Ampt TP 17

Sementara untuk cincin luar model Geen-Ampt kurang bisa mendekati data pengukuran, hal ini bisa disebabkan karena parameter model Green-Ampt hanya bergantung pada jenis tanah yang di uji. Model Horton dan Green-Ampt memiliki nilai f_0 awal sebesar 37. Nilai awal f_0 model Green-Ampt perlahan menjauh dari persamaan Horton kemudian konstan dinilai yang sama. Kedua model ini konstan diwaktu 40 menit.

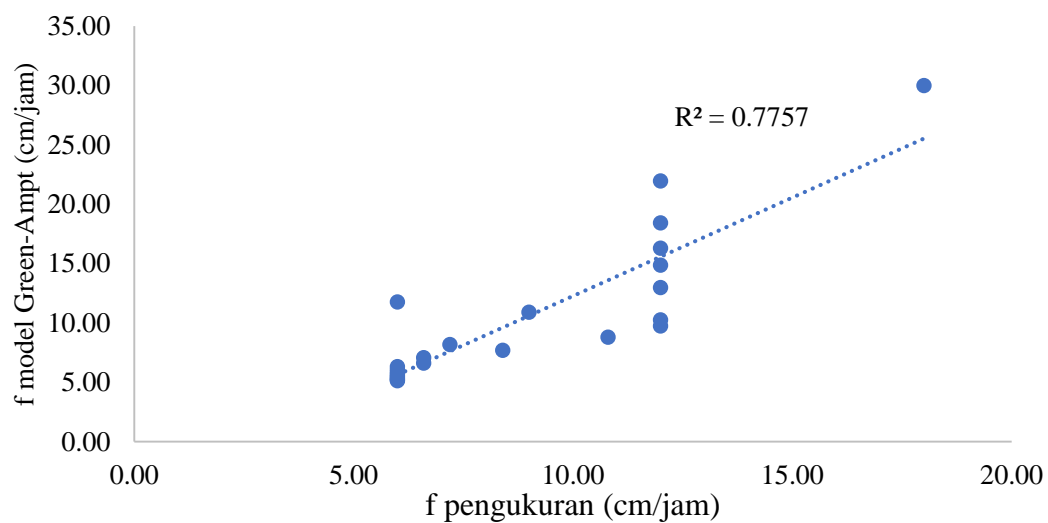


Gambar 4.10 Perbandingan model infiltrasi Horton dan Green Ampt TP 17

Pada Gambar 4.11 dibawah ini juga dibandingkan antara nilai r model Horton dan Green-Ampt. Model Horton memiliki nilai korelasi r sebesar 0.862 dan untuk model Green-Ampt 0.8807 yang mana nilai ini sangat bagus karna hampir mendekati 1. Model Green-Ampt memiliki nilai korelasi tinggi daripada model Horton.



Gambar 4.11 f model Horton lokasi uji TP 17



Gambar 4.12 f model Green-Amt lokasi uji TP 17

Dari hasil perhitungan persamaan Horton dan Green-Ampt di dapatkan rata-rata nilai laju infiltrasi yang disajikan pada Tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.8 Nilai rata-rata laju infiltrasi Horton dan Green-Ampt

Titik Pengujian	Model Horton	Model Green-Ampt
TP 11	10.29	10.72
TP 12	7.93	4.75
TP 13	73.01	26.96
TP 14	4.79	2.41
TP 15	6.06	3.58
TP 16	16.34	14.49
TP 17	9.47	10.06
Rata-rata	18.27	10.42