

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian infiltrasi di lapangan yang dilakukan terhadap 7 titik seperti yang di tunjukkan pada Tabel 3.1. Selanjutnya dilakukan analisis data meliputi analisa perhitungan kapasitas infiltrasi, analisa perhitungan kadar air, analisa perhitungan kepadatan tanah, dan analisa perhitungan permeabilitas tanah.

4.1. Analisa perhitungan kapasitas infiltrasi

Pada pengujian kapasitas infiltrasi dilakukan 2 percobaan yaitu penambahan volume dan penurunan muka air. Dari 2 percobaan tersebut penelitian ini menganalisis data dari penurunan muka air, karena data yang lebih akurat daripada penambahan volume. Pengukuran kapasitas infiltrasi pada pengujian ini menggunakan alat cincin ganda (*double ring infiltrometer*) yang dimasukkan kedalam tanah ± 5 sampai 10 cm. Pengujian ini dilakukan pada 7 titik berbeda dari hulu ke hilir berdasarkan peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong.

Berikut adalah data hasil pengujian laju infiltrasi di lapangan dari Titik 1 sampai Titik 7 :

Tabel 4.1 Hasil pengujian kapasitas infiltrasi Titik 1

Jam	t menit	Δt menit	Δv cm ³	Δh cm	Δh cm	ft cm/jam
14.00	0	0			15	
14.01	1	1	282,86	0,4	14,6	24
14.02	2	1	212,14	0,3	14,3	18
14.03	3	1	141,43	0,2	14,1	12
14.04	4	1	70,71	0,1	14	6
14.05	5	1	70,71	0,1	13,9	6
14.10	10	5	424,29	0,6	13,3	7,2
14.15	15	5	424,29	0,6	12,7	7,2
14.20	20	5	424,29	0,6	12,1	7,2
14.30	30	10	565,71	0,8	11,3	4,8
14.40	40	10	565,71	0,8	10,5	4,8
14.50	50	10	565,71	0,8	9,7	4,8
15.00	60	10	565,71	0,8	8,9	4,8

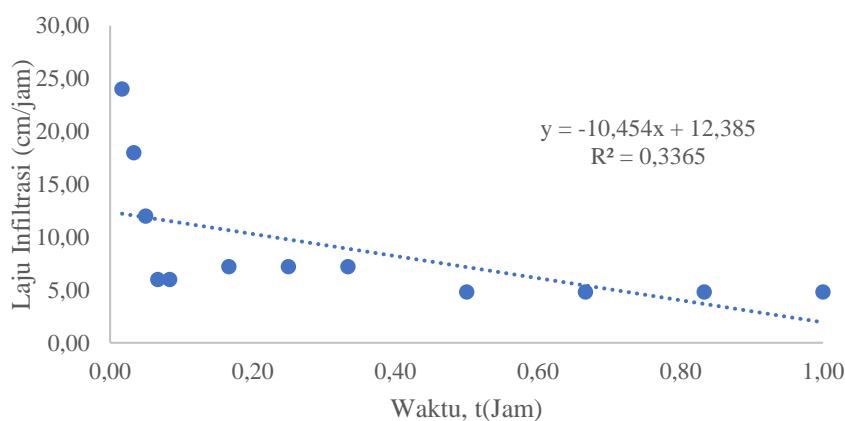
Pada Tabel 4.1 tersebut, data yang digunakan adalah data dari kapasitas infiltrasi cincin dalam. Digunakan data cincin dalam karena data cincin luar sebagai

pembanding atau pada saat pengujian air yang ada di cincin luar berfungsi untuk menjaga air yang ada di cincin dalam melakukan proses infiltrasi lurus ke dalam tanah tidak menyebar ke samping. Selanjutnya adalah menghitung nilai kapasitas infiltrasi menggunakan persamaan Horton, berikut merupakan contoh perhitungan pada Titik 1 :

Tabel 4.2 Data perhitungan kapasitas infiltrasi Titik 1

t (menit)	t (jam)	f cm/jam	f-fc cm/jam	Log (f-fc)	ft cm/jam
0	0	24,00	19,20	1,28	24,00
1	0,02	24,00	19,20	1,28	22,43
1	0,03	18,00	13,20	1,12	20,99
1	0,05	12,00	7,20	0,86	19,67
1	0,07	6,00	1,20	0,08	18,46
1	0,08	6,00	1,20	0,08	17,34
5	0,17	7,20	2,40	0,38	12,99
5	0,25	7,20	2,40	0,38	10,15
5	0,33	7,20	2,40	0,38	8,29
10	0,50	4,80	0,00	0,00	6,29
10	0,67	4,80	0,00	0,00	5,44
10	0,83	4,80	0,00	0,00	5,07
10	1,00	4,80	0,00	0,00	4,92

Untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi awal (f_0) pada Tabel 4.2 menggunakan perpanjangan kurva *fitting* infiltrasi persamaan horton dengan menggunakan *microsoft excel* seperti pada gambar dibawah ini :

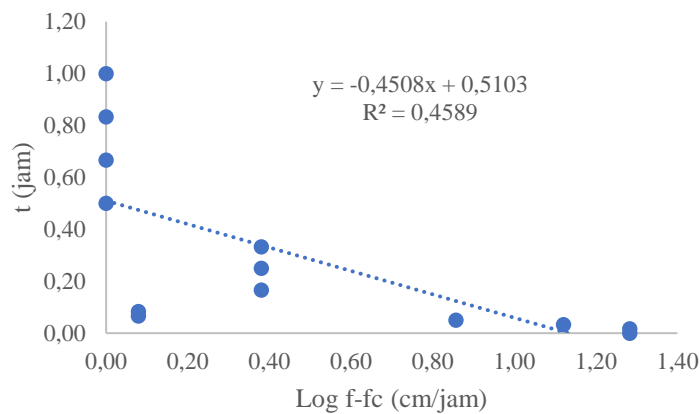


Gambar 4.1 Perpanjangan kurva *fitting* infiltrasi metode horton Titik 1

Dari analisa perpanjangan kurva *fitting* tersebut, untuk Titik 1 diperoleh nilai laju infiltrasi awal (f_0) sebesar 10,454 cm/jam. Dari Tabel 4.2 didapat perhitungan parameter infiltrasi menggunakan metode Horton sebagai berikut:

Waktu (t)	= 1 menit
	= $1/60 = 0,02$ jam
Laju infiltrasi (f)	= 24 cm/jam
Laju infiltrasi konstan (fc)	= 4,80 cm/jam
f-fc	= $24 - 4,80$
	= 19,20 cm/jam
Log (f-fc)	= $\log (19,20)$
	= 1,28

Dari Tabel 4.2 kemudian digambarkan grafik hubungan antara $\log (f-fc)$ dan t untuk mencari gradien m seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik hubungan $\log (f-fc)$ dan t

Dari persamaan Gambar 4.2 didapat nilai gradien, $m = -0,4508$ dengan menggunakan rumus $K = -1/0,434m$, maka:

$$K = \left(\frac{-1}{0,434 \times (-0,4508)} \right)$$

$$K = 5,11$$

Setelah diketahui semua parameter infiltrasi pada Tabel 4.2, maka persamaan infiltrasinya adalah:

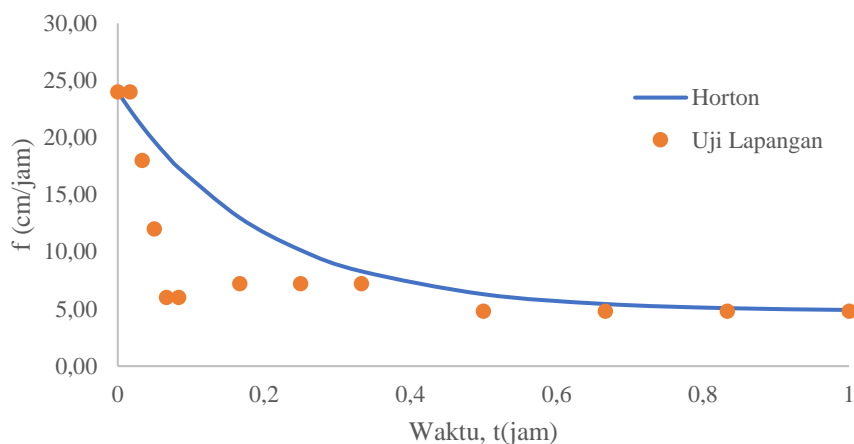
$$f = fc + (f_0 - fc)e^{-Kt} \text{ atau}$$

$$f = 4,8 + (24 - 4,8)e^{-5,11 \times 1,00}$$

$$f = 24,00 \text{ cm/jam}$$

Dengan persamaan Horton tersebut didapat nilai kapasitas infiltrasi (f) Horton pada waktu, $t = 0,00$ jam sebesar 24,00 cm/jam. Dari hasil perhitungan Titik

1 tersebut dapat dibuat menjadi grafik kapasitas infiltrasi metode horton seperti berikut:



Gambar 4.3 Kurva laju infiltrasi metode Horton

Untuk Titik 2 sampai 7 dilakukan perhitungan yang sama seperti contoh. Berikut ini merupakan rekapitulasi nilai dari kapasitas infiltrasi:

Tabel 4.3 Hasil perhitungan kapasitas infiltrasi

Uraian	Satuan	Lokasi Pengujian						
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
f_0	cm/jam	24,00	6,00	6,00	60,00	6,00	48,00	6,00
f_c	cm/jam	4,80	0,60	2,40	2,40	3,00	12,00	1,20
Gradien m	-	-0,45	-0,89	-0,41	-0,43	-0,75	-0,49	-0,91
K	-	5,11	2,59	5,58	5,40	3,06	4,73	2,54
f_{total}	cm/jam	8,53	2,53	1,58	13,03	3,93	19,55	2,94

Dari Tabel 4.3 nilai kapasitas infiltrasi konstan paling besar terdapat pada Titik 6. Hal ini terjadi karena kadar air yang rendah dan kepadatan yang termasuk rendah sehingga air dengan mudah masuk ke dalam tanah.

4.2. Perhitungan kadar air

Parameter pendukung infiltrasi berupa kadar air. Infiltrasi berhubungan dengan kadar air. Pada pemeriksaan kadar air sebelum pengujian infiltrasi, sampel tanah diambil dari lapangan dengan kedalaman 10-20 cm dari permukaan tanah. Sampel tersebut kemudian dimasukkan kedalam plastik dan dibungkus rapat agar suhu tanah tidak berubah. Pada setiap titik dilakukan dua kali pengujian lalu diambil rata-rata. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

Berikut salah satu contoh perhitungan pada Titik 1

Tabel 4.4 Hasil pengujian kadar air Titik 1

Pengujian	W1 (gram)	W2 (gram)	W3 (gram)
Titik 1	2,59	24,36	18,33
Titik 2	2,67	22,63	17,47

$$W = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \right) \times 100\%$$

$$WP1 = \left(\frac{24,36 - 18,33}{18,33 - 2,59} \right) \times 100\% = 38,31\%$$

$$WP2 = \left(\frac{22,63 - 17,47}{17,47 - 2,67} \right) \times 100\% = 34,86\%$$

$$W = \left(\frac{38,31\% + 34,86\%}{2} \right) = 36,59\%$$

Keterangan

W = Kadar air (%)

W₁ = Berat cawan (g)

W₂ = Berat cawan + tanah basah (g)

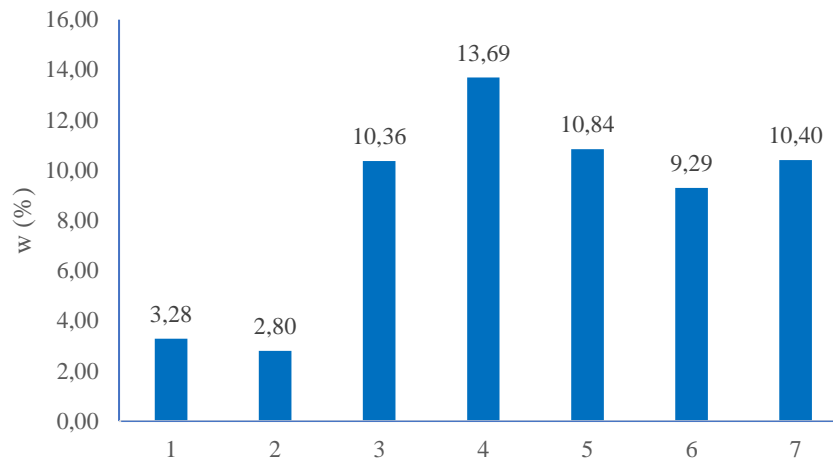
W₃ = Berat cawan + tanah kering (g)

Dari hasil perhitungan di atas didapat nilai kadar air pada Titik 1 sebesar 36,59 %. Untuk perhitungan Titik 1 sampai 7 dilakukan perhitungan yang sama seperti contoh. Rangkuman hasil perhitungan kadar air dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar air

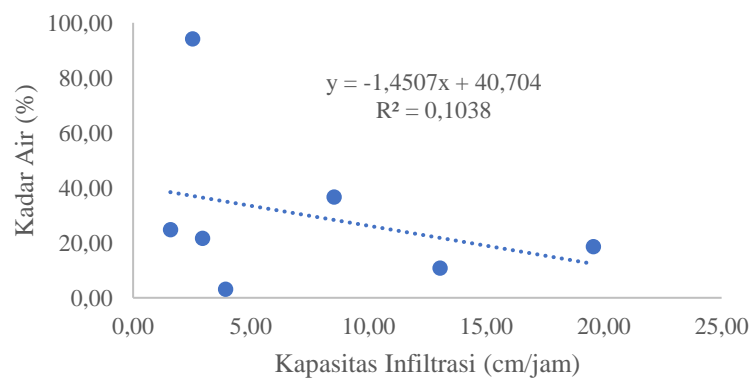
Titik	Cawan	W1 (g)	W2 (g)	W3 (g)	Ww (g)	Ws (g)	W (%)	Wrata-rata (%)
1	1	2,59	24,40	18,30	6,03	15,70	38,30	36,59
	2	2,67	22,60	17,50	5,16	14,80	34,90	
2	1	2,73	22,20	13,00	9,16	10,30	89,20	94,10
	2	2,72	24,70	13,80	11,00	11,10	99,00	
3	1	2,70	22,50	18,90	3,62	16,20	22,30	24,74
	2	2,74	21,80	17,70	4,07	15,00	27,10	
4	1	2,68	24,30	21,10	3,21	18,40	17,50	16,38
	2	2,70	26,80	23,60	3,19	20,90	15,30	
5	1	2,73	22,00	21,30	0,74	18,50	3,99	3,11
	2	2,67	22,50	22,10	0,43	19,40	2,22	
6	1	2,69	24,20	20,90	3,31	18,20	18,20	18,49
	2	2,70	25,20	21,70	3,56	19,00	18,80	
7	1	2,69	24,90	20,80	4,06	18,10	22,40	21,62
	2	2,69	22,90	19,40	3,48	16,70	20,90	

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.5 dapat di jadikan grafik pengujian kadar air seperti di bawah ini:



Gambar 4.4 Grafik kadar air

Dari hasil perhitungan kadar air pada tabel di atas dapat dijelaskan bahwa pada Titik 2 memiliki kadar air tertinggi yaitu 94,10 %. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar air di Titik 2 yang tinggi ini adalah pada saat dilakukan pengujian di lapangan, kondisi sesudah turunnya hujan. Jadi ruang pori pada tanah telah atau sebagian terisi oleh air.



Gambar 4.5 Grafik hubungan kapasitas infiltrasi dan kadar air

Kadar air berhubungan dengan infiltrasi. Dari pengujian didapat bahwa pada Titik 2 memiliki kadar air paling tinggi yaitu 94,10 %, hal ini berhubungan dengan kapasitas infiltrasi yang tergolong kecil dengan 1,30 cm/jam. Makin besar

kadar air maka kapasitas infiltrasi makin kecil. Sebaliknya, makin kecil kadar air maka semakin besar kapasitas infiltrasi.

4.3. Perhitungan kepadatan tanah

Infiltrasi berhubungan dengan kepadatan tanah. Data pendukung berupa kepadatan tanah diperlukan pada penilitan ini sehingga akan diperoleh grafik hubungan kapasitas infiltrasi dengan kepadatan tanah. Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk pengujian kepadatan tanah adalah kerucut pasir (*sand cone*). Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian infiltrasi.

Berikut contoh perhitungan nilai kepadatan tanah lapangan pada Titik 1 :

Tabel 4.6 Hasil pengujian kepadatan tanah Titik 1

yp (g)	w (%)	W9-W8 (g)	W6-W7-Wpc (g)
10,55	0,37	950	2235

Dari Tabel 4.6 tersebut dapat di hitung nilai kepadatan tanah Titik 1 sebagai berikut :

$$\gamma_d = \left(\frac{yp}{1+w} \right) \left(\frac{W9-W8}{W6-W7-Wpc} \right)$$

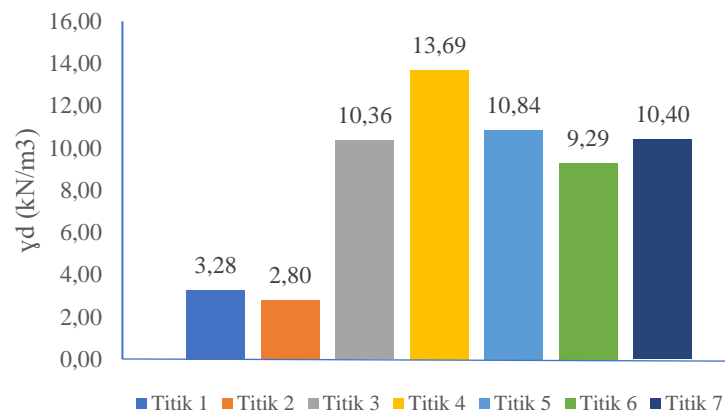
$$\gamma_d = \left(\frac{10,547}{1+0,37} \right) \left(\frac{950}{5345-2650-460} \right) = 3,282 \text{ kN/m}^3$$

Pada hasil perhitungan pada Titik 1 diperoleh nilai kepadatan tanah lapangan sebesar 3,282 kN/m³. Untuk perhitungan Titik 2 sampai 7 menggunakan hitungan yang sama seperti contoh hitungan Titik 1. Berikut adalah hasil pengujian kepadatan tanah lapangan Titik 1 sampai 7.

Tabel 4.7 Hasil pengujian kepadatan tanah Titik 1 sampai Titik 7

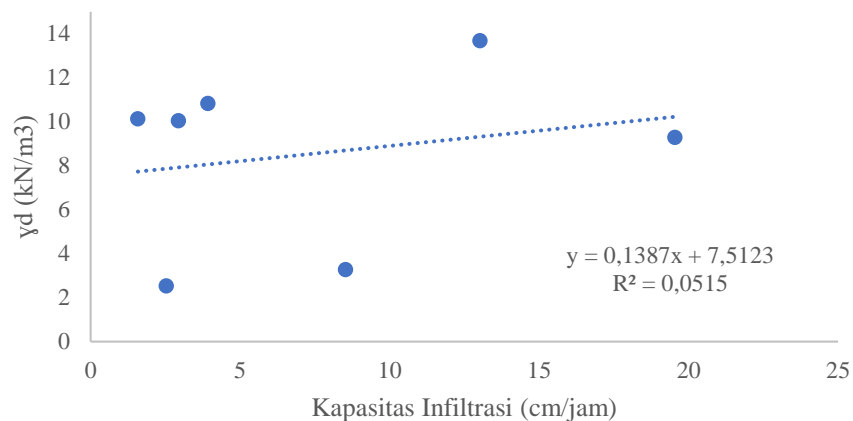
Uraian	Lokasi						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
yp (g)	10,55	10,55	10,55	10,55	10,55	10,55	10,55
w (%)	0,37	1,14	0,25	0,11	0,03	0,18	0,22
W9-W8 (g)	950	670	2750	4160	3540	3784	2675
W6-W7-Wpc (g)	2235	1300	2245	2895	3340	3625	2310
yd (kN/m3)	3,28	2,54	10,36	13,69	10,84	9,29	10,04

Dari Tabel 4.7 diatas dapat dibuat menjadi grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.6 Kepadatan tanah lapangan

Dari Gambar 4.6 tersebut didapat bahwa pada Titik 4 memiliki nilai kepadatan tanah tertinggi sebesar $13,69 \text{ kN/m}^3$. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh nilai kadar air pada titik tersebut, dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai kadar air maka kepadatannya kecil, sebaliknya apabila nilai kadar air kecil maka kepadatannya semakin besar. Selain itu, kepadatan tanah dapat mempengaruhi laju infiltrasi. Kondisi ini disebabkan semakin tinggi kepadatan tanah maka semakin kecil nilai rongga diantara butir-butir tanah. Sebaliknya semakin rendah kepadatan tanah maka semakin besar nilai rongga diantara butir-butir tanah.



Gambar 4.7 Grafik hubungan kepadatan tanah dengan kapasitas infiltrasi

Pada Gambar 4.7 merupakan grafik hubungan kepadatan tanah dengan kapasitas infiltrasi. Pada grafik tersebut didapat persamaan $y = 0,1387x + 7,5123$ dan $R^2 = 0,0515$.

4.4. Perhitungan permeabilitas tanah

Selain kadar air dan kepadatan tanah, diperlukan parameter lain untuk mendukung data infiltrasi seperti permeabilitas tanah. Pada penelitian permeabilitas tanah menggunakan alat tabung ukur dan tabung uji permeabilitas tanah. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian infiltrasi.

Tabel 4.8 Hasil pengujian permeabilitas Titik 1

No	d (cm)	h (cm)	c (cm)	L (cm)	t (detik)	D (cm)	k (cm/detik)
	1,3	81	10	7	66	7,5	4,20E-04
	1,3	81	20	7	79	7,5	7,55E-04
1	1,3	81	30	7	90	7,5	1,08E-03
	1,3	81	40	7	111	7,5	1,29E-03
	1,3	81	50	7	137	7,5	1,47E-03

Berikut contoh perhitungan permeabilitas tanah pada Titik 1:

$$K = \frac{(d^2 \times L)}{(D^2 \times t)} \times \ln \frac{h}{(h-c)}$$

$$K = \frac{(1,3^2 \times 7)}{(7,5^2 \times 66)} \times \ln \frac{81}{(81-10)} = 4,20^{10^{-4}} \text{ cm/detik}$$

$$K = \frac{(1,3^2 \times 7)}{(7,5^2 \times 79)} \times \ln \frac{81}{(81-20)} = 7,55^{10^{-4}} \text{ cm/detik}$$

$$K = \frac{(1,3^2 \times 7)}{(7,5^2 \times 90)} \times \ln \frac{81}{(81-30)} = 1,08^{10^{-3}} \text{ cm/detik}$$

$$K = \frac{(1,3^2 \times 7)}{(7,5^2 \times 111)} \times \ln \frac{81}{(81-40)} = 1,29^{10^{-3}} \text{ cm/detik}$$

$$K = \frac{(1,3^2 \times 7)}{(7,5^2 \times 137)} \times \ln \frac{81}{(81-50)} = 1,47^{10^{-3}} \text{ cm/detik}$$

$$K_{rata-rata} = \frac{(4,20^{10^{-4}} + 7,55^{10^{-4}} + 1,08^{10^{-3}} + 1,29^{10^{-3}} + 1,47^{10^{-3}})}{(5)} = 1,00^{10^{-3}} \text{ cm/}$$

detik

Dari perhitungan dari Titik 1 didapatkan nilai permeabilitas sebesar $1,00^{10^{-3}}$ cm/detik. Pada Titik 2 sampai Titik 7 menggunakan perhitungan yang sama. Berikut hasil perhitungan Titik 2 sampai Titik 7 :

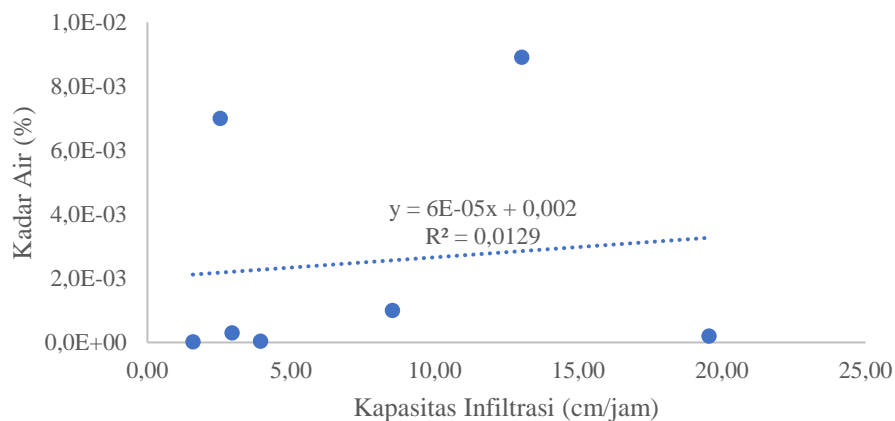
Tabel 4.9 Hasil uji permeabilitas tanah

Titik	k (cm/detik)	Jenis Tanah
1	$1,00 \times 10^{-3}$	Kerikil Halus / Pasir
2	$6,99 \times 10^{-3}$	Kerikil Halus / Pasir
3	$2,23 \times 10^{-5}$	Pasir Lanau / Lanau Tidak Padat

Tabel 4.10 Hasil	4	$8,87 \times 10^{-3}$	Kerikil halus / pasir
	5	$4,44 \times 10^{-5}$	Pasir Lanau / Lanau Tidak Padat
	6	$2,01 \times 10^{-4}$	Pasir Sangat Halus
	7	$2,59 \times 10^{-4}$	Pasir Sangat Halus

uji permeabilitas tanah (lanjutan)

Pada Tabel 4.10 dan 4.11 di atas dapat di lihat pada Titik 1 memiliki nilai permeabilitas 0,001 cm/detik yang diklasifikasikan termasuk jenis tanah kerikil halus / pasir dan termasuk *medium permeability*.

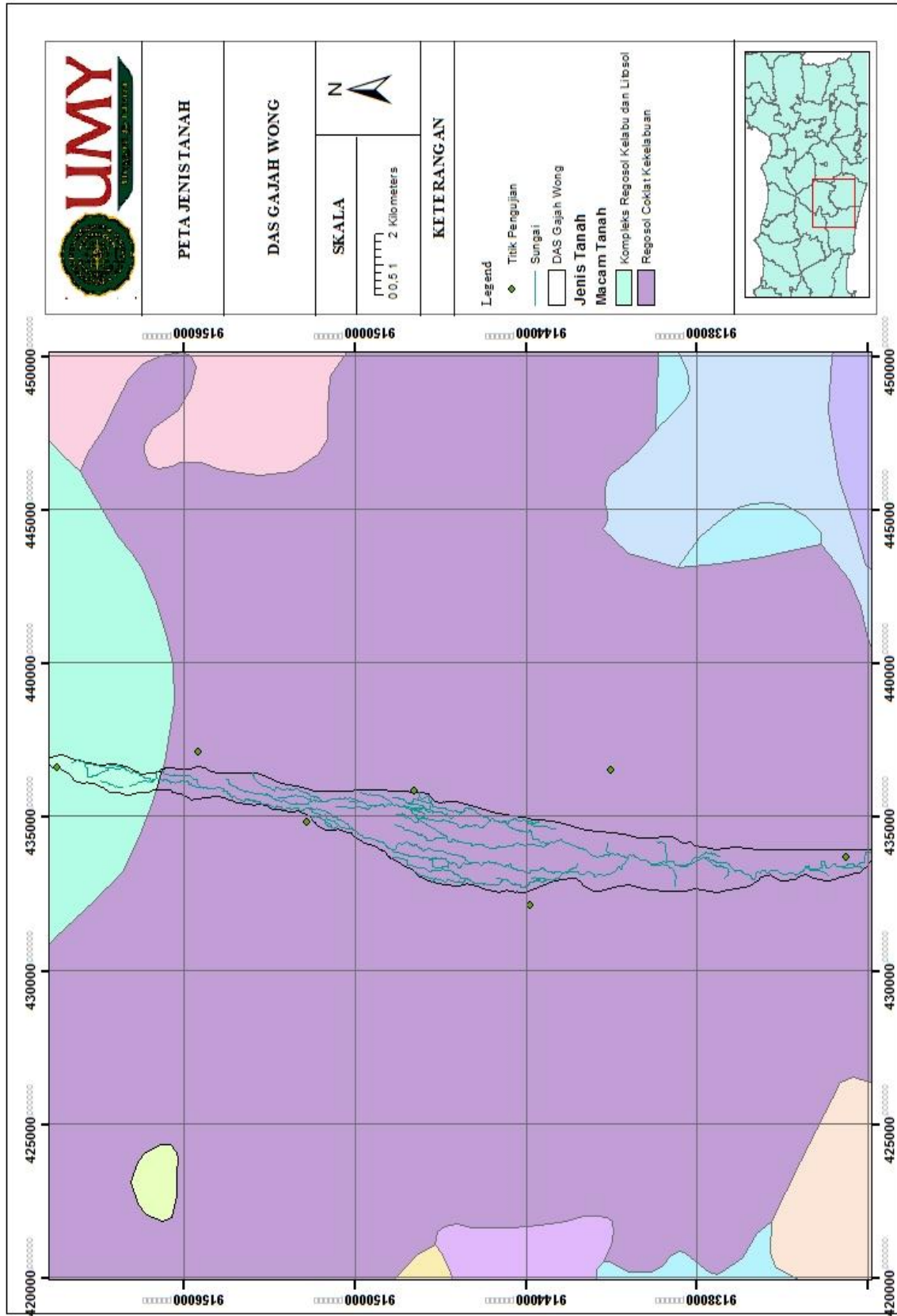


Gambar 4.8 Grafik hubungan infiltrasi dengan permeabilitas tanah

Permeabilitas tanah berhubungan dengan laju infiltrasi. Dari Titik 1 sampai 7 rata-rata merupakan *medium permeability* yang berarti memiliki jenis tanah kerikil halus/pasir. Sehingga menyebabkan laju infiltrasi cenderung besar. Apabila laju infiltrasi titik pengujian tersebut kecil, maka tanah pada titik pengujian tersebut termasuk *low permeability* yang berupa pasir lanau/lanau tidak padat yang merupakan jenis tanah kedap air.

4.5. Jenis Tanah

Pengujian kapasitas infiltrasi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong tidak terlepas dari jenis tanah. Jenis tanah di dapat dari peta jenis tanah yang telah diolah menggunakan *software* arcgis seperti berikut :



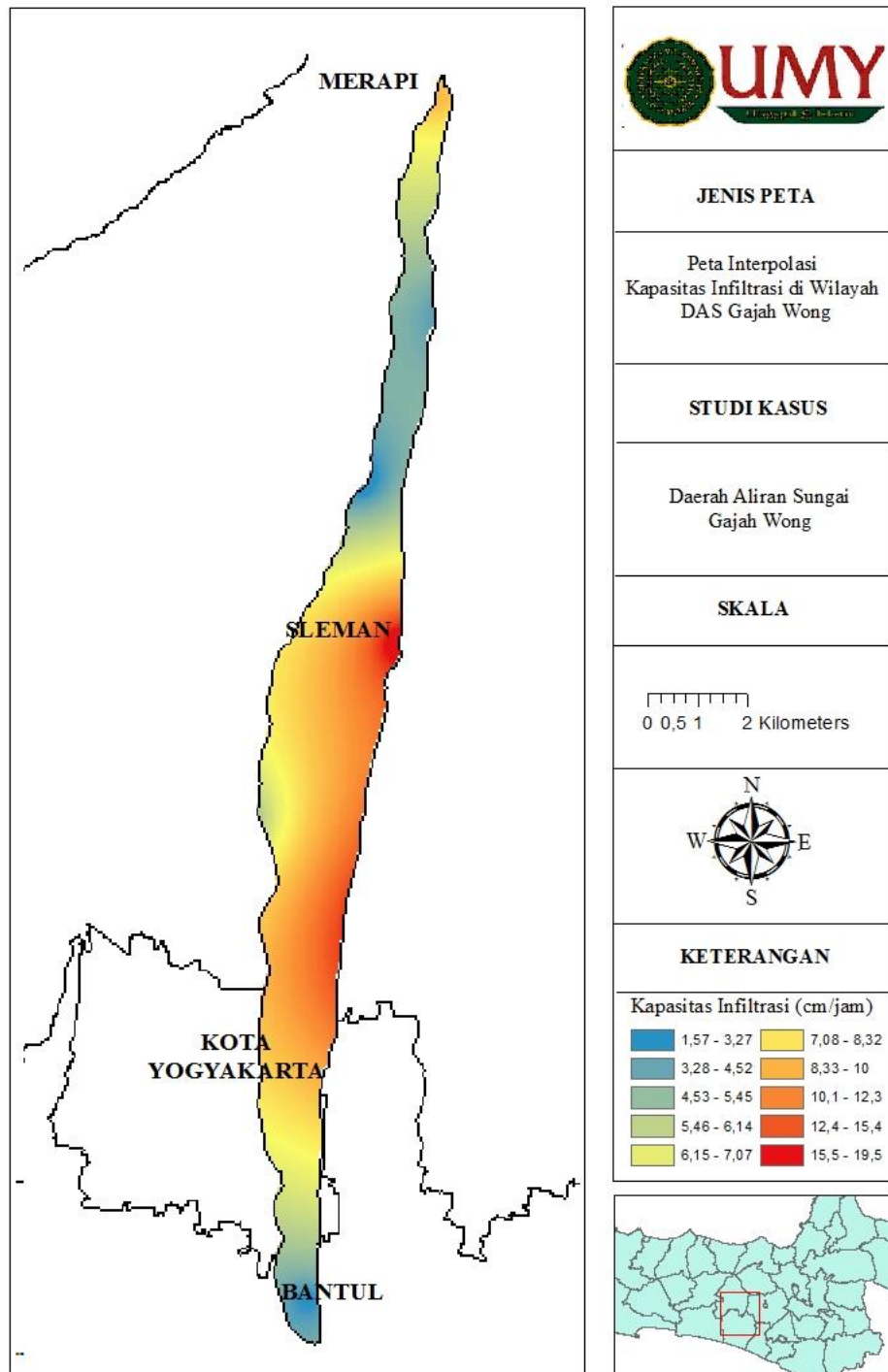
Sumber: Badan Pertanahan Nasional (2017)

Gambar 4.9 Peta jenis tanah di kawasan studi DAS Gajah Wong

Dari Gambar 4.9 tersebut pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Gajah Wong terdapat dua macam jenis tanah, yaitu kompleks regosol kelabu dan litosol serta regosol coklat kekelabuan. Dari Gambar 4.9 tersebut dapat dijelaskan bahwa pada DAS Gajah Wong di dominasi oleh tanah regosol coklat kekelabuan. Pada bagian hulu memiliki jenis tanah kompleks regosol kelabu dan litosol. Tanah regosol berupa tanah aluvial yang diendapkan yang merupakan tanah yang memiliki butiran kasar berasal dari material gunung berapi. Material tanah ini seperti abu vulkanik. Tanah litosol merupakan tanah yang berbatu-batu. Belum mengalami pelapukan secara sempurna yang berasal dari batuan keras. Pada bagian tengah hingga hilir memiliki jenis tanah regosol coklat kekelabuan.

4.6. Pembahasan

Berdasarkan dari data analisis kapasitas infiltrasi. Kemudian data tersebut diolah kembali melalui software *arcgis* untuk mengetahui sebaran kapasitas infiltrasi dengan interpolasi. Dari beberapa pilihan metode yang tersedia untuk melakukan interpolasi, metode yang dipilih adalah metode radial dengan dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Peta sebaran kapasitas infiltrasi total
pada DAS Gajah Wong

Dari Gambar 4.10 tersebut dapat terlihat di daerah hulu bahwa pada daerah Titik 1 memiliki nilai kapasitas infiltrasi 7,08 – 10,00 cm/jam yang tergolong sedang dengan disimbolkan kontur oranye kekuningan. Pada daerah Titik 2 dan 3

memiliki nilai kapasitas infiltrasi 1,57 – 5,45 cm/jam yang tergolong rendah dengan disimbolkan kontur biru kehijauan. Pada daerah tengah dapat dilihat di area Titik 4 dan 6 memiliki nilai kapasitas infiltrasi 8,33 – 19,5 cm/jam yang tergolong tinggi dengan disimbolkan kontur merah oranye, tetapi pada area Titik 5 memiliki kapasitas infiltrasi 1,57 – 5,45 cm/jam yang tergolong rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh banyak faktor seperti kepadatan, permeabilitas, dan kadar air. Pada daerah hilir memiliki nilai kapasitas infiltrasi 1,57 – 5,45 cm/jam yang tergolong rendah. Jika debit hujan yang jatuh ke tanah lebih besar daripada kapasitas infiltrasi maka daerah tersebut mengalami limpasan. Limpasan air hujan tersebut dapat menyebabkan bertambahnya debit sungai sehingga memungkinkan terjadinya banjir. Sebaliknya, apabila debit hujan yang turun lebih kecil daripada kapasitas infiltrasi daerah tersebut, maka limpasan ke sungai menjadi kecil, sehingga debit air sungai tidak bertambah dan tidak menyebabkan banjir. pada sebaran kapasitas infiltrasi di atas DAS Gajah Wong tergolong kategori sedang dan tinggi, hal ini menunjukkan bahwa tingkat infiltrasi pada DAS Gajah Wong bukan sebagai faktor penyebab terjadinya banjir di Yogyakarta. Salah satu fenomena terakhir banjir di sungai Gajah Wong pada tanggal 27 Januari 2017 disebabkan oleh faktor lain seperti kondisi penutup lahan yang berubah, dari lahan terbuka menjadi tertutup karena pembangunan rumah di sekitar aliran sungai Gajah Wong. Lamanya waktu terjadinya hujan dan juga kondisi kemiringan sungai Gajah Wong sendiri.